



Co-funded by
the European Union



EURO-PLANT-ACT



LJEKOVITO BILJE- OD UZGOJA DO KONZUMACIJE

EURO-PLANT-ACT

Erasmus+ Project – Partnership for Cooperation
Project Code 2022-1-RO01-KA220-HED-000088958

Eds. Dehelean Cristina Adriana, Pinzaru Iulia Andreea





Co-funded by
the European Union





SADRŽAJ

Poglavlje 1. Ljekovito bilje - aktualna pitanja vezana uz njihovu ulogu u poljoprivredi, farmaciji i prehrani (Dehelean CA, Macașoi IG, Pînzaru IA)	5
Poglavlje 2. Botanička karakterizacija i uporaba ljekovitog bilja. Alelopatski i herbicidni potencijal biljaka (Baličević R, Ravlić M)	10
Poglavlje 3. Herbicidno djelovanje biljnih ekstrakata i eteričnih ulja (Ravlić M, Baličević R)	27
Poglavlje 4. Biljne bolesti u medicinskoj proizvodnji (Ćosić J, Vrandečić K)	38
Poglavlje 5. Antifungalna aktivnost eteričnih ulja u poljoprivredi (Vrandečić K, Ćosić J)	54
Poglavlje 6. Agrotehnički uvjeti, uzgoj, berba i skladištenje ljekovitog bilja (Georgeta Pop, Diana Obistioiu)	79
Poglavlje 7. Ljekovite biljke s dokazanom učinkovitošću protiv sojeva medicinskih patogenih bakterija (Diana Obistioiu, Pop Georgeta, Daniela Voica, Dana Avram) .	87
Poglavlje 8. Djelovanje ljekovitog bilja protiv patogenih bakterija koje prevladavaju u prehrambenoj industriji (Monica Negrea, Ileana Cocan, Ersilia Alexa, Diana Obistioiu, Daniela Voica, Dana Avram)	97
Poglavlje 9. Upotreba ljekovitih biljaka kao sastojaka s dodanom vrijednošću u industriji funkcionalnih pekarskih i slastičarskih proizvoda (Alexa Ersilia, Daniela Voica, Monica Negrea, Ileana Cocan, Dana Avram)	106
Poglavlje 10. Upotreba ljekovitih biljaka kao sastojaka s dodanom vrijednošću u industriji mesnih i mliječnih proizvoda (Ileana Cocan, Monica Negrea, Ersilia Alexa, Diana Obistioiu, Daniela Voica, Dana Avram)	114
Poglavlje 11. Farmakološko djelovanje i učinci na zdravlje prirodnih proizvoda dobivenih iz ljekovitog bilja (Dehelean CA, Șoica CM, Pînzaru IA)	124
Poglavlje 12. Ljekovito bilje i prehrambene referentne vrijednosti (Dehelean CA, Șoica CM, Pînzaru IA)	138
Poglavlje 13. Aktualna pitanja u vezi sa sigurnošću nove hrane i izvora hranjivih tvari - interakcije između dodataka/hrane i lijekova (Conforti F, Statti G)	169



Co-funded by
the European Union



Poglavlje 14. Priprava proizvoda iz biljaka (ekstrakta, eteričnih ulja), fitokemijska karakterizacija i utjecaj geolokacije na sastav fitokompleksa (Conforti F, Statti G)	178
Poglavlje 15. Tvari u dodacima prehrani između učinkovitosti i toksičnosti - biljke i biljni ekstrakti (Pînzaru IA, Macaşoi IG, Dehelean CA)	187



Co-funded by
the European Union



Poglavlje 1. Ljekovito bilje - aktualna pitanja vezana uz njihovu ulogu u poljoprivredi, farmaciji i prehrani (Dehelean CA, Macașoi IG, Pînzaru IA)

Tijekom ljudske povijesti, ljekovite biljke imale su važnu ulogu u razvoju čovječanstva, odgovarajući na osnovne potrebe kao što su lijekovi, hrana, gnojiva itd. [Dar et al., 2017]. U svjetlu činjenice da u svijetu postoji više od pola milijuna biljaka, od kojih su mnoge neistražene, budućnost ljekovitog bilja je obećavajuća, kako u području medicine, tako i u području prehrane i poljoprivrede [Mathur i Hoskins, 2017].

Tijekom posljednja dva desetljeća polje poljoprivrede doživjelo je brojne velike promjene u smislu energetske zahtjeva i tehnologije. Trenutačno je kontinuirani rast stanovništva doveo do nedostatka sigurnosti hrane, uzimajući u obzir ograničenu količinu raspoloživog poljoprivrednog zemljišta. Procjenjuje se da će potražnja za hranom porasti za 70% do 2050. Trenutna poljoprivredna praksa može ispuniti ovu potrebu samo ako se koriste kemijski pesticidi koji imaju štetne učinke na ljudsko zdravlje i okoliš [Pathania et al., 2020]. Poseban fokus je posljednjih godina stavljen na održivu poljoprivredu [Dordas, 2008].

Biljni mikrobiomi igraju važnu ulogu u održivoj poljoprivredi, pridonoseći rastu biljaka i plodnosti tla. Mikrobiom je odgovoran za regulaciju rasta biljaka putem izravnih ili neizravnih mehanizama, kao što je otpuštanje regulatora rasta, biološka fiksacija dušika ili antagoniziranje patogenih mikroba [Ajar, 2020]. Osim toga, prirodni spojevi također se mogu koristiti za suzbijanje insekata i korova. Posljedično, proučavanje biljnih spojeva može doprinijeti razvoju novih agronomskih strategija koje mogu smanjiti štetu uzrokovanu ljudskom zdravljem i okolišu korištenjem održivih praksi. Osim toga, prirodni spojevi imaju prednost jer zahtijevaju manje regulatornih kontrola za registraciju nego sintetski spojevi, što zauzvrat smanjuje troškove marketinga [Petroski i Stanley, 2009]. Nikotin pripada obitelji piridinskih alkaloida. U poljoprivredi se koristi kao hidroklorid ili sulfatna sol, koje su iznimno učinkovite protiv lisnih uši, ali su također iznimno toksične za kućne ljubimce i ljude [Badhane et al., 2021]. Kofein je odobren i kao dodatak hrani i za upotrebu u poljoprivredi, gdje se pokazao korisnim kao otrov protiv puževa i puževa, a pritom ne uzrokuje štetne učinke na ljudsko zdravlje



[Hollingsworth et al., 2003]. Eukaliptol je inhibirao klijanje gomolja krumpira i rast gljivičnog micelija. Dodatno, pokazao se učinkovitim kao insekticid i u suzbijanju populacije komaraca u sjevernoj Kaliforniji [Wang et al., 2014].

Povijesno gledano, ljekoviti biljni spojevi bili su važna osnova za otkriće lijekova koji su dali značajan doprinos antitumorskim i antiinfektivnim tretmanima. Prirodni spojevi imaju nekoliko prednosti koje se prvenstveno pripisuju njihovoj molekularnoj krutosti, koja pogoduje interakcijama protein-protein, kao i njihovoj sposobnosti da interveniraju u biološkim funkcijama, što objašnjava njihovu učinkovitost u smanjenju zaraznih bolesti i raka [Atanasov et al., 2021]. Prirodni proizvodi temelj su mnogih farmaceutskih proizvoda koji se danas koriste. Među najrelevantnijim primjerima je aspirin, najpoznatiji i najkorišteniji lijek u svijetu. *Salix* spp. i *Populus* spp. su rodovi biljaka koji su izvor aspirina [Desborough i Keeling, 2017].

Često je teško napraviti razliku između medicinske i prehrambene upotrebe biljaka. Kao rezultat toga, određene biljke mogu biti korisne samo s nutricionističkog stajališta, upotrebljavajući se kao funkcionalna ili tonik hrana, dok druge biljke mogu biti korisne i iz prehrambene i medicinske perspektive [Jennings et al., 2015].

Svjetska zdravstvena organizacija pokrenula je trend prema integrativnim istraživanjima hrane i lijekova zbog važnosti veze između hrane i bolesti [WHO, 2013]. Korištenje ljekovitog bilja kao sastojaka u hrani daje joj dodatnu nutritivnu vrijednost, poznatu i kao funkcionalna hrana. U funkcionalnoj hrani prisutne su razne tvari biljnog podrijetla, poput alkaloida, fenola, terpena, flavonoida i mnogih drugih. Kao rezultat toga, hrana sadrži dodatnu hranjivu vrijednost zbog prisutnosti bioaktivnih molekula, pružajući hrani dodatnu korist [Mirmiran i sur., 2014]. Unatoč tome što ima zajedničke elemente s konvencionalnom hranom, funkcionalna hrana sadrži dodatnu nutritivnu vrijednost, zbog čega se može nazivati "poboljšanom, obogaćenom ili obogaćenom". Kruh, keksi i razni prašci ili mješavine koji se koriste kao dodaci prehrani primjeri su hrane koja može sadržavati hranu bogatu hranjivim tvarima [Galanakis, 2021].

U poljoprivredi, farmaciji i prehrani, ljekovito bilje je stoljećima imalo važnu ulogu u ljudskoj civilizaciji. Međutim, važno je napomenuti da postoji nekoliko trenutnih problema i izazova koji se odnose na njihovu upotrebu i očuvanje u ovim područjima:



- *Gubitak bioraznolikosti* . Zbog uništavanja staništa, prekomjerne berbe i klimatskih promjena, mnoge su ljekovite biljke ugrožene. Gubitak bioraznolikosti prijeti opstanku ovih biljaka u budućnosti [Sen i Samanta, 2015].
- *Održiva žetva*. Ključno je osigurati održivu žetvu ljekovitog bilja. Ekosustavi se mogu poremetiti, a populacije mogu biti iscrpljene prekomjernom žetvom [Chen et al., 2016].
- *Uzgoj i pripitomljavanje* . Uzgoj i pripitomljavanje ljekovitog bilja ključni su za smanjenje pritiska na divlje populacije. Na taj način može biti moguće osigurati dosljednu opskrbu i kvalitetu ljekovitog biljnog materijala [Ramawat i Arora, 2021].
- *Kontrola kvalitete*. U farmaceutskoj industriji i industriji biljnih lijekova kontrola kvalitete je od iznimne važnosti. Kako bi se osigurala sigurnost i učinkovitost proizvoda dobivenih od ljekovitog bilja, poput biljnih dodataka, nužna je standardizacija [Efferth i Greten, 2012].
- *Regulatorni okviri*. Postoji širok raspon propisa koji se odnose na korištenje i prodaju ljekovitog bilja u različitim zemljama. Usklađivanje ovih propisa i osiguravanje odgovarajuće ravnoteže između sigurnosti i pristupačnosti značajni su izazovi [Thakkar et al., 2020].
- *Farmakološka istraživanja*. Provjera učinkovitosti i sigurnosti tradicionalnih ljekovitih biljaka i dalje je izazovan zadatak. Postoji potreba za daljnjim istraživanjem aktivnih spojeva i njihovih potencijalnih interakcija s modernim lijekovima [Süntar, 2020].

Može se zaključiti da će ljekovito bilje i dalje imati važnu ulogu u poljoprivredi, farmaciji i prehrani. Kako bi se osigurala njihova održiva dostupnost i odgovorno korištenje, uz poštivanje tradicijskih znanja i očuvanje biološke raznolikosti, nužno je rješavati aktualne probleme vezane uz njihovo korištenje i očuvanje. Za rješavanje ovih izazova ključna je suradnja između vlade, istraživača, dionika u industriji i lokalnih zajednica.



Literatura

Yadav, A.N. (2020). *Current Research and Future Challenges. Plant Microbiomes for Sustainable Agriculture.*

Atanasov, A.G., Zotchev, S.B., Dirsch, V.M., International Natural Product Sciences Taskforce, & Supuran, C. T. (2021). *Natural products in drug discovery: advances and opportunities. Nature reviews. Drug discovery*, 20(3), 200–216

Badhane, G., Solomon, K., and Venkata M.R. (2021). *Bioinsecticide Production from Cigarette Wastes. International Journal of Chemical Engineering.*, 2021: 4888946

Chen, S. L., Yu, H., Luo, H. M., Wu, Q., Li, C. F., & Steinmetz, A. (2016). *Conservation and sustainable use of medicinal plants: problems, progress, and prospects. Chinese medicine*, 11, 37.

Dordas, C. (2008). *Role of nutrients in controlling plant diseases in sustainable agriculture. A review. Agronomy for Sustainable Development.*, 28, 33–46.

Desborough, M. J. R., & Keeling, D. M. (2017). *The aspirin story - from willow to wonder drug. British journal of haematology*, 177(5), 674–683.

Efferth, T., Greten, H.J. (2012). *Quality control for medicinal plants. Medicinal & aromatic plants.*, 1(07), 2167-0412.

Galanakis, C.M. (2021). *Functionality of Food Components and Emerging Technologies. Foods.*, 10(1), 128.

Hollingsworth, R.G., Armstrong, J.W., Campbell, E. (2002). *Caffeine as a repellent for slugs and snails. Nature.*, 417(6892), 915-6.

Jennings, H. M., Merrell, J., Thompson, J. L., & Heinrich, M. (2015). Food or medicine? The food-medicine interface in households in Sylhet. *Journal of ethnopharmacology*, 167, 97–104.

Mathur, S., Hoskins, C. (2017). *Drug development: Lessons from nature. Biomed Rep.*, 6(6), 612-614.

Mirmiran, P., Bahadoran, Z., & Azizi, F. (2014). *Functional foods-based diet as a novel dietary approach for management of type 2 diabetes and its complications: A review. World journal of diabetes*, 5(3), 267–281

Petroski, R. J., & Stanley, D. W. (2009). *Natural compounds for pest and weed control. Journal of agricultural and food chemistry*, 57(18), 8171–8179.



Co-funded by
the European Union



Pathania, P., Rajta, A., Singh, P.C., Bhatia, R. (2020). *Role of plant growth-promoting bacteria in sustainable agriculture. Biocatalysis and Agricultural Biotechnology.*, 30, 101842.

Ramawat, K.G., Arora, J. (2021). *Medicinal plants domestication, cultivation, improvement, and alternative technologies for the production of high value therapeutics: an overview. Medicinal Plants: Domestication, Biotechnology and Regional Importance.*, 1-29.

Dar, R.A., Shahnawaz, M., Qazi, P.H. (2017). *General overview of medicinal plants: A review. The Journal of Phytopharmacology*, 6(6), 349-351.

Sen, T., Samanta, S.K. (2015). *Medicinal plants, human health and biodiversity: a broad review. Biotechnological applications of biodiversity*, 59-110.

Süntar, I. (2020). *Importance of ethnopharmacological studies in drug discovery: role of medicinal plants. Phytochemistry Reviews.*, 19(5), 1199-209.

Thakkar, S., Anklam, E., Xu, A., Ulberth, F., Li, J., Li, B., Hugas, M., Sarma, N., Crerar, S., Swift, S., Hakamatsuka, T., Curtui, V., Yan, W., Geng, X., Slikker, W., & Tong, W. (2020). *Regulatory landscape of dietary supplements and herbal medicines from a global perspective. Regulatory toxicology and pharmacology : RTP*, 114, 104647

Wang, Y., You, C. X., Wang, C. F., Yang, K., Chen, R., Zhang, W. J., Du, S. S., Geng, Z. F., & Deng, Z. W. (2014). *Chemical constituents and insecticidal activities of the essential oil from Amomum tsaoko against two stored-product insects. Journal of oleo science*, 63(10), 1019–1026.

World Health Organization. WHO Traditional Medicine Strategy: 2014-2023. Geneva, Switzerland: World Health Organization.



Poglavlje 2. Botanička karakterizacija i uporaba ljekovitog bilja.

Alelopatski i herbicidni potencijal biljaka

(Baličević R, Ravlić M)

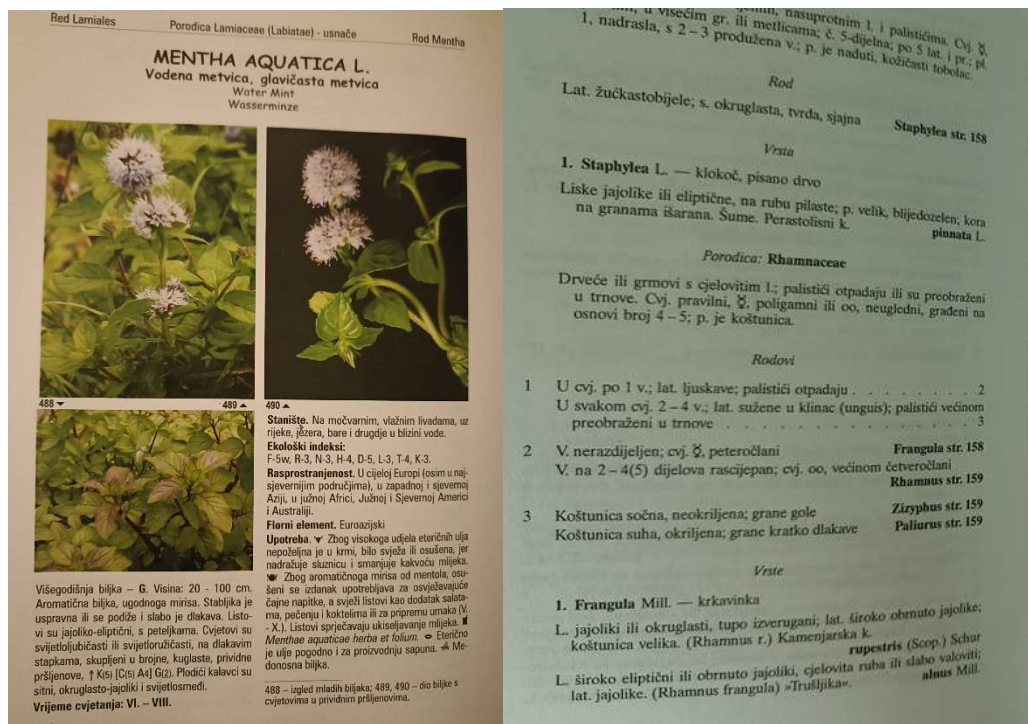
2.1. Uvod

Pravilna identifikacija i botanička karakterizacija predstavljaju prvi i ključni korak u korištenju bilo koje biljne vrste. Ispravna identifikacija i dobro poznavanje biljaka ključno je za napredak poljoprivredne proizvodnje, otkrivanje novih fitokemikalija i lijekova, kontrolu kvalitete medicinskih proizvoda te otkrivanje i razvoj novih aktivnih sastojaka koji se koriste kao bioherbicidi [Wäldchen i Mäder, 2018; Kellog i sur., 2019.; Šćepanović i sur., 2021.; Erhatic i sur., 2023]. Alati za identifikaciju uključuju različite metode od tradicionalne botaničke ili morfološke identifikacije biljnih vrsta, korištenje digitalnih alata ili detaljnijih metoda kao što su kemijsko profiliranje biljaka i genetske metode.

Tradicionalna identifikacija biljaka uključuje identifikaciju na temelju njihovih morfoloških značajki pomoću različitih alata. Tu spadaju različiti biljni atlasi, vodiči i herbariji, kao i dihotomni ključevi koji omogućuju identifikaciju biljaka pomoću taksonomskih obilježja (slika 2.1). Dihotomni ključevi omogućuju identifikaciju do razine vrste dijeleći skupine organizama kontinuirano u dvije kategorije prema ključnim karakteristikama. Svi ovi alati omogućuju identifikaciju biljaka na temelju makroskopskih karakteristika kao što su plodovi, cvjetovi i listovi, koji se najčešće koriste za identifikaciju do razine rodova i vrsta [Drouet et al., 2018; Kellog i sur., 2019.].



Co-funded by
the European Union



Slika 2.1. Tradicionalna identifikacija biljnih vrsta pomoću atlasa i dihotomnih ključeva.

Za identifikaciju se koristi i svježi i suhi biljni materijal kao što su herbarijski uzorci. Makroskopska identifikacija uključuje opažanja na lišću kao što su tip lista (npr. jednostavan ili složen), oblik lista (npr. jajolik, lancetast, linearan, srcast), raspored listova (npr. nasuprotni, naizmjenični), veličina lista, boja ili rub lista (npr. cjeloviti, nazubljeni, režnjeviti itd.).

Također, opažanja se mogu vršiti na temelju cvijeta (npr. oblika, boje, broja prašnika itd.), oblika cvata (npr. pupak, klas, grozd), vrste korijena (npr. lukovica itd.), kao i tipa, oblik i veličina generativnih organa kao što su plodovi i sjemenke (slika 2.2). Osim makroskopskih, mikroskopska promatranja anatomskih elemenata često se koriste za potvrdu identifikacije odabranih biljnih vrsta [Costea et al., 2019; Kellog i sur., 2019].



Slika 2.2. Plodovi, sjemenke i listovi biljaka za botaničku identifikaciju.

Identifikacija biljaka može biti zamorna i dugotrajna, zahtijeva napredno znanje o morfologiji i anatomiji biljaka, a može biti i zahtjevan proces zbog velike morfološke varijabilnosti i sličnosti biljnih vrsta, posebno onih koje pripadaju rodovima s velikim brojem vrsta. Stoga su u posljednje vrijeme za bržu identifikaciju biljnih vrsta dostupni brojni digitalni alati, poput internetskih baza podataka te web i mobilnih aplikacija [Wäldchen i Mäder, 2018; Hart i sur., 2023]. Glavne prednosti ove metode identifikacije uključuju široku dostupnost, njihove značajke jednostavne za korištenje i brzinu.

Aplikacije za identifikaciju biljaka mogu biti od pomoći stručnjacima da dodatno potvrde identifikaciju biljke, ili kao pomoć u identifikaciji vrsta koje su izvan njihovog stručnog područja [Grgić, 2023; Hart i sur., 2023]. Međutim, glavni nedostatak je točnost identifikacije do razine vrste. Bez obzira na to što se pojedinačnim aplikacijama sa 100%-tnom točnošću mogu identificirati biljne vrste na razini obitelji ili roda, identifikacija vrste vrlo često nije točna i neadekvatna, te zahtijeva daljnju stručnu potvrdu [Otter et al., 2021; Grgić, 2023]. Stoga uporaba digitalnih alata može uvelike pomoći u botaničkoj identifikaciji, ali ne bi trebala biti jedina metoda identifikacije, posebno za potvrdu vrste, jer pogrešna identifikacija može dovesti do upotrebe neučinkovitih i/ili nesigurnih proizvoda.



Osim botaničkog ispitivanja, druge tehnike mogu se koristiti u karakterizaciji i autentifikaciji biljnih materijala kao što je DNK barkodiranje i karakterizacija kemijskih sastojaka [Kellog et al., 2019]. Važni kemijski sastojci identificiraju se i kvantificiraju tijekom fitokemijskog pregleda kako bi se potvrdili i autentificirali botanički materijali, razlikovali kemotipovi unutar vrsta, kao i otkrile krivotvorine u materijalima. Koristi se nekoliko metoda kao što su masena spektrometrija (MS), plinska kromatografija (GS) i tekućinska kromatografija visoke učinkovitosti (HPLC) [Drouet et al., 2018.; Kellog i sur., 2019.]. Biljke se također mogu identificirati pomoću molekularnih tehnika kao što su molekularni markeri. Molekularni markeri omogućuju razlikovanje dviju vrsta, no glavno ograničenje njihove upotrebe je nemogućnost procjene sadržaja aktivnih molekula u usporedbi s fitokemijskim profiliranjem i analizom [Drouet et al., 2018].

Rast usjeva neizbježno prati korov, koji se natječe s usjevima za svjetlost, hranjive tvari, vlagu i prostor uzrokujući smanjenje količine prinosa ili njihovo potpuno uništenje. Korovi također smanjuju kvalitetu usjeva, prenose štetnike i bolesti te povećavaju troškove proizvodnje. Suvremena poljoprivreda prvenstveno se oslanja na korištenje kemijskih herbicida za suzbijanje korova zbog njihove visoke učinkovitosti, jednostavne primjene i isplativosti. Međutim, nepravilna i pretjerana primjena kemijskih herbicida može uzrokovati brojne probleme, kao što su pojava populacija otpornih na korove, rezidue herbicida u hranidbenom lancu te štetne učinke na okoliš i zdravlje ljudi i životinja [Macías et al., 2003; Singh i sur., 2003].

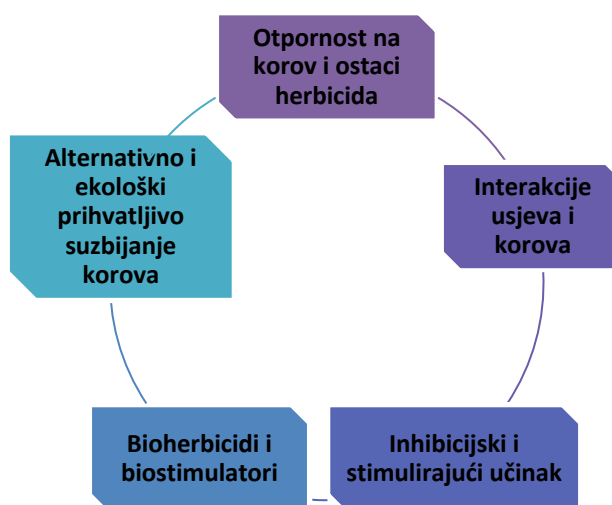
Osim toga, česta zabrana djelatnih tvari, nepostojanje registriranih sredstava za zaštitu bilja i ograničenja u primjeni sintetskih herbicida u sustavima ekološke poljoprivrede kao iu zaštićenim prostorima, zahtijeva drugačiji pristup u borbi protiv korova. Neophodna je primjena alternativnih mjera u suzbijanju korova, nekemijskih i ekološki prihvatljivih, koje minimiziraju i prevladavaju gore navedene probleme. Jedan takav alternativni alat za održivo upravljanje korovom je alelopatija.

Alelopatija , biološki fenomen, predstavlja izravan ili neizravan, štetan ili koristan učinak jedne biljne vrste (donora) na klijanje, uspostavu i rast druge (receptora) stvaranjem i ispuštanjem kemijskih spojeva (alelokemikalija) u okoliš [Rice, 1984]. Alelokemikalije, koje su uglavnom sekundarni biljni metaboliti, prisutne su u svim biljkama i raznim dijelovima biljaka, u korijenju, rizomima, stabljikama, lišću,



kori, cvijeću, plodovima i sjemenkama, u različitim koncentracijama, a oslobađaju se iu prirodnim sustavima i u agroekosustavima putem izlučivanje korijena, isparavanje, ispiranje ili razgradnja biljnog materijala [Weston i Duke, 2003].

Alelopatija i alelopatske interakcije igraju važnu ulogu u poljoprivrednim sustavima utječući na pojavu i sastav korovske flore kao i na rast i prinos usjeva [Alam et al., 2001]. U poljoprivrednim sustavima, alelopatija se može koristiti na različite načine za kontrolu korova. Alelopatski usjevi sa značajnim herbicidnim učinkom mogu se primijeniti u organskim sustavima gdje nije dopušteno kemijsko suzbijanje korova ili kao dopunska mjera u integriranim sustavima suzbijanja korova, kao vodeni ekstrakti ili eterična ulja, odnosno prirodni bioherbicidi, u plodoredu, kao pokrovni usjevi, genotipovi usjeva. s visokim sposobnostima suzbijanja korova, kao malčevi, ili ugrađeni kao ostaci i prah [Singh et al., 2001; Ghafari i sur., 2018.; Šćepanović i sur., 2021]. Slično tome, pozitivni alelopatski potencijal mogao bi se iskoristiti u obliku biostimulatora za promicanje rasta usjeva, konkurencije s korovima i prinosa usjeva [Bhadha et al., 2014.; Baličević i sur., 2018]. Razumijevanje mehanizama alelopatskih interakcija i čimbenika koji utječu na alelopatski potencijal biljaka može pomoći u optimizaciji proizvodnje usjeva i očuvanju bioraznolikosti [Narwal i Tauro, 2000.; Scavo i sur., 2022.].



Slika 2.3. Primjena alelopatije u agroekosustavima.



2.2. Čimbenici koji utječu na alelopatsku sposobnost biljaka

Bioaktivni biljni sekundarni metaboliti (alelokemikalije) prisutni su u različitim koncentracijama u svim biljkama i dijelovima biljaka [Alam et al., 2001]. Biljne vrste, uključujući ljekovito bilje, iz različitih botaničkih obitelji, kultiviranih i samoniklih, predstavljaju veliki izvor bioaktivnih spojeva za razvoj novih, sigurnih i biorazgradivih bioherbicida [Bhowmik i Indjerit, 2003; Fujii i sur., 2003.; Amini i sur., 2016.]. Vrste koje pripadaju obitelji Brassicaceae, kao što su bijela gorušica (*Sinapis alba*), rotkvica (*Raphanus sativus*) i kamila (*Camellina sativa*) iskazale su snažan herbicidni potencijal prema klijanju i rastu invazivnih korovnih vrsta ambrozije (*Ambrosia artemisiifolia*), s otkrivenim 15 fenolnih spojeva u njihovim vodenim ekstraktima kao što su fenolni aldehidi (vanilin), hidroksibenzojeve kiseline (klorogena kiselina, vanilična kiselina, siringinska kiselina) i hidroksicimetne kiseline (kafeinska kiselina, ferulinska kiselina) [Šćepanović i sur., 2021].

Aniya i sur. (2020.) ispitali su 50 ljekovitih biljaka u pogledu njihovog alelopatskog potencijala protiv zelene salate (*Lactuca sativa*) i otkrili da plod zvjezdastog anisa (*Illicium verum* , Schisandraceae), listovi hrastove papige (*Chenopodium glaucum* , Amaranthaceae) i biljka kineski lampion (*Physalis alkekengi* , Solanaceae) bile su među vrstama s najvećim inhibicijskim potencijalom produljenja radikula i hipokotila klijanaca. Alelopatski učinak četiri ljekovite biljne vrste chia (*Salvia hispanica* , Lamiaceae), crni kim (*Nigella sativa* , Ranunculaceae), pelin (*Artemisia absinthium* , Asteraceae) i kopriva (*Urtica dioica* , Urticaceae) na klijavost sjemena i karakteristike rasta paprike (*Capsicum annuum*), špinata (*Spinacia oleracea*) i zelene salate proučavali su Erhatic i sur. (2023).

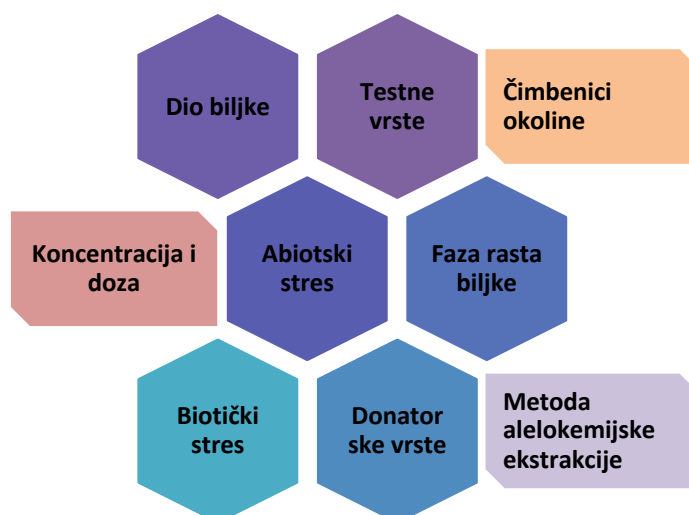
Fitokemijski sastav pokazao je prisutnost niza kemijskih spojeva u različitim koncentracijama kao što su epikatehin, kininska kiselina, kafeinska kiselina, eskuletin, cimetna kiselina, galna kiselina i kemferol, dok su kopriva i pelin imali najveći negativni potencijal klijanja ispitivanih vrsta.

Aromatične vode (hidrolati ili hidrosoli) čempresa (*Cupressus sempervirens* , Cupressaceae) i dviju vrsta iz obitelji Lamiaceae, točnije ružmarina (*Rosmarinus officinalis*) i kadulje (*Salvia officinalis*) inhibirale su klijanje sjemena triju sorti salate do 100% u usporedbi s kontrolom u studiji od Politi et al. (2022.). Druge perspektivne



biljne vrste s alelopatskim i herbicidnim djelovanjem koje pripadaju obitelji Lamiaceae uključuju livadsku kadulju (*Salvia pratensis*) [Ravlić i sur., 2023a; Županić, 2023], bosiljak (*Ocimum basilicum*), matičnjak (*Melissa officinalis*) [Petrova i sur., 2015.; Amini i sur., 2016.; Sarić-Krsmanović i sur., 2019.; Ravlić i sur., 2022a], lavanda (*Lavandula angustifolia*), paprena metvica (*Mentha × piperita*), jabučna metvica (*Mentha suaveolens*), šumska kadulja (*Salvia nemorosa*), ruska kadulja (*Salvia abrotanoides*), majčina dušica (*Thymus vulgaris*), i origano (*Origanum vulgare*) [Amini i sur., 2016.; Mirmostafae i sur., 2020.].

Biljne vrste iz porodice Apiaceae, kao što su peršin (*Petroselinum crispum*) [Ravlić i sur., 2014.], komorač (*Foeniculum vulgare*) [Ravlić i sur., 2016.], kopar (*Anethum graveolens*), kumin (*Cuminum cyminum*), anis (*Pimpinella anisum*) [Mirmostafae i sur., 2020.], te ljupčac (*Levisticum officinale*) [Lucić i sur., 2018.] također su među odličnim kandidatima kao potencijalni izvori bioaktivnih molekula s primjenom u zaštiti bilja. Vodeni ekstrakti rute (*Ruta graveolens* , Rutaceae) i biljni prahovi iz nadzemne biomase, iscjedne vode iz voća i lišća te eterična ulja dobivena iz lišća također pokazuju značajan inhibicijski potencijal usjeva i korova [Makkizadeh et al., 2009, Amini et al. sur., 2016., Ravlić i sur., 2016., Mirmostafae i sur., 2020.].



Slika 2.4. Čimbenici koji utječu na alelopatski i herbicidni potencijal biljaka.



Alelopatski potencijal odabranih biljnih vrsta donora ovisi o više čimbenika. Na aktivnost utječu koncentracija ili doza, dio biljke, metoda ekstrakcije i je li biljni materijal svjež ili suh, ali također uvelike ovisi o ciljnoj vrsti jer se one razlikuju u svojoj osjetljivosti [Fujii et al., 2003; Norsworthy, 2003.; Souza Filho i sur., 2009.; Ravlić i sur., 2016.; Aniya i sur., 2020.; Ravlić i sur., 2022a].

Obično je alelopatski potencijal ovisan o koncentraciji ili dozi, pri čemu veće koncentracije pokazuju jači negativni učinak i često potpuno inhibiraju ili odgađaju klijanje ili imaju štetne učinke na rast korijena i izdanaka [Šćepanović i sur., 2021.; Erhatic i sur., 2023]. Osim toga, nije neuobičajeno da vrlo niske koncentracije (npr. 0,1 do 2%) ili doze stimuliraju i potiču rast testnih vrsta [Baličević i sur., 2018.; Šćepanović i sur., 2021]. Vodeni ekstrakti livadske kadulje (*S. pratensis*) u niskim koncentracijama (1% i 2,5%) značajno su stimulirali duljinu izboja salate za 33% i 38,9% u odnosu na kontrolu [Županić, 2023].

Dijelovi biljaka posjeduju alelokemikalije u različitim koncentracijama što je povezano s njihovim različitim alelopatskim potencijalom [Scavo et al., 2022]. Na primjer, Amini i sur. (2016.) izvijestili su da stigma i stil šafrana (*Crocus sativus*) smanjuju korijen i hipokotil sadnica salate u većoj mjeri u usporedbi s listom, dok cvijet izopa (*Hyssopus angustifolius*) promovira duljinu hipokotila suprotno inhibitornoj aktivnosti lista. Eterično ulje lavande (*L. angustifolia*) ekstrahirano iz cvjetova pokazalo je veće smanjenje klijavosti sjemena i parametara rasta presadnica testne vrste u usporedbi s eteričnim uljem dobivenim iz lišća [Mirmostafae et al., 2020]. Listovi su najčešće dijelovi biljke s najvećim negativnim potencijalom. Prema Ravliću i sur. (2019) inhibicijski učinak stabljika rode (*Aristolochia clematitis*), noćurka (*Oenothera biennis*) i maka (*Papaver rhoeas*) bio je manje izražen u odnosu na listove.

Alelopatski potencijal ovisi o tome jesu li korišteni svježi ili suhi biljni materijali ili je korištena druga metoda ekstrakcije alelokemikalija (vodeni, etanolni, metanolni ili hidroalkoholni ekstrakti, ostaci, eterična ulja). Prema Ravliću i sur. (2022a) vodeni ekstrakti iz svježeg biljnog materijala pokazali su manji negativni potencijal u usporedbi s vodenim ekstraktima iz suhog biljnog materijala. Suhi biljni materijal inhibirao je klijanje i rast korovskih vrsta do 100%. Slično tome, vodeni ekstrakti peršina (*P. crispum*) iz suhe biomase potpuno su inhibirali klijanje sijede kreše (*Lepidium draba*



) za razliku od ekstrakta iz svježe biomase [Ravlić i sur., 2014.]. Silva i sur. (2014.) s druge strane zabilježili veći fitotoksični učinak hlapljivih tvari iz svježeg lišća u usporedbi sa suhim lišćem dvaju grmova Asteraceae na rast presadnica salate i luka (*Allium cepa*). Prema Kato-Noguchi (2003.), suhi ostaci matičnjaka (*M. officinalis*) inhibirali su klijanje ljubičaste oraščice (*Digitaria sanguinalis*) do 30,0%, dok su duljine korijena i izdanaka smanjene za više od 50,0%. Učinak hlapljivih spojeva iz 123 ljekovite i aromatične biljke opisan je u studiji Sadeqifarda i sur. (2022.). Rezultati su otkrili da listovi geranija (*Pelargonium graveolens*), cvjetovi lavande (*L. angustifolia*) i listovi rožnate kadulje (*Salvia ceratophylla*) imao je najveći inhibicijski učinak na rast korijena salate (100% inhibicija u usporedbi s kontrolom). Najveći učinak na inhibiciju rasta hipokotila uočen je kod stabljika *Echinophora platyloba*, ljekovite i aromatične vrste iz obitelji Apiaceae.

Prijavljeno je da eterična ulja i njihove komponente posjeduju alelopatsko i herbicidno djelovanje. U studiji Sarić-Krsmanović i sur. (2019) procijenjen je herbicidni potencijal eteričnih ulja bosiljka (*O. basilicum*), kadulje (*S. officinalis*), majčine dušice (*T. vulgaris*), matičnjaka (*M. officinalis*) i zlatne šipke (*Solidago virgaurea*) protiv klijanja i rasta kadifašca (*Abutilon theophrasti*). Rezultati su pokazali da se s povećanjem koncentracije eteričnog ulja smanjuje i klijavost i rast presadnica kadifce, te se proučavana eterična ulja mogu smatrati potencijalnim alternativnim alelokemikalijama s herbicidnim potencijalom koje se koriste u suzbijanju korova kao bioherbicidi. Mirmostafae i sur. (2020.) metodom pamučnog štapića ispitali su inhibitorne učinke 112 eteričnih ulja i njihovih mješavina. U pokus su uključeni različiti biljni organi (korijen, rizom, list, cvijet i dr.) 97 vrsta aromatičnog i ljekovitog bilja iz 16 botaničkih porodica. Kao najjači inhibitor rasta pokazalo se eterično ulje origana (*O. vulgare*), kao i nekoliko drugih vrsta koje pripadaju obiteljima biljaka Lamiaceae, Geraniaceae i Apiaceae. Prema Souza Filho et al. (2009.) hidroalkoholni ekstrakti imali su veći negativni potencijal na klijavost sjemena u usporedbi s eteričnim uljima. Slično tome, često se navode razlike između alelopatskog učinka vodenih ekstrakata i biljnih prahova (Ravlić i sur., 2016, 2022a). Sekine i sur. (2020.) uspoređivali su dvije metode, sendvič metodu i dish pack metodu, kako bi procijenili alelopatsko djelovanje iscjednih voda i hlapljivih spojeva 53 začinska i začinska bilja na rast presadnica salate.



Inhibicijska aktivnost razlikovala se među metodama, pri čemu su najinhibitivnije bile iscjedne tvari peršina (*Petroselinum sativum*), te hlapljive tvari kima (*Carum carvi*) i kopra (*A. graveolens*).

Razlike u osjetljivosti vrsta prema alelopatskom potencijalu vrsta donora zabilježene su u većini studija [Baličević i sur., 2018.; Scavo i sur., 2022.; Erhatic i sur., 2023] kao i različita osjetljivost među raznim genotipovima iste vrste [Politi i sur., 2022]. Aniya i sur. (2019) zaključili su da je ptičji šapac (*Lotus corniculatus*) najosjetljivija vrsta na šikimsku kiselinu, glavni spoj pronađen u plodovima zvjezdastog anisa (*I. verum*), u usporedbi s drugim testnim vrstama, tj. crvenom djetelinom (*Trifolium pratense*), bijela djetelina (*Trifolium repens*), lucerna (*Medicago sativa*). *Aloe vera* (L.) Burm. F. ekstrakti prema Baličević i sur. (2018) smanjena klijavost, duljina korijena i izboja, svježa i suha težina klijanaca ječma (*Hordeum vulgare*), uz poticanje svih parametara rasta uljane tikve (*Cucurbita pepo* L. var. *oleifera*). Jedan od glavnih čimbenika koji utječu na osjetljivost vrste na alelopatsku aktivnost je veličina sjemena testne vrste, kao i sposobnost vrste da metabolizira alelokemikalije [Vidotto et al., 2013; Bibi i sur., 2023].

Na fitotoksični potencijal biljnih ekstrakata i eteričnih ulja utječu čimbenici okoliša, kao što su geografsko podrijetlo, uvjeti uzgoja, sezonske varijacije i faza rasta biljke, kao i abiotski i biotički čimbenici okoliša, koji mogu povećati proizvodnju sekundarnih metabolita u biljkama i poboljšati njihov inhibicijski učinak [Safdar i sur., 2014.; Khanh i sur., 2018.; Sarić-Krsmanović i sur., 2019.; Medina-Villar i sur., 2020.; Appiah i sur., 2022.; Ravlić i sur., 2022a].

Fitotoksičnost biljaka mijenja se sezonski u odnosu na sezonske fluktuacije parametara okoliša [Silva i sur., 2014.]. Appiah i sur. (2022.) u svojoj su studiji procijenili učinak sezonskih varijacija na sadržaj karnozinske kiseline, prijavljen kao alelokemijski, i fitotoksični potencijal suhog lišća ružmarina (*R. officinalis*). Autori su zaključili da je najveći inhibitorski potencijal na salati uočen u uzorcima prikupljenim od ranog ljeta (lipanj), što se podudara s najvišom prosječnom koncentracijom karnozinske kiseline koja iznosi 15,1 mg/g suhe mase, dok je najniža koncentracija zabilježena u veljači (8,3 mg/g suhe težine). Osim toga, studija je također izvijestila da se koncentracija karnozinske kiseline razlikuje u uzorcima prikupljenim s dvije



lokacije. Safdar i dr. (2014.) izvijestili su o različitim inhibicijskim učincima ekstrakata iz korova partenija (*Parthenium hysterophorus*) i sadržaja fenolnih spojeva u biomasi prikupljenoj na tri lokacije – u blizini granice polja, u blizini ribnjaka i u blizini vodenog kanala. Slično tome, stadiji rasta vrste također mogu utjecati na alelopatsku izvedbu biljaka budući da raznolikost i koncentracija alelokemikalija uvelike variraju s fenološkim stadijem biljke donora [Ravlić i sur., 2022b, Zribi i sur., 2014].

Biljni materijali prikupljeni u vegetativnom stadiju, stadiju cvatnje i/ili zreom stadiju značajno variraju u svojoj sposobnosti da ometaju klijanje i rast ciljnih vrsta. Prema Ravliču i sur. (2022b) vodeni ekstrakti lišća suncokreta prikupljenog u fazi cvatnje u većoj su mjeri inhibirali duljinu izdanaka salate u usporedbi s vodenim ekstraktima lišća dobivenog u ranijoj fazi rasta, tj. fazi butonizacije. Zribi i sur. (2014) testirali su razlike u alelopatskom potencijalu sorti crnog kima (*N. sativa*) ubranih u različitim razvojnim fazama - vegetativnoj (biljke sa 7 listova), fazi cvatnje (50% cvjetova otvoreno) i plodonošenja (50% mahuna je doseglo tipična duljina). Rezultati su pokazali da je indijska sorta pokazala najveću fitotoksičnost u vegetativnom, a tunižanska u fazi cvatnje. Žalac i sur. (2022.) zaključili su da je ekstrakt iz starijeg lišća oraha imao najjači toksični učinak na rast ispitivanih vrsta.

Suša i nedostatak vode utječu na inhibicijski kapacitet biljnih ostataka i vodenih ekstrakata. Prema Motamediju i sur. (2016) ostaci izdanaka šafranike (*Carthamus tinctorius*) proizvedeni pod normalnim navodnjavanjem manje su inhibirali rotkvicu (*R. sativus*) u usporedbi s ostacima dobivenim pod stresom od suše. Slično, Ravlić et al. (2023b) ispitivali su učinak nedostatka vode, tj. različite neto vode za navodnjavanje na alelopatski potencijal petunije (*Petunia hybrida*). Sveukupno, nedostatak vode nije imao značajan učinak na alelopatski potencijal petunije, osim s najvećom koncentracijom ekstrakta na duljinu izdanaka sadnica gdje su ekstrakti iz petunija uzgojenih na najnižoj neto vodi za navodnjavanje imali veći inhibitorni učinak u usporedbi s ekstraktima iz petunija uzgojenih na višoj neto vodi. voda za navodnjavanje. Ostale poljoprivredne prakse, npr. obrada tla, košnja itd. također mogu utjecati na alelopatski potencijal biljaka [Biramahire i sur., 2022, Ravlić i sur., 2022c].



Literatura

- Alam, S.M., Ala, S.A., Azmi, A.R., Khan, M.A., Ansari, R. (2001). *Allelopathy and its Role in Agriculture. Journal of Biological Sciences*, 1, 308–315.
- Amini, S., Azizi, M., Joharchi, M.R., Moradinezhad, F. (2016). *Evaluation of allelopathic activity of 68 medicinal and wild plant species of Iran by Sandwich method. International Journal of Horticultural Science and Technology*, 3(2), 243-253.
- Aniya, Nomura, Y., Fuerdeng, Appiah, K.S., Fujii, Y. (2020). *Evaluation of Allelopathic Activity of Chinese Medicinal Plants and Identification of Shikimic Acid as an Allelochemical from Illicium verum Hook. f. Plants*, 9, 684.
- Appiah, K.S., Omari, R.A., Onwona-Agyeman, S., Amoatey, C.A., Ofosu-Anim, J., Smaoui, A., Arfa, A.B., Suzuki, Y., Oikawa, Y., Okazaki, S., Katsura, K., Isoda, H., Kawada, K., Fujii, Y. (2022). *Seasonal Changes in the Plant Growth-Inhibitory Effects of Rosemary Leaves on Lettuce Seedlings. Plants*, 11, 673.
- Baličević, R., Ravlić, M., Lucić, K., Tatarević, M., Lucić, P., Marković, M. (2018). *Allelopathic effect of Aloe vera (L.) Burm. F. on seed germination and seedlings growth of cereals, industrial crops and vegetables. Poljoprivreda*, 24(2), 13-19.
- Bhadha, J.H., Lang, T.A., Alvarez, O.M., Giurcanu, M.C., Johnson, J.V., Odero, D.C., Daroub, S.H. (2014). *Allelopathic effects of Pistia stratiotes (Araceae) and Lyngbya wollei Farlow ex Gomont (Oscillariaceae) on seed germination and root growth. Sustainable Agricultural Research*, 3(4), 121-130.
- Bhowmik, P.C., Indjerit (2003). *Challenges and opportunities in implementing allelopathy for natural weed management. Crop Protection*, 22(4), 661-671.
- Bibi, S., Bibi, A., Al-Ghouti, M.A., Abu-Dieyeh, M.H. (2023). *Allelopathic Effects of the Invasive Prosopis juliflora (Sw.) DC. on Native Plants: Perspectives toward Agrosystems. Agronomy*, 13, 590.
- Biramahire, B., Appiah, K.S., Tojo, S., Fujii, Y., Chosa, T. (2022). *Influence of Mowing and Trampling on the Allelopathy and Weed Suppression Potential of Digitaria ciliaris and Cyperus microiria. Sustainability*, 14, 16665.
- Costea, T., Străinu, A.M., Gîrd, C.E. (2019). *Botanical characterization, chemical composition and antioxidant activity of Romanian lavender (Lavandula angustifolia*



Mill.) flowers. *Studia Universitatis "Vasile Goldiș", Seria Științele Vieții*, 29(4), 159 – 167.

Drouet, S., Garros, L., Hano, C., Tungmunnithum, D., Renouard, S., Hagege, D., Maunit, B., Lainé, É.A. (2018). *Critical View of Different Botanical, Molecular, and Chemical Techniques Used in Authentication of Plant Materials for Cosmetic Applications*. *Cosmetics*, 5, 30.

Erhatic, R., Horvat, D., Zoric, Z., Repajic, M., Jovic, T., Herceg, M., Habuš, M., Srećec, S. (2023). *Aqueous Extracts of Four Medicinal Plants and Their Allelopathic Effects on Germination and Seedlings: Their Morphometric Characteristics of Three Horticultural Plant Species*. *Applied Sciences*, 13, 2258.

Fujii, Y., Parvez, S.S., Parvez, M.M., Ohmae, Y., Iida, O. (2003). *Screening of 239 medicinal plant species for allelopathic activity using the sandwich method*. *Weed Biology and Management*, 3(4), 233-241.

Ghafari, Z., Karimmojeni, H., Majidi, M.M., Naderi, B. (2018). *Assessment of the Allelopathic Potential of Cumin Accessions in Different Soil Water Potential*. *Journal of Crop Science and Biotechnology*, 21, 249-260.

Grgić, D. (2023). *A comparison of accuracy of image recognition apps for identification of edible weed species*. *Graduate Thesis, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Osijek*.

Hart, A.G., Bosley, H., Hooper, C., Perry, J., Sellors-Moore, J., Moore, O., Goodenough, A.E. (2023). *Assessing the accuracy of free automated plant identification applications*, *People and Nature*, 5, 929-937.

Kato-Noguchi, H. (2003). *Assessment of allelopathic potential of shoot powder of lemon balm*. *Scientia Horticulturae*, 97, 419-423.

Kellog, J.J., Paine, M.F., McCune, J.S., Oberlies, N.H., Cech, N.B. (2019). *Selection and Characterization of Botanical Natural Products for Research Studies: A NaPDI Center Recommended Approach*. *Natural Product Reports*, 36(8), 1196–1221.

Khanh, D.T., Anh, L.H., Nghia, L.T., Trung, K.H., Hien, P.B., Trung, D.M., Xuan, T.D. (2018). *Allelopathic responses of rice seedlings under some different stresses*. *Plants*, 7, 40.



- Lucić, P., Ravlić, M., Rozman, V., Baličević, R., Liška, A., Župarić, M., Grubišić, D., Paponja, I. (2018). *Insekticidni i alelopatski potencijal ljupčaca (Levisticum officinale Koch). Proceedings & abstracts 11th international scientific/professional conference Agriculture in Nature and Environment Protection, Osijek: Glas Slavonije*, pp. 239-244.
- Macías, F.A., Marín, D., Oliveros-Bastidas, A., Varela, R.M., Simonet, A.M., Carrera, C., Molinillo, J.M.G. (2003). *Allelopathy as new strategy for sustainable ecosystems development. Biological Sciences in Space*, 17(1), 18-23.
- Makkizadeh, M., Salimi, M., Farhoudi, R. (2009). *Allelopathic effect of rue (Ruta graveolens L.) on seed germination of three weeds. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 24(4), 463-471.
- Medina-Villar, S., Uscola, M., Perez-Corona, E., Jacobs, D.F. (2020). *Environmental stress under climate change reduces plant performance, yet increases allelopathic potential of an invasive shrub. Biological Invasions*, 22, 2859-2881.
- Mirmostafae, S., Azizi, M., Fujii, Y. (2020). *Study of Allelopathic Interaction of Essential Oils from Medicinal and Aromatic Plants on Seed Germination and Seedling Growth of Lettuce. Agronomy*, 10, 163.
- Motamedi, M., Karimmojeni, H., Sini, F.G. (2016). *Evaluation of allelopathic potential of safflower genotypes (Carthamus tinctorius L.). Journal of Plant Protection Research*, 56(4), 364-371.
- Narwal, S.S., Tauro, P. (2000). *Allelopathy in agroecosystems: An overview. Agroforestry Systems*, 48(1-3), 129-152.
- Norsworthy, J.K. (2003). *Allelopathic potential of wild radish (Raphanus raphanistrum). Weed Technology*, 17, 307-313.
- Otter, J., Mayer, S., Tomaszewski, C.A. (2021). *Swipe Right: a Comparison of Accuracy of Plant Identification Apps for Toxic Plants. Journal of Medical Toxicology*, 17, 42-47.
- Petrova, S.T., Valcheva, E.G., Velcheva, I.G. (2015). *A case study of allelopathic effect on weeds in wheat. Ecologia Balkanica*, 7(1), 121-129.
- Politi, M., Ferrante, C., Menghini, L., Angelini, P., Flores, G.A., Muscatello, B., Braca, A., De Leo, M. (2022). *Hydrosols from Rosmarinus officinalis, Salvia officinalis, and*



Cupressus sempervirens: Phytochemical analysis and bioactivity evaluation. *Plants*, 11, 349.

Ravlić, M., Baličević, R., Brozović, B., Đurđević, B., Jug, I., Vukadinović, V., Bertić, L., Rojnica, I., Jug, D. (2022c). *Allelopathic potential of weeds from different conservation tillage systems under climate change conditions. In Proceedings of the 57th Croatian & 17th International Symposium on Agriculture, Vodice, Croatia, 19-24 June 2022*, pp. 697–702.

Ravlić, M., Baličević, R., Lucić, I. (2014). *Allelopathic effect of parsley (Petroselinum crispum Mill.) cogermination, water extracts and residues on hoary cress (Lepidium draba (L.) Desv.)*. *Poljoprivreda*, 20(1), 22-26.

Ravlić, M., Baličević, R., Lucić, P., Vinković, Ž., Pranjković, E.L., Brnjić, D. (2019). *Laboratory assessment of selected wild plant species allelopathic potential on germination and growth of lettuce (Lactuca sativa)*. *Proceedings & abstracts 12th international scientific/professional conference Agriculture in Nature and Environment Protection, Osijek: Glas Slavonije*, pp. 215-219.

Ravlić, M., Baličević, R., Marković, M., Pranjković, E.L., Vinković, Ž., Kojić, A. (2023b). *Effect of water stress on allelopathic potential of petunia (Petunia hybrida L.)*. *Book of Abstracts 58th Croatian & 18th International Symposium on Agriculture, Zagreb: Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu*, pp. 251-251.

Ravlić, M., Baličević, R., Nikolić, M., Sarajlić, A. (2016). *Assessment of allelopathic potential of fennel, rue and sage on weed species hoary cress (Lepidium draba)*. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 44(1), 48-52.

Ravlić, M., Baličević, R., Sarajlić, A., Kranjac, D., Grgić, S. (2022a). *Allelopathic effects of aromatic and medicinal plants on black nightshade (Solanum nigrum)*. *Zbornik rezimea radova XVII Savetovanje o zaštiti bilja, Zlatibor*, pp. 58.

Ravlić, M., Baličević, R., Svalina, T., Posavac, D., Ravlić, J. (2023a). *Herbicidal potential of meadow sage (Salvia pratensis L.) against velvetleaf (Abutilon theophrasti Med.) and common corn-cockle (Agrostemma githago L.)*. *Glasnik Zaštite Bilja*, 46(3), 116-121.



- Ravlić, M., Markulj Kulundžić, A., Baličević, R., Marković, M., Viljevac Vuletić, M., Kranjac, D., Sarajlić, A. (2022b). *Allelopathic Potential of Sunflower Genotypes at Different Growth Stages on Lettuce*. *Applied Sciences*, 12, 12568.
- Rice, E.L. (1984). *Allelopathy*, 2nd ed.; Academic Press: Orlando, Florida.
- Sadeqifard, S., Mirmostafaei, S., Joharchi, M.R., Zandavifard, J., Azizi, M., Fujii, Y. (2022). *Evaluation of Allelopathic Activity Interactions of Some Medicinal Plants Using Fractional Inhibitory Concentration and Isobologram*. *Agronomy*, 12, 3001.
- Safdar, M.E., Tanveer, A., Khaliq, A., Naeem, M.S. (2014). *Allelopathic action of Parthenium and its rhizospheric soil on maize as influenced by growing conditions*. *Planta Daninha*, 32(2), 243-253.
- Sarić-Krsmanović, M., Gajić Umiljendić, J., Radivojević, Lj., Šantrić, Lj., Potočnik, I., Đurović-Pejčev R. (2019). *Bio-herbicidal effects of five essential oils on germination and early seedling growth of velvetleaf (Abutilon theophrasti Medik.)*. *Journal of Environmental Science and Health. Part B: Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes*, 54(4), 247-251.
- Scavo, A., Pandino, G., Restuccia, A., Caruso, P.m Lombardo, S., Mauromicale, G. (2022). *Allelopathy in Durum Wheat Landraces as Affected by Genotype and Plant Part*. *Plants*, 11, 1021.
- Šćepanović, M., Sarić-Krsmanović, M., Šoštarčić, V., Brijačak, E., Lakić, J., Špirović Trifunović, B., Gajić Umiljendić, J., Radivojević, L. (2021). *Inhibitory Effects of Brassicaceae Cover Crop on Ambrosia artemisiifolia Germination and Early Growth*. *Plants*, 10, 794.
- Sekine, T., Appiah, K.S., Azizi, M., Fujii, Y. (2020). *Plant Growth Inhibitory Activities and Volatile Active Compounds of 53 Spices and Herbs*. *Plants*, 9, 264.
- Silva, E.R., Overbeck, G.E., Soares, G.L.G. (2014). *Phytotoxicity of volatiles from fresh and dry leaves of two Asteraceae shrubs: Evaluation of seasonal effects*. *South African Journal of Botany*, 93, 14-18.
- Singh, H.P., Batish, D.R., Kohli, R.K. (2001). *Allelopathy in Agroecosystems*. *Journal of Crop production*, 4(2), 1–41.



Singh, H.P., Batish, D.R., Kohli, R.K. (2003). *Allelopathic interactions and allelochemicals: New possibilities for sustainable weed management. Critical Reviews in Plant Sciences*, 22, 239-311.

Souza Filho, A.P.S., Guilhon, G.M.S.P., Zoghbi, M.G.B., Cunha, R.L. (2009). *Comparative Analyses of the Allelopathic Potential of the Hydroalcoholic Extract and Essential Oil of “Cipo-D’alho” (Bignoniaceae) Leaves. Planta Daninha*, 27(4), 647-653.

Vidotto, F., Tesio, F., Ferrero, A. (2013). *Allelopathic effects of Ambrosia artemisiifolia L. in the invasive process. Crop Protection*, 54, 161–167.

Wäldchen, J., Mäder, P. (2018). *Machine learning for image based species identification. Methods in Ecology and Evolution*, 9(11), 2216-2225.

Weston, L.A., Duke, S.O. (2003). *Weed and Crop Allelopathy. Critical Reviews in Plant Sciences*, 22(3&4), 367–389.

Žalac, H., Herman, G., Lisjak, M., Teklić, T., Ivezić, V. (2022). *Intercropping in walnut orchards – assessing the toxicity of walnut leaf litter on barley and maize germination and seedlings growth. Poljoprivreda*, 28(1), 46–52.

Zribi, I., Omezzine, F., Haouala, R. (2014). *Variation in phytochemical constituents and allelopathic potential of Nigella sativa with developmental stages. South African Journal of Botany*, 94, 255–262.

Županić, A. (2023). *Allelopathic potential of meadow sage (Salvia pratensis L.) on lettuce (Lactuca sativa L.). BSc Thesis, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek, University of Josip Juraj Strossmayer in Osijek, Osijek.*



Poglavlje 3. Herbicidno djelovanje biljnih ekstrakata i eteričnih ulja (Ravlić M, Baličević R)

3.1. Uvod

Alelopatski i herbicidni potencijal biljaka može se procijeniti različitim metodama u laboratorijskim uvjetima, u stakleniku u posudama sa zemljom ili u poljskim uvjetima. Izbor metode obično je vezan uz put otpuštanja alelokemikalija. Na primjer, metoda sendviča koristi se za procjenu iscjednih voda iz lišća [Amini i sur., 2016.; Aniya et al., 2020], dok pokusi s ekstraktima simuliraju otpuštanje alelokemikalija iz biljnog materijala i tla putem ispiranja i mogu se testirati i na umjetnim medijima kao što je filter papir ili u posudama sa zemljom [Šćepanović i sur., 2021; Winkler i sur., 2022.; Ravlić i sur., 2023a].

Biljni prah ili ostaci često se ispituju u pokusima u posudama u laboratorijskim uvjetima ili u staklenicima [Ravlić, 2015; Ravlić i sur., 2016]. Ostale metode uključuju metodu pamučnog štapića za procjenu fitotoksičnosti hlapljivih sastojaka eteričnih ulja [Mirmostafae et al., 2020] i pokuse s Petrijevom zdjelicom za procjenu kontaktnog učinka eteričnih ulja [Sarić-Krsmanović i sur., 2019]. Dish pack metoda omogućuje procjenu hlapljivih spojeva izlučenih iz suhog biljnog materijala korištenjem više zdjelica sa šest jažica [Kang et al., 2019; Sadeqifard i sur., 2022]. Laboratorijski probiri također mogu procijeniti alelopatski potencijal korijenskih eksudata [Shiraishi et al., 2002; Ravlić i sur., 2020.; Yang i Li, 2022.].

Rezultati pregleda biljaka u laboratorijskim uvjetima na umjetnim medijima kao što su filter papir ili agar mogu biti drugačiji kada se procjenjuju u tlu kao mediju. Prema Ravliću i sur. (2021.) pojava crvenokorijenčave trave (*Amaranthus retroflexus*) značajno je smanjena u posudama sa zemljom za razliku od biološkog testa u Petrijevoj zdjelici u pokusu s kogerminacijom bilja. Izravni kontakt sjemena testnih vrsta s ekstraktima na filter papiru obično uzrokuje veće štetne učinke na klijavost i rast klijanaca [Ravlić i sur., 2014.]. Osim metode otpuštanja i metode probira, gustoća sjemena biljke receptora također može utjecati na stupanj alelopatskog potencijala. Niža gustoća sjemena rezultira većom koncentracijom alelokemikalija primljenih po



biljci receptoru, stoga je uzrokovan veći alelopatski potencijal i obrnuto, kada postoji veća gustoća sjemena, alelopatski potencijal je manje izražen [Aguilar-Franco et al., 2019].

3.2. Kultivirane i samonikle ljekovite biljke s obećavajućim alelopatskim i herbicidnim potencijalom

Procijenjen je herbicidni učinak vodenih ekstrakata livadske kadulje (*S. pratensis*) na klijanje i rast dviju vrsta korova, kadife (*A. theophrasti*) i kukurijevke (*Agrostemma githago*) [Ravlić i sur., 2023a]. Vodeni ekstrakti pripremljeni su iz suhe nadzemne biomase livadske kadulje u pet različitih koncentracija (1%, 2,5%, 5%, 7,5% i 10%) i ispitani *in vitro* . Rezultati istraživanja otkrili su inhibicijski potencijal ekstrakata livadske kadulje, osobito u višim koncentracijama (tablica 3.1). Klijavost kukurijeka (*A. githago*) značajno je smanjena sa 7,6 % na 98,9 % u odnosu na kontrolu.

Tablica 3.1. Utjecaj vodenih ekstrakata livadske kadulje (*Salvia pratensis*) na klijavost sjemena i rast klica korova [Ravlić i sur., 2023a].

Koncentracija vodenog ekstrakta (%)	Klijavost (%)	
	<i>Abutilon theophrasti</i>	<i>Agrostemma githago</i>
Kontrolirati	71.0 a	92.0 a
1 %	70,0 a	85,0 b
2,5 %	66.0 a	7,0 c
5 %	62.0 a	6.0 c
7,5 %	63.0 a	3,0 cd
10 %	64.0 a	1.0 d
Koncentracija vodenog ekstrakta (%)	Duljina korijena (cm)	
	<i>Abutilon theophrasti</i>	<i>Agrostemma githago</i>
Kontrolirati	5.35 a	6.11 a
1 %	2.81 b	6.49 a
2,5 %	1,93 c	4.09 b
5 %	1.6 c	2,5 c
7,5 %	1,32 cd	0,38 d
10 %	0,86 d	0,0 d



Koncentracija vodenog ekstrakta (%)	Duljina pucanja (cm)	
	<i>Abutilon theophrasti</i>	<i>Agrostemma githago</i>
Kontrolirati	2.57 a	1.92 a
1 %	2.15 a	1.18 b
2,5 %	1.57 b	0,55 c
5 %	1.09 c	0,4 cd
7,5 %	1.11 c	0,23 d
10 %	1.08 c	0,0 e

Koncentracija vodenog ekstrakta (%)	Svježa težina (mg)	
	<i>Abutilon theophrasti</i>	<i>Agrostemma githago</i>
Kontrolirati	43.8 a	70,0 a
1 %	39,0 b	53,0 b
2,5 %	34,6 c	28,9 c
5 %	27.8 d	28.2 c
7,5 %	24.8 d	15.2 d
10 %	26.5 d	0,0 e

a,b ,c - značenja iza kojih slijedi isto slovo unutar stupca nisu značajno različita pri P<0,05

Duljina korijena i izdanaka klijanaca korova bila je jako smanjena, pa čak i potpuno inhibirana u usporedbi s kontrolom. Sveukupno, veći inhibicijski učinak zabilježen je za običnu kukurijeku (*A. githago*) koja je bila osjetljivija u usporedbi s baršunastom (*A. theophrasti*) (Slika 3.1).



Slika 3.1. Utjecaj vodenih ekstrakata livadske kadulje (*Salvia pratensis*) na klijanje sjemena i rast kadife (*Abutilon theophrasti*): A) kontrola i 2,5% ekstrakt, B) kontrola i 10% ekstrakt.

Ravlić i sur. proučavali su herbicidni potencijal vodenih ekstrakata komorača (*F. vulgare*), kadulje (*S. officinalis*) i rute (*R. graveolens*) protiv korovne vrste sijede kreše (*Cardaria draba*). (2016.). Vodeni ekstrakti ispitani su u dvije različite koncentracije s 50 i 100 g biljne biomase po litri. Rezultati su pokazali da vodeni ekstrakti pripremljeni od svježe i suhe nadzemne biomase biljaka imaju različite učinke na klijavost sjemena i rast sadnica sijede kreše (Tablica 3.2).

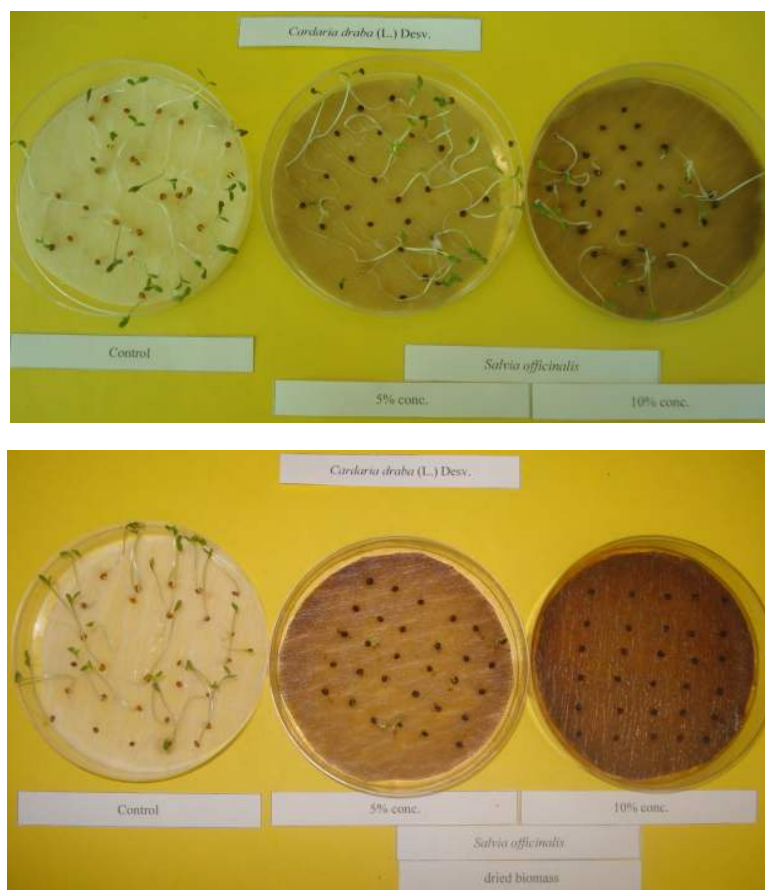


Tablica 3.2. Utjecaj vodenih ekstrakata aromatičnog i ljekovitog bilja na klijanje i rast klijanaca sivog kreša na filter papiru u Petrijevim zdjelicama [Ravlić i sur., 2016].

<i>Tretmani</i>		<i>Klijavost (%)</i>	<i>Duljina korijena (cm)</i>	<i>Duljina snimanja (cm)</i>	<i>svježe težina (cm)</i>
Kontrolirati		86.2 a	3.2 c	2.2 prij e Kris ta	0,0163 b
Svježa biomasa					
Komorač	50 gl ⁻¹	88.7 a	2.1 d	2.6 a	0,0175 ab
	100 gl ⁻¹	83.2 a	1.3 e	2.4 ab	0,0135 c
Rue	50 gl ⁻¹	62.4 bc	5.0 a	2.7 a	0,0189 a
	100 gl ⁻¹	60.7 c	3.9 b	2.3 bc	0,0161 b
Kadulja	50 gl ⁻¹	66.9 b	3.9 b	2.3 bc	0,0157 bc
	100 gl ⁻¹	65.9 bc	3.3 c	2.1 c	0,0138 c
Suha biomasa					
Komorač	50 gl ⁻¹	1.8 f	0,1 g	0,1 e	0,0001 e
	100 gl ⁻¹	0,0 f	0,0 g	0,0 e	0,0000 e
Rue	50 gl ⁻¹	12.3 e	0,2 fg	0.4 d	0,0026 d
	100 gl ⁻¹	0,0 f	0,0 g	0,0 e	0,0000 e
Kadulja	50 gl ⁻¹	36.7 d	0.3 f	0.3 de	0,0021 de
	100 gl ⁻¹	0,0 f	0,0 g	0,0 e	0,0000 e

Srednje vrijednosti nakon kojih slijedi isto slovo unutar stupca nisu značajno različite pri p < 0,05.

Ekstrakti svježe biomase u prosjeku su smanjili klijavost do 17%, a ekstrakti suhe biomase više od 90%, pri čemu komorač ima najveći inhibitorski potencijal. Značajna inhibicija duljine korijena primijećena je s ekstraktima komorača iz svježe biomase, međutim ruta i kadulja pospješuju produljenje korijena. Slično, pozitivan učinak na duljinu izboja i svježju masu presadnica zabilježen je za vodene ekstrakte iz svježe biomase. Suha biomasa svih ispitivanih aromatičnih i ljekovitih biljaka u većoj koncentraciji potpuno je (100%) inhibirala klijanje i parametre rasta klijanaca korova (Slika 3.2).



Slika 3.2. Učinak vodenih ekstrakata *Salviae officinalis* na klijanje i rast klijanaca sijede na filter papiru u Petrijevim zdjelicama.

Inhibicijski potencijal šest aromatičnih i ljekovitih biljnih ostataka ispitan je na nicanju i rastu korovne vrste crnog velebilja (*Solanum nigrum*) [Ravlić, 2015, Ravlić i sur., 2022a]. Učinak biljnih prahova iz suhe biomase četiri kultivirana bosiljka (*O. basilicum*), kamilice (*Chamomilla recutita*), ljupčaca (*L. officinale*), matičnjaka (*M. officinalis*) i dva divlja, običnog sljeza (*Malva sylvestris*) i veliki celandon (*Chelidonium majus*), biljne vrste ispitanе su u pokusu u loncima. Učinak suhog biljnog praha procijenjen je u dvije doze: 10 i 20 g po kg tla. Rezultati su pokazali da je najveće smanjenje nicanja crnog noćurka (63,9%) zabilježeno kod tretiranja s većom količinom praha biljke bosiljka. Izvrstan inhibicijski učinak zabilježen je i kod ljupčaca i čebulice. Smanjenje duljine korijena bilo je u prosjeku za 50%, a najveći učinak imao je celandin (Tablica 3.3).

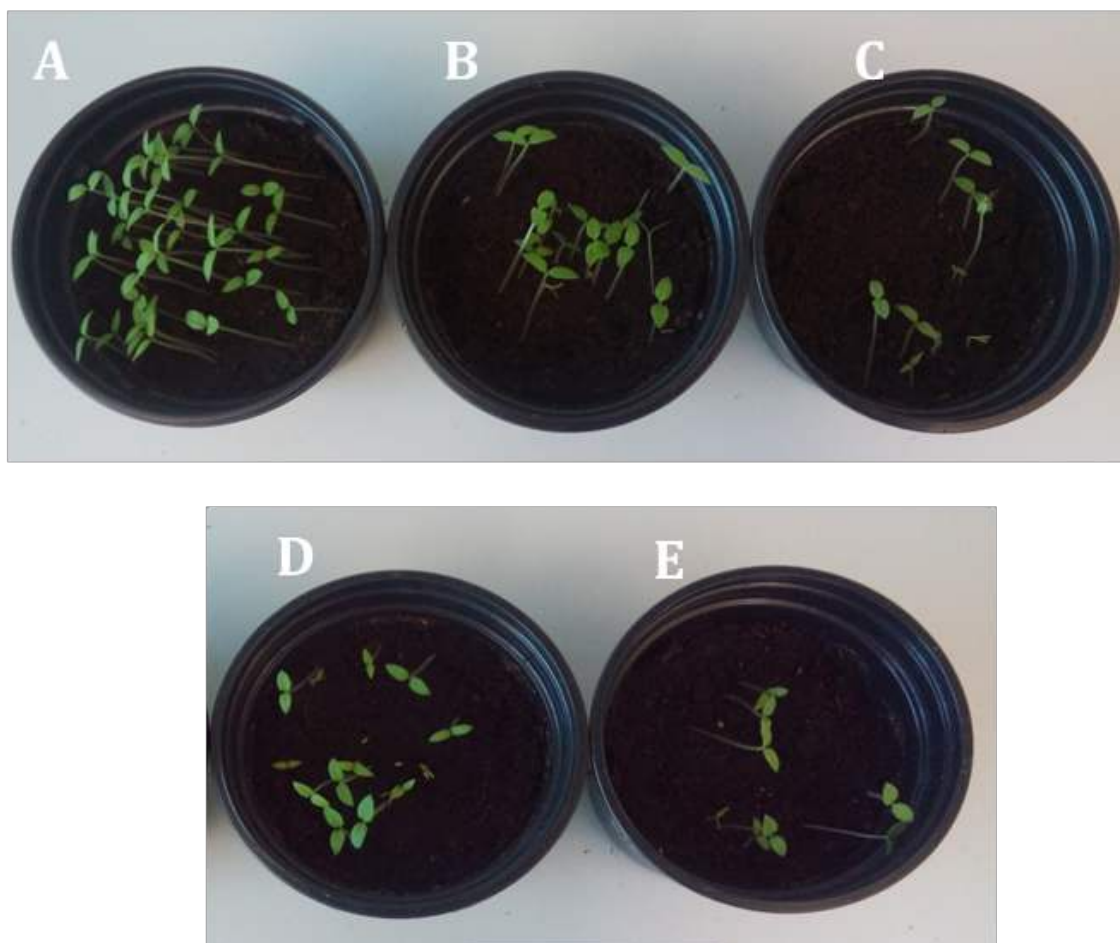


Tablica 3.3. Utjecaj praha aromatičnog i ljekovitog bilja na nicanje i rast presadnica crnog noćurka u pokusu u loncima [Ravlić, 2015; Ravlić i sur., 2022a].

<i>Liječenje</i>	<i>g kg⁻¹</i>	<i>Pojava (%)</i>	<i>Duljina korijena (cm)</i>	<i>Duljina pucanja (cm)</i>	<i>Svježa težina (mg)</i>
Kontrolirati		61.0 ^a	2.2 ^a	4.1 ^a	17.7 ^a
Bosiljak	10	28.5 ^{CD}	1.0 ^{CD}	2.9 ^d	10.3 ^e
	20	22.0 ^d	1.0 ^{CD}	2.9 ^d	11.7 ^{cde}
Sljez obični	10	23.8 ^d	0.9 ^{CD}	3.2 ^{bcd}	12.6 ^{bcd}
	20	31.8 ^{bcd}	1.0 ^{CD}	3.2 ^{bcd}	12.5 ^{CD}
Kamilica	10	39.3 ^{bc}	1.1 ^c	3.4 ^{bc}	12.5 ^{CD}
	20	34.5 ^{bcd}	1.0 ^{CD}	3.3 ^{bcd}	13.3 ^{bc}
Ljupčac	10	28.5 ^{CD}	1.1 ^c	3.1 ^{bcd}	12.2 ^{cde}
	20	28.8 ^{CD}	0.9 ^{CD}	2.9 ^d	11.2 ^{cde}
Matičnjak	10	42.0 ^b	1.6 ^b	3.5 ^b	14.7 ^b
	20	37.5 ^{bc}	1.5 ^b	3.4 ^{bc}	14.7 ^b
Veći celandin	10	33.3 ^{bcd}	1.1 ^c	3.0 ^{CD}	12.2 ^{cde}
	20	26.8 ^{CD}	0.8 ^d	3.0 ^{CD}	11.0 ^{de}

Srednje vrijednosti nakon kojih slijedi isto slovo unutar stupca nisu značajno različite pri $p < 0,05$.

S druge strane, duljina izboja i svježa težina sadnica crnog velebilja bile su manje pogođene, međutim statistički značajno smanjenje u usporedbi s kontrolom zabilježeno je za sve biljne prahove i obje stope. Ljupak, bosiljak i veliki češljak bili su najučinkovitiji i inhibirali su navedene parametre do 29,3% i 41,8% u odnosu na kontrolu (Slika 3.3).



Slika 3.3. Utjecaj biljnih prahova na rast presadnica crnog velebilja u posudama:
A) kontrola; B) veliki celandin 10 g kg⁻¹; C) veliki celandin 20 g kg⁻¹; D) bosiljak 10 g kg⁻¹;
E) bosiljak 20 g kg⁻¹.

U svojoj studiji Ravlić i sur. (2021.) procijenili su alelopatiju sjemena između ljekovitog bilja i vrsta korova. Pokus je uključivao zajedničko klijanje sjemena biljaka i korova u pokusu Petrijeve zdjelice i procjenu klijanja i rasta klijanaca korovnih vrsta. Rezultati su pokazali da kogerminacija sjemena ima različit učinak na korovne vrste (Tablica 3.4). Sjeme ljupčaca izazvalo je značajno smanjenje klijavosti svinjokoljke (*A. retroflexus*) i kreše (*L. draba*) za 93,6 % i 34,1 %. Slično, statistički značajna inhibicija klijanja crnog velebilja (*S. nigrum*) zabilježena je u tretmanima s ljupčacem, bosiljkom i matičnjakom. Ljupčić je također smanjio duljinu korijena i izdanaka te svježiu težinu nekoliko vrsta korova. U prosjeku, najosjetljivije korovne vrste u pokusu bile su svinja i sijeda kreša.



Tablica 3.4. Alelopatski učinak kogerminacije sjemena na klijanje i rast klijanaca korovnih vrsta u pokusu s Petrijevom zdjelicom [Ravlić i sur., 2021].

Liječenje	ABUTH	AMARE	CADDR	SOLNI	SORHA
	Klijavost (%)				
Kontrolirati	55.4 a	58,3 ab	73.3 a	55.3 a	25,3 ab
Bosiljak	58.8 a	59.2 a	70,0 a	44.3 bc	27.0 a
Kamilica	53.3 a	50,8 b	77.1 a	52,3 ab	19.3 b
Ljupčac	60.4 a	3.8 c	48.3 b	16.8 d	20,8 ab
Matičnjak	61.3 a	55,0 ab	67.9 a	41,5 c	20,5 ab
Duljina korijena (cm)					
Kontrolirati	4.8 b	3.9 a	1,6 pr. Kr	3.1 a	4.1 a
Bosiljak	4.8 b	3.9 a	2.2 a	3.1 a	4.1 a
Kamilica	4.8 b	3.8 a	2.0 a	2.9 a	3,6 ab
Ljupčac	5.6 a	1.7 b	1.2 c	1.9 b	3.9 a
Matičnjak	5.5 a	4.1 a	1,8 ab	3.2 a	3.2 b
Duljina pucanja (cm)					
Kontrolirati	4,6 pr. Kr	2,3 pr. Kr	2.1 a	1.3 a	5.9 a
Bosiljak	4,6 pr. Kr	3.1 a	2.0 a	1,5 a	5.9 a
Kamilica	4.3 c	2,4 pr. Kr	1.9 a	1.4 a	5.5 a
Ljupčac	4.8 b	2.1 c	0,9 b	1.3 a	4.6 b
Matičnjak	5.1 a	2,9 ab	2.1 a	1.6 a	5.2 ab
Svježa težina (mg)					
Kontrolirati	50,0 b	5,5 ab	12.9 a	8.9 a	18.9 a
Bosiljak	54.6 a	5.9 a	11.8 b	8.1 a	18.5 a
Kamilica	43,0 c	4,7 ab	12.1 ab	7,3 ab	17.9 a
Ljupčac	55.0 a	2.7 c	7.4 c	6.1 b	14.7 b
Matičnjak	56.4 a	5.3 ab	12,0 ab	9.2 a	14.6 b

* ABUTH *A. theophrasti*; AMARE *A. retroflexus*; CADDR *L. draba*; SOLNI *S. nigrum*; SORHA *S. halepense*

Rezultati alelopatskog djelovanja nekoliko samoniklih biljnih vrsta na rast rajčice (*Solanum lycopersicum*) i salate prikazani su u tablici 3.5. [Lišnić, 2023; Ravlić i sur., 2024]. Ispitane samonikle vrste bile su austrijski žuti kres (*Rorippa austriaca* Brassicaceae), rebrasti trputac (*Plantago lanceolata*, Plantaginaceae), strnak (*Polygonum aviculare*, Polygonaceae), divlji radič (*Cichorium intybus*, Cichoriaceae),



konopljika (*Eupatorium cannabinum* , Asteraceae), velika žuta grahorica (*Vicia grandiflora* , Fabaceae), vunasta divizma (*Verbascum phlomoides* , Scrophulariaceae), obični portulak (*Portulaca oleracea* , Portulacaceae) i bijela slatka djetelina (*Melilotus albus* , Fabaceae). Vodeni ekstrakti pripremljeni su iz suhe nadzemne biomase i ispitani u 5% koncentraciji u eksperimentu s Petrijevom zdjelicom. Duljina korijena rajčice značajno je smanjena u svim tretmanima, osim kod konopljike (*E. cannabinum*), dok je stimulativni učinak zabilježen kod tretmana s prostiračem (*P. aviculare*). Kod salate su svi vodeni ekstrakti uzrokovali značajno smanjenje duljine korijena, od 23,2% do 92,8% u usporedbi s kontrolom. Salata se pokazala osjetljivijom jer joj je dužina korijena smanjena u prosjeku u svim tretmanima za 67,5%, dok je kod salate prosječno smanjenje iznosilo 50,9%.

Tablica 3.5. Utjecaj biljnih ekstrakata samoniklih vrsta na duljinu korijena rajčice i salate [Lišnić, 2023; Ravlić i sur., 2024].

Liječenje	Duljina korijena (cm)	
	Rajčica	Zelena salata
Kontrolirati	4.37 b	2.77 a
<i>Rorippa austriaca</i>	1,50 d	0,65 e
<i>Plantago lanceolata</i>	0,93 e	0,85 de
<i>Polygonum aviculare</i>	7.11 a	2.13 b
<i>Cichorium intybus</i>	1,49 d	1.32 c
<i>Eupatorium cannabinum</i>	4.43 b	1.01 d
<i>Vicia grandiflora</i>	2,73 c	0,33 f
<i>Verbascum phlomoides</i>	0,66 ef	1.37 c
<i>Portulaca oleracea</i>	0,24 fg	0,20 f
<i>Melilotus albus</i>	0,22 g	0,25 f

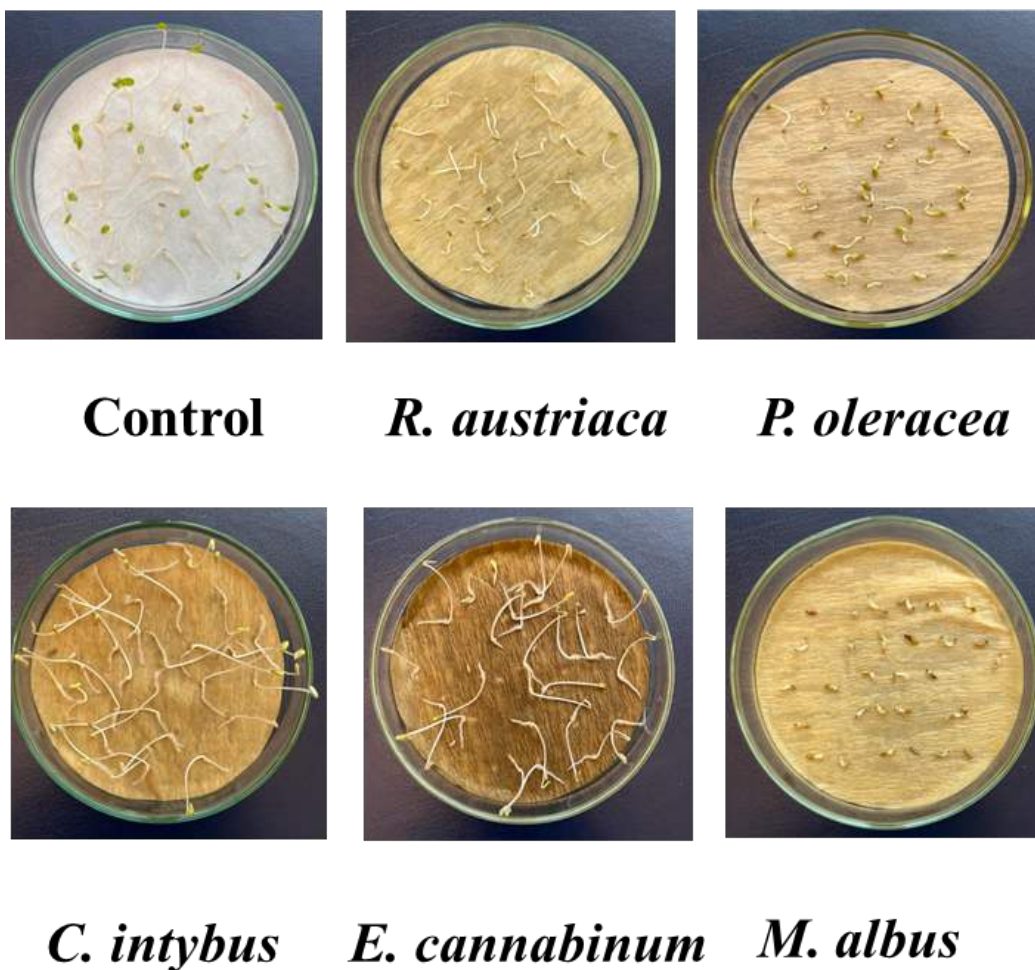
Srednje vrijednosti nakon kojih slijedi isto slovo unutar stupca nisu značajno različite pri $p < 0,05$.



Co-funded by
the European Union



U prosjeku za obje testne vrste, najveći inhibicijski potencijal zabilježen je za obični portulak (*P. oleracea*), bijelu slatku djetelinu (*M. albus*) i trputac (*P. lanceolata*) koji je smanjio duljinu korijena za 93,6%, 93% i 74,1% u usporedbi s kontrolom (Slika 3.4).



Slika 3.4. Utjecaj vodenih ekstrakata samoniklih biljnih vrsta na rast presadnica salate.

U studiji Lucić i sur. (2018) procijenjen je alelopatski potencijal ljupčaca (*L. officinale*). Suha nadzemna biomasa ljupčaca korištena je za pripremu vodenih ekstrakata u različitim koncentracijama (2%, 4%, 6%, 8% i 10%) koji su ispitani u pokusu s Petrijevom zdjelicom na kelju i vrtnoj kreši kao ispitivanoj vrsti. Povećanje koncentracije ekstrakta rezultiralo je većim negativnim potencijalom na klijavost sjemena i rast sadnica kelja i kreše (Tablica 3.6). Čak i najniža koncentracija (2%) imala je statistički značajan inhibitorski potencijal u usporedbi s kontrolnim tretmanom



za sve mjerene parametre, osim za suhu masu klijanaca. Vrtna kreša se pokazala osjetljivijom u usporedbi s keljom jer je potpuni inhibicijski učinak primijećen pri koncentraciji ekstrakta od 6% za razliku od kelja gdje je potpuna inhibicija zabilježena pri koncentraciji ekstrakta od 8%.

Tablica 3.6. Učinak ljupčaca (*Levisticum officinale*) potiče klijanje i rast presadnica kelja i kreše [Lucić i sur., 2018].

Vodeni ekstrakt	Klijavost	Duljina korijena	Duljina pucanja	Svježa težina	Suha težina
Kelj					
kontrolirati	96.0 a	2.66 a	1.90 a	16.06	2.25 a
2%	65.3 b	0,53 b	1.45 b	10.87 b	2.34 a
4%	24,7 c	0,21 c	0,26 c	1,78 c	0,74 b
6%	16.7 d	0,16 c	0,19 cd	1.46 c	0,52 b
8%	0,0 e	0,0 d	0,0 d	0,0 c	0,0 b
10%	0,0 e	0,0 d	0,0 d	0,0 c	0,0 b
Vrtna kreša					
kontrolirati	92.0 a	3.17 a	2.01 a	12.55 sati	1.83 a
2%	54,0 b	0,47 b	0,68 b	6.71 b	2.04 a
4%	8.7 c	0,20 bc	0,13 c	2.30 c	0,40 b
6%	0,0 d	0,0 c	0,0 c	0,0 d	0,0 c
8%	0,0 d	0,0 c	0,0 c	0,0 d	0,0 c
10%	0,0 d	0,0 c	0,0 c	0,0 d	0,0 c

Srednje vrijednosti nakon kojih slijedi isto slovo unutar stupca nisu značajno različite pri $p < 0,05$.

Literatura

- Aguilar-Franco, Z.M., Flores-Palacios, A., Flores-Morales, A., Perea-Arango, I., Arellano-García, J.J., Valencia-Díaz, S. (2019). *Density-dependent effect of allelopathy on germination and seedling emergence in two Ipomoea species. Revista Chilena de Historia Natural*, 92, 7.
- Amini, S., Azizi, M., Joharchi, M.R., Moradinezhad, F. (2016). *Evaluation of allelopathic activity of 68 medicinal and wild plant species of Iran by Sandwich method. International Journal of Horticultural Science and Technology*, 3(2), 243-253.



Aniya, Nomura, Y., Fuerdeng, Appiah, K.S., Fujii, Y. (2020). *Evaluation of Allelopathic Activity of Chinese Medicinal Plants and Identification of Shikimic Acid as an Allelochemical from Illicium verum Hook. f. Plants*, 9, 684.

Kang, G., Mishyna, M., Appiah, K.S., Yamada, M., Takano, A., Prokhorov, V., Fujii, Y. (2019). *Screening for Plant Volatile Emissions with Allelopathic Activity and the Identification of L-Fenchone and 1,8-Cineole from Star Anise (Illicium verum) Leaves. Plants*, 8, 457.

Lišnić, Z. (2023). *Allelopathic potential of ruderal plant species. MSc Thesis, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek, University of Josip Juraj Strossmayer in Osijek, Osijek.*

Lucić, P., Ravlić, M., Rozman, V., Baličević, R., Liška, A., Župarić, M., Grubišić, D., Paponja, I. (2018). *Insekticidni i alelopatski potencijal ljupčaca (Levisticum officinale Koch). Proceedings & abstracts 11th international scientific/professional conference Agriculture in Nature and Environment Protection, Osijek: Glas Slavonije*, pp. 239-244.

Mirmostafae, S., Azizi, M., Fujii, Y. (2020). *Study of Allelopathic Interaction of Essential Oils from Medicinal and Aromatic Plants on Seed Germination and Seedling Growth of Lettuce. Agronomy*, 10, 163.

Ravlić, M. (2015). *Allelopathic effects of some plant species on growth and development of crops and weeds. PhD Thesis, Faculty of Agriculture, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Osijek.*

Ravlić, M., Baličević, R., Lucić, I. (2014). *Allelopathic effect of parsley (Petroselinum crispum Mill.) cogermination, water extracts and residues on hoary cress (Lepidium draba (L.) Desv.). Poljoprivreda*, 20(1), 22-26.

Ravlić, M., Baličević, R., Lucić, P., Marković, M., Ravlić, J. (2020). *Allelopathic effect of weed root exudates on crops. Proceedings & abstracts 13th international scientific/professional conference Agriculture in Nature and Environment Protection, Osijek: Glas Slavonije*, pp.180-184.

Ravlić, M., Baličević, R., Marković, M., Ravlić, J., Mijić, M. (2021). *Seed allelopathy between herbs and weed species. Proceedings of 56th Croatian and 16th international symposium on agriculture, Osijek: Fakultet agrobiotehničkih znanosti Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku*, pp. 139-143.



- Ravlić, M., Baličević, R., Nikolić, M., Sarajlić, A. (2016). *Assessment of allelopathic potential of fennel, rue and sage on weed species hoary cress (Lepidium draba). Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 44(1), 48-52.
- Ravlić, M., Baličević, R., Sarajlić, A., Kranjac, D., Grgić, S. (2022a). *Allelopathic effects of aromatic and medicinal plants on black nightshade (Solanum nigrum). Zbornik rezimeja radova XVII Savetovanje o zaštiti bilja, Zlatibor*, pp. 58.
- Ravlić, M., Baličević, R., Sarajlić, A., Vinković, Ž., Lišnić, Z. (2024). *Allelopathic potential of ruderal plant species on tomato and lettuce. Book of Abstracts 59th Croatian and 19th International Symposium on Agriculture*, 11 – 16 February, 2024 Dubrovnik, Croatia, p. 223.
- Ravlić, M., Baličević, R., Svalina, T., Posavac, D., Ravlić, J. (2023a). *Herbicidal potential of meadow sage (Salvia pratensis L.) against velvetleaf (Abutilon theophrasti Med.) and common corn-cockle (Agrostemma githago L.). Glasnik Zaštite Bilja*, 46(3), 116-121.
- Sadeqifard, S., Mirmostafae, S., Joharchi, M.R., Zandavifard, J., Azizi, M., Fujii, Y. (2022). *Evaluation of Allelopathic Activity Interactions of Some Medicinal Plants Using Fractional Inhibitory Concentration and Isobologram. Agronomy*, 12, 3001.
- Sarić-Krsmanović, M., Gajić Umiljendić, J., Radivojević, Lj., Šantrić, Lj., Potočnik, I., Đurović-Pejčev R. (2019). *Bio-herbicidal effects of five essential oils on germination and early seedling growth of velvetleaf (Abutilon theophrasti Medik.). Journal of Environmental Science and Health. Part B: Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes*, 54(4), 247-251.
- Šćepanović, M., Sarić-Krsmanović, M., Šoštarčić, V., Brijačak, E., Lakić, J., Špirović Trifunović, B., Gajić Umiljendić, J., Radivojević, L. (2021). *Inhibitory Effects of Brassicaceae Cover Crop on Ambrosia artemisiifolia Germination and Early Growth. Plants*, 10, 794.
- Shiraishi, S., Watanabe, I., Kuno, K., Fujii, Y. (2002). *Allelopathic activity of leaching from dry leaves and exudates from roots of groundcover plants assayed on agar. Weed Biology and Management*, 2, 133-142.



Co-funded by
the European Union



Winkler, J., Kopta, T., Ferby, V., Neudert, L., Vaverková, M.D. (2022). *Effect of Tillage Technology Systems for Seed Germination Rate in a Laboratory Tests. Environments*, 9, 13.

Yang, B., Li, J. (2022). *Phytotoxicity of root exudates of invasive Solidago canadensis on co-occurring native and invasive plant species. Pakistan Journal of Botany*, 54, 1019-1024.



Co-funded by
the European Union



Poglavlje 4. Biljne bolesti u medicinskoj proizvodnji (Ćosić J, Vrandečić K)

4.1. Uvod

Ljekovito bilje, kao i sve biljke, osjetljive su na razne bolesti koje mogu utjecati na njihov rast, prinos i ljekovita svojstva [Avan, 2021]. Razumijevanje ovih bolesti ključno je za uzgoj i učinkovitu upotrebu ljekovitog bilja. Neke uobičajene biljne bolesti koje mogu utjecati na ljekovito bilje su:

Gljivične infekcije koje su glavni uzrok bolesti biljaka. Uobičajene gljivične bolesti uključuju pepelnicu, trulež korijena i pjegavost lišća. To može dovesti do venuća, žućenja lišća i smanjene snage biljke.

Bakterijske infekcije mogu uzrokovati simptome poput venuća, pjegavosti lišća i žuči. Bolesti poput bakterijske paleži i meke truleži mogu ozbiljno utjecati na zdravlje ljekovitih biljaka.

Virusi mogu dovesti do usporavanja rasta, pjegavosti lišća i smanjenog prinosa. Virusne bolesti često se šire kukcima prijenosnicima, poput lisnih uši.

Kako potražnja za prirodnim biljnim proizvodima u medicinske i zdravstvene svrhe nastavlja rasti, sve je veći fokus na kvalitetu sirovina dobivenih iz tih biljaka. Tipično, vegetativna tkiva i organi služe kao primarni izvori tih materijala. Međutim, ta tkiva i organi mogu biti osjetljivi na razne bolesti, što može dovesti do pada kvalitete ekonomski vrijednih proizvoda i mogućeg gubitka genetske raznolikosti. Postignut je značajan napredak u identificiranju organizama odgovornih za te bolesti i razumijevanju njihovih patogenih učinaka na organskoj, staničnoj i biokemijskoj razini [Singh et al., 2016.].

4.2. Fusarium uvenuće

Proizvodnja lavande pokazala se isplativom za malo obiteljsko gospodarstvo, pogotovo na površinama nepogodnim za druge kulture jer ima visoku otpornost na sušu i može rasti na siromašnim, kamenitim tlima. Kemijski sastav eteričnih ulja varira ovisno o nizu različitih čimbenika: kultivari/hibridi, okolišni čimbenici, geografske razlike, agronomski čimbenik ili zbog metode ekstrakcije ulja. Jedan od važnih



problema u proizvodnji lavadule je pojava bolesti, posebice onih uzrokovanih gljivama roda *Fusarium* koje su uzrokovale bolest poznatu kao *Fusarium wilt* [Xue-Jun et al., 2023; Özer i sur., 2021.; Ćosić i sur., 2012].

Simptomi su se sastojali od kloroze i žutila lišća nakon čega je uslijedilo venuće lišća i grana (Slika 4.1, 4.2 i 4.3). Na presjeku korijena vidi se promjena boje u smeđu. U provodnom sustavu primijećena je smeđa diskoloracija (slika 4.4 i 4.5). Morfološkim i molekularnim metodama utvrđena je prisutnost *Fusarium sporotrichioides* Sherb [Cosic i sur., 2012.]. Izolacije patogena napravljene su iz obojenih tkiva na krumpirovom dekstroza agaru (PDA). Kolonije su u početku bile bijele, ali su s godinama postale crvene, a crveni pigmenti su se stvarali u agaru. Mikrokonidije su bile kruškolikog, ovalnog i fuzoidnog oblika i imale su raspon od 4,5 do 14,0 × 2,8 do 4,7 μm. Makrokonidije su bile zakrivljene, većinom tri septirane, i kretale su se od 21,8 do 24,3 × 2,9 do 3,9 μm (slika 4.6).

Test patogenosti koji je proveden na četveromjesečnim biljkama lavande (cijepljena zrna ječma i pšenice pomiješana su sa supstratom i stavljena u zonu korijena) pokazao je da je dobiveni izolat visokopatogen jer je u šesnaest dana od inokulacije 80 % biljaka se osušilo.

Phytophthora spp., *Armillaria* spp., *Pythium* spp. i *Fusarium* spp. spominju se u literaturi kao gljivični uzročnici bolesti korijena lavande (zemljišni patogeni). Vrste bolesti koje uzrokuju su truljenje korijena i venuće. *Fusarium* uvenuće i trulež korijena mogu uzrokovati različite vrste kao što su *Fusarium oxysporum* [Özer et al., 2021], *Fusarium foetens* [Xue-Jun et al., 2023], *Fusarium sporotrichioides* [Ćosić et al., 2012]. Utvrđeno je da *Fusarium oxysporum* Schlecht uzrokuje venuće lavande diljem svijeta [Özer et al., 2021.; Farr i Rossman, 2020.; Garibaldi i sur., 2015.]. No, bez obzira o kojoj se vrsti *Fusarium* radi, simptomi bolesti i posljedice za biljke su isti.



Co-funded by
the European Union



Slika 4.1. Simptomi fuzarioznog venuća lavande.



Slika 4.2. Uvenueće lavande uzrokovano *Fusarium sporotrichioides* .



Slika 4.3. Umjetna infekcija lavande *F. sportotrichioides* , simptomi venuća.



Slika 4.4. Tipični simptomi bolesti u provodnom sustavu



Slika 4.5. Smeđa promjena boje u provodnom sustavu



Slika 4.6. Makrokonidije i klamidospore *F. sporotrichioides*

Za uspješno suzbijanje zemljišnih uzročnika bolesti, pa tako i vrste *Fusarium*, najvažnija je sadnja lavande na ocjeditim i dobro dreniranim tlima kako bi se spriječila pojava bolesti. Bolesti uzrokovane zemljišnim nametnicima posebno se mogu očekivati u vlažnim godinama, a ako se i pojave, nepovratne su. Uzročnici bolesti u tlu prisutni



su u svim tlima i zato je izbor tla za sadnju najvažniji element u sprječavanju pojave bolesti.

Osim lavande, Fusarium uvenuće uzrokovano *Fusarium oxysporum* također je zabilježeno na kimu (*Cuminum cyminum*), korijanderu (*Coriandrum sativum*), japanskoj metvici (*Mentha arvensis haplocalyx* var. *piperescens*) i bosiljku (*Ocimum basilicum*).

4.3. Septoria pjegavost lišća

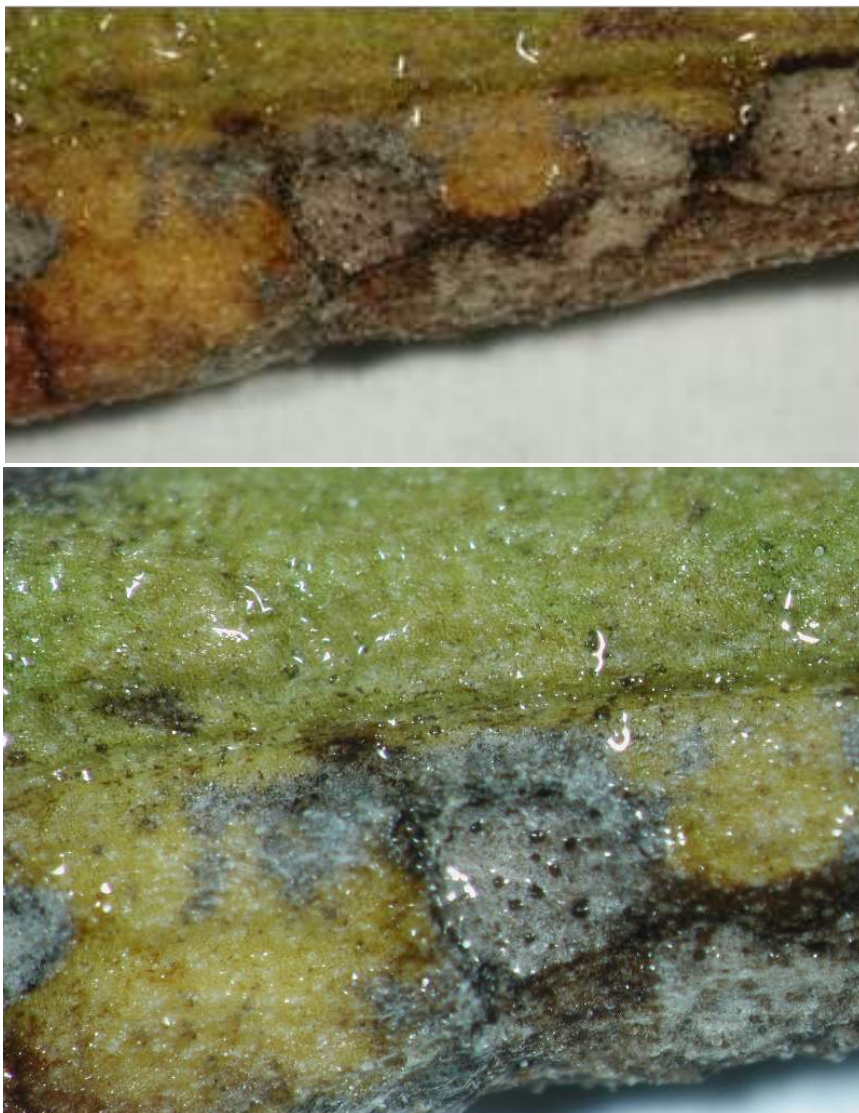
Lišće sa simptomima pjegavosti na brojnim kultivarima lavande moglo se pronaći, osobito u vlažnijim godinama [Vrandečić i sur., 2014.]. Početni simptomi na donjim listovima uključivali su brojne, male, ovalne do nepravilne, sivkasto smeđe lezije s nešto tamnijim smeđim rubom nekrotičnog tkiva (Slika 4.7). Daljnjim razvojem bolesti dolazi do žućenja i nekroze zaraženog lišća nakon čega dolazi do prijevremenog osutosti. Slične nekrotične lezije ovalnog oblika uočene su i na stabljikama. Lezije su sadržavale brojne, tamne, sub-globaste piknide koji su bili uronjeni u nekrotično tkivo ili djelomično erumpirani (Slika 4.8).





Slika 4.7. Simptomi pjegavosti lišća *Septoria* na lavandi.

Prema Vrandečić i sur. (2014.) *Septoria lavandulae* na PDA oblikuje spororastuće, tamne, kružne kolonije s uzdignutim središtem koje stvaraju piknide na 23°C, pod 12 sati fluorescentnog svjetla dnevno. Gljiva tvori brojne, tamne, subglobaste piknide i jednolike hijaline, izdužene, ravne ili blago zakrivljene konidije s 3 do 4 septuma, prosječnih dimenzija od 17,5 do 35 × 1,5 do 2,5 μm (Slika 4.9).



Slika 4.8. Piknidi na listu lavande.



Slika 4.9. Piknidi i konidije *S. lavandulae* .

Problemi se mogu javiti tijekom vlažnih proljeća i kišnih ljeta kada, prema nekim podacima, bolest smanjuje količinu cvjetova i ulja, ali utječe i na kvalitetu dobivenog ulja. Gljivica se širi sporama nošenim vjetrom, inficirajući novo lišće lavande ako postoji dovoljno vlažno razdoblje.

Ako intenzitet zaraze nije jak, vrlo često se na prvi pogled može učiniti da su biljke zdrave. Međutim, ako bolje pogledate lišće (osobito donje lišće u središnjem dijelu grma), možete vidjeti male točkice. Budući da je glavna mjera zaštite sadnja zdravog sadnog materijala, potrebno je paziti da se biljke sa simptomima pjegavosti nikada ne uzimaju za proizvodnju presadnica. Nažalost, o tome se u nekim slučajevima na pregledanom terenu nije vodilo računa . Smanjenju bolesti pridonijet će i uzgoj biljaka na sunčanim, prozračnim mjestima, sadnja grmova u smjeru strujanja zraka i dovoljan razmak između grmova.



4.4. Virus mozaika lucerne (AMV)

Biljke lavande zaražene rano u sezoni rasta pokazivale su teške simptome uključujući zaostajanje u rastu, svijetložuti mozaik od kalikona, žute mrlje i iskrivljenje lišća (Slika 4.10 i 4.11), dok su one zaražene u kasnijim fazama rasta pokazivale samo blage simptome mozaika. Bolest koju uzrokuje AMV na lavandi poznata je kao žuti mozaik.

Cvjetanje zaraženih biljaka ne mijenja broj, veličinu i boju cvjetova, ali biljke zaražene AMV imaju nižu kvalitetu proizvodnje eteričnog ulja.

AMV se javlja diljem svijeta i jedan je od najvažnijih virusa koji inficira oko 430 biljnih vrsta iz 51 porodice, a kod nekih domaćina uzrokuje ozbiljne probleme. Najvažniji domaćini su lucerna, krumpir, rajčica, paprika, salata, špinat, bosiljak, konoplja, duhan i lavanda. Budući da su brojne vrste korova domaćini ovom virusu, plijevljenje oko i unutar polja lavande smanjit će rizik od bolesti. Što se tiče mjera zaštite, u stručnoj literaturi stoji da je hitno potrebno uklanjanje i spaljivanje zaraženih biljaka. Virus se prenosi zaraženim dijelovima biljke, alatom ili reznicama i rukama, stoga je izuzetno važno što prije prepoznati bolest i ukloniti bolesne biljke.

Lisne uši prenose AMV, pa se insekticidnim tretiranjem usjeva na kojima se lisne uši inače hrane (npr. lucerna, vrste Prunus) može spriječiti njihovo širenje na lavandu. Prilikom žetve lucerne, ako su lisne uši bile prisutne, postoji rizik da će se prenijeti na druge biljke domaćine. Zato se preporuča ostaviti tampon zonu lucerne, koja se zatim tretira insekticidima. Za zaštitu je važno da proizvođači presadnica osiguraju zdrav sadni materijal te da vode računa da na mjestu uzgoja (npr. u plasteniku) nema lisnih uši.

Bellardi i sur. (2006.) utvrdili su da zaražene biljke Lavandula hybrida daju 8,82 ml/kg ulja, a zdrave biljke daju 13,8 ml/kg ulja. Isti autori navode da se mijenja i koncentracija nekih od glavnih sastojaka eteričnog ulja, pa zbog toga opada i kvaliteta ulja.



Co-funded by
the European Union



Slika 4.10. Simptomi Alfalfa mosaic virusa na lavandi.



Slika 4.11. Simptomi Alfalfa mosaic virusa na lavandi.



Neke druge važne bolesti ljekovitog bilja sažete su u tablici 4.1 [Rahman Khan i Haque, 2024; McGovern, 2023.; Avasthi i sur., 2022.; Cakir i sur., 2021.; Duduk i sur., 2019.; Pandey i sur., 2019.; Shi i sur., 2016.; Singh i sur., 2016.; Petrželova i sur., 2015.; Aktaruzzaman i sur., 2015.; Koike i sur., 2012.].

Tablica 4.1. Važnije bolesti ljekovitog bilja.

Ljekovita biljka	Organizam bolesti i uzročnik
Lavanda	Phytophthora trulež korijena i krošnje (Phytophthora sp.) Siva plijesan (<i>Botrytis cinerea</i>)
Bosiljak	peronospora (<i>Peronospora belbahrii</i>) Fusarium uvenuće (<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>basilicum</i>) Antraknoza (<i>Colletotrichum gleosporioides</i> i <i>C. capsica</i>) Siva plijesan (<i>Botrytis cinerea</i>) Cercospora lisna pjegavost (<i>Cercospora ocimicola</i>) Bakterijska pjegavost lišća (<i>Pseudomonas cichorii</i>)
Menta	Verticillium uvenuće (<i>Verticillium alboatrum</i> var. <i>menthae</i>) Fusarium uvenuće (Fusarium oxysporum) hrđa (<i>Puccinia menthae</i>) Pepelnica (<i>Erysiphe cichoracearum</i>) rizoktonija (<i>Rhizoctonia solani</i>) Stolon i trulež korijena (<i>Thielaviopsis basicola</i>) Pjegavost lista Cercospora (<i>Cercospora menthicola</i>) Corynespora trulež lišća (<i>Corynespora cassicola</i>) alternarija (<i>Alternaria alternata</i>)
Aloe vera	Antraknoza (<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>) Crna pjegavost lišća (<i>Alternaria alternata</i>) Smeđa pjegavost lišća (<i>Phoma betae</i> , <i>Phomopsis</i> sp.) Trulež korijena (<i>Fusarium solani</i>)
Kadulja	Pepelnica (Erysiphe sp.) kadulja (<i>Puccinia salviicola</i>) Fusarium uvenuće (<i>Fusarium oxysporum</i>) Verticillium uvenuće (<i>Verticillium dahliae</i>)
Kamilica	peronospora (<i>Peronospora radii</i>) Pepelnica (<i>Sphaerotheca macularis</i> , <i>Erysiphe cichoracearum</i>) Bijela hrđa (<i>Albugo tragopogonis</i>)



Echinacea	Botrytis pjegavost lišća i trulež stabljike (<i>Botrytis cinerea</i>) Bakterijska pjegavost lišća (<i>Pseudomonas cichorii</i>) Pjegavost lista Cercospora (<i>Cercospora tabacina</i>) Sclerotinia krana trulež (<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>) Sklerotijska trulež krune (<i>Sclerotium rolfsii</i>) Septoria pjegavost lista (<i>Septoria lepachydis</i>) Pjegavost lista alternarije (<i>Alternaria</i> sp.)
Timijan	Siva plijesan (<i>Botrytis cinerea</i>) Ugljena trulež (<i>Macrophomina phaseolina</i>) rizoktonija (<i>Rhizoctonia solani</i>)
ružmarin	Mreža (<i>Rhizoctonia solani</i>) Verticilozno uvenuće (<i>Verticillium</i> sp.) Botrytis plamenjača (<i>Botrytis cinerea</i>) Cotony soft trulež (<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>) krunasta žuč (<i>Agrobacterium tumefaciens</i>)
Komorač	Trulež stabljike komorača (<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>) palež lišća (<i>Alternaria petroselini</i>) Smeđa trulež i venuće (<i>Phytophthora megasperma</i>) Siva plijesan (<i>Botrytis cinerea</i>) Trulež korijena (<i>Fusarium solani</i>) Trulež stabljike i krošnje (<i>Fusarium avenaceum</i>) Krunasta trulež (<i>Phoma glomerata</i>) alternarija (<i>Alternaria alternata</i>)
Neven	hrđa (<i>Puccinia lagenophorae</i>) Uvenuće i trulež stabljike (<i>Phytophthora cryptogea</i>) Pepelnica (<i>Leveillula taurica</i> , <i>Oidium</i> sp.) Trulež cvjetnih pupova (<i>Alternaria dianthi</i>) Prigušivanje (<i>Pythium</i> sp.) Pjegavost lišća (<i>Alternaria</i> sp., <i>Cercospora</i> sp., <i>Septoria</i> sp.)
Origano	Pepelnica (<i>Golovinomyces biocellatus</i>) Trulež stabljike (<i>Boeremia exsigua</i> var. <i>exigua</i>)



Literatura

- Aktaruzzaman, M., Kim, J.Y., Afroz, T., Kim, B.S. (2015). *First report of Web blight of rosemary (Rosmarinus officinalis) caused by Rhizoctonia solani AG-1-IB in Korea. Mycobiology*, 43(2): 170-173.
- Avan, M. (2021). *Important Fungal Diseases in Medicinal and Aromatic Plants and Their Control. Turkish Journal of Agricultural Engineering Research*, 2(1): 239-259.
- Avasthi, S., Gautam, A.K., Bhadauria, R., Verma, R.K. (2022). *A comprehensive overview on fungal diseases of Aloe vera in India. Plant Pathology and Quarantine*, 12(1): 47-59.
- Bellardi, M. G., Benni, A., Bruni, R., Bianchi, A., Parrella, G., Biffi, S. (2006). *Chromatographic (gc-ms) and virological evaluations of Lavandula hybrida 'Alardi' infected by Alfalfa mosaic virus. Acta Hort. (ISHS)*, 723:387-392.
- Cakir, E., Bagdat, R.B., Ertek, T.S. (2021). *Fungal pathogens of oregano occurring at the breeding plots in Ankara. Journal of Plant Diseases and Protection*, 128: 1367-1370.
- Ćosić, J., Vrandečić, K., Jurković, D., Postić, J., Orzali, L., Riccioni, L. (2012). *First Report of Lavender Wilt Caused by Fusarium sporotrichioides in Croatia. Plant Disease*, 96(4): 591.
- Duduk, B., Duduk, N., Vico, I., Stepanović, J., Marković, T., Rekanović, E., Kube, M., Radanović, D. (2019). *Chamomile Floricolous Downy Mildew Caused by Peronospora radii. Phytopathology*, 109(11): 1900-1907.
- Farr, D.F., Rossman, A.Y. (2020). *Fungal Databases, U.S. National Fungus Collections, ARS, USDA. <https://nt.ars-grin.gov/fungaldatabases/>. Accessed 14 May 2024*
- Garibaldi, A., Bertetti, D., Pensa, P., Ortu, G., Gullino, M.L. (2015). *First Report of Fusarium oxysporum Causing Wilt of Allard's Lavender (Lavandula x allardii) in Italy. Plant Disease*, 99(12): 1868.
- Koike, S.T., Gordon, T.R., Kirkpatrick, S.C. (2012). *First report of Fusarium stem and crown rot of fennel in Arizona caused by Fusarium avenaceum. Plant Disease*, 96: 145.
- McGovern, R.J. (2023). *Diseases of Basil. In: Elmer, W.H., McGrath, M., McGovern, R.J. (eds) Handbook of Vegetable and Herb Diseases. Springer.*



- McGovern, R.J. (2023). *Diseases of Fennel*. In: Elmer, W.H., McGrath, M., McGovern, R.J. (eds) *Handbook of Vegetable and Herb Diseases*. Springer.
- McGovern, R.J. (2023). *Diseases of Mint*. In: Elmer, W.H., McGrath, M., McGovern, R.J. (eds) *Handbook of Vegetable and Herb Diseases*. Springer.
- McGovern, R.J. (2023). *Diseases of Sage*. In: Elmer, W.H., McGrath, M., McGovern, R.J. (eds) *Handbook of Vegetable and Herb Diseases*. Springer.
- Özer, G., Güney, İ.G., Günen, T.U. et al. (2021). *First report of Fusarium oxysporum causing wilt on lavender (Lavandula angustifolia) in Turkey*. *J Plant Pathol* 103, 701–702.
- Pandey, R., Singh, A., Trivedi, S., Smita, S.S., Pandey, T., Shukla, A., Tandon, S. (2019). *Diseases of mints and their management*. *Diseases of Medicinal and Aromatic Plants and Their Management*, 273-303.
- Petrželova, I., Jemelkova, M., Kitner, M., Doležalova, I. (2015). *First report of rust disease caused by Puccinia lagenopforae on Pot Marigold (Calendula officinalis) in the Czech Republic*. *Disease Notes*, 99(6): 892.
- Rahman Khan, M, Haque, Z. (2024). *Disease of Ornamental, Aromatic and Medicinal Plants*. Bentham Science Publishers Pte. Ltd. Singapore.
- Shi, Y.X., Wang, Y.Y., Wang, H.J., Chai, A.L., Li, B.J. (2016). *First report of Alternaria alternata causing leaf spot of fennel (Foeniculum vulgare) in China*. *Plant Disease*, 100(10): 2173.
- Singh, A, Gupta, R, Saikia, SK, Pant, A, Pandey, R. (2016). *Diseases of medicinal and aromatic plants, their biological impact and management*. *Plant Genetic Resources*. 14(4):370-383.
- Singh, A.K., Singh, A.K., Singh, B.K. (2016). *Management of stem rot of fennel caused by Sclerotinia sclerotiorum through cultural and agronomical methods*. *Technofame*, 5(1): 59-62.
- Vrandečić K, Ćosić J, Jurković D, Stanković I, Vučurović A, Krstić B, Bulajić A. (2014). *First Report of Septoria Leaf Spot of Lavandin Caused by Septoria lavandulae in Croatia*. *Plant Disease*, 98(2):282.



Co-funded by
the European Union



Xue-Jun, W., Bing-Guo, J., Xing, W., Nan-Yang, L., Su-Na, W., Li, L., Ai, Z., Hao-Tian, Z., Li-Ping, W. (2023). *First report of Fusarium foetens causing root rot of lavender (Lavandula angustifolia) in China. Disease Note*, 105: 1173-1174.



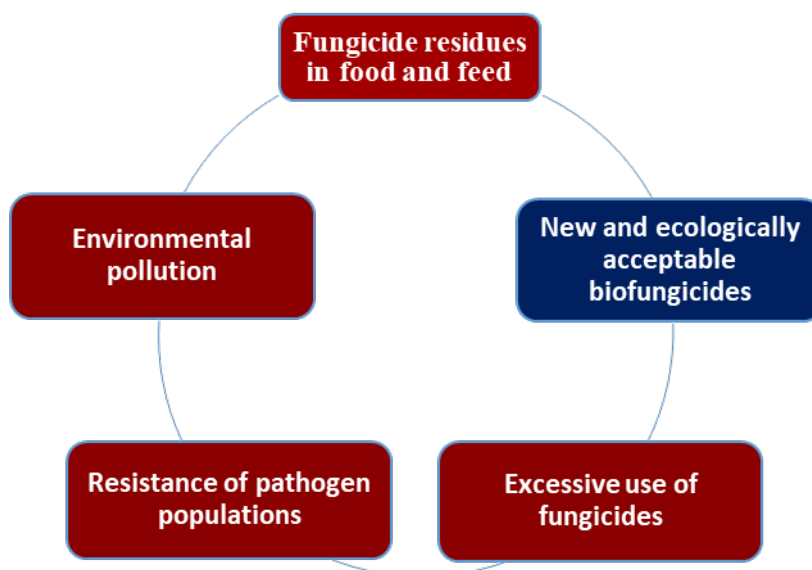
Poglavlje 5. Antifungalna aktivnost eteričnih ulja u poljoprivredi (Vrandečić K, Ćosić J)

5.1. Antifungalna svojstva eteričnih ulja protiv biljnih patogenih gljivica

Biljne patogene gljive su među najvažnijim patogenima brojnih usjeva u svijetu i uzrokuju značajne gubitke prinosa u mnogim ekonomski važnim usjevima. Fitopatogene gljive kao uzročnici biljnih bolesti mogu se prenositi zrakom, tlom i sjemenom. Patogeni koji se prenose sjemenom ozbiljna su prijetnja poljoprivredi. Gljivice koje se prenose sjemenom mogu kolonizirati sjeme izazivajući vidljive simptome i uzrokujući ekonomski gubitak prinosa i kvalitete. Također, biljni patogeni koji se prenose sjemenom mogu ostati u sjemenu i spriječiti klijanje. Nakon toga, biljni patogeni koji se prenose sjemenom mogu se unijeti u usjev na ili u sjemenu i početi se razvijati na početku pojave mlade biljke.

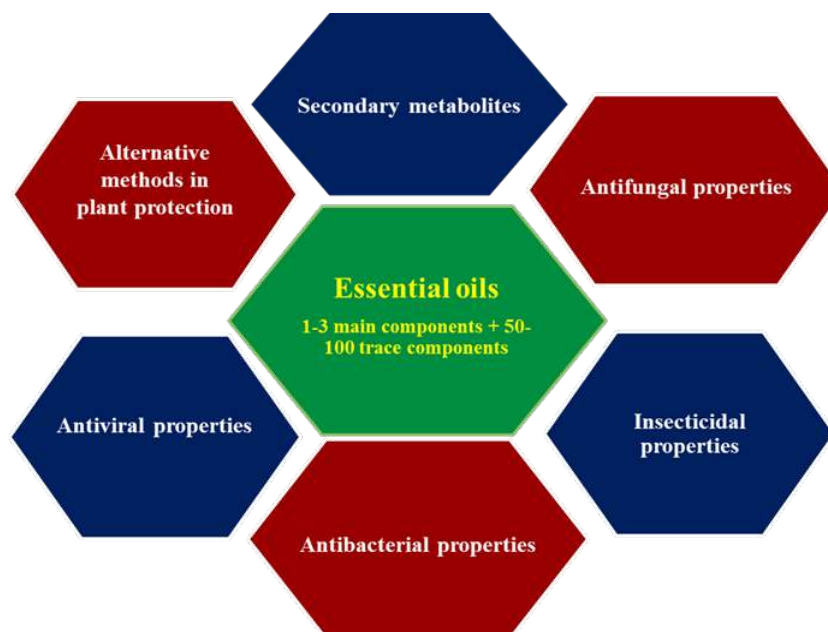
U zaraženom sjemenu često dolazi do promjene kemijskog sastava i bioloških svojstava, a sve navedeno predstavlja značajnu opasnost za prinos i kvalitetu usjeva. Ti se uzročnici bolesti mogu prenijeti na sadnicu uzrokujući njezinu smrt ili oštećujući korijenje i provodni sustav, uz smanjenje prinosa i ekonomske gubitke. Štoviše, sa zaraženim sjemenom biljni patogeni bi se mogli prenijeti u područja gdje ih prije nije bilo. Kako bi se izbjeglo širenje biljnih bolesti putem sjemena, sjeme treba zaštititi.

Da bi se smanjio prinos i gubitak kvalitete, desetljećima se koriste kemijski pesticidi za inhibiciju rasta patogenih gljivica. Unatoč njihovoj učinkovitosti, široka uporaba sintetičkih pesticida povezana je sa značajnim nedostacima (Slika 5.1), uključujući opasnosti pri rukovanju, ostatke pesticida u hrani, stočnoj hrani i tlu, otpornost gljivica na sintetske spojeve, poremećaj ravnoteže ekosustava i opasnosti za ljudsko zdravlje. Svi ovi negativni utjecaji pesticida ukazali su na potrebu za alternativnim nekemijskim metodama zaštite bilja.



Slika 5.1. Nedostaci kemijskih pesticida koji su doveli do alternativnih nekemijskih metoda zaštite bilja.

Biološki spojevi (npr. eterična ulja i ekstrakti – Slika 5.2) iz biljaka mogli bi biti važna alternativa koja nema opasne učinke na ljudsko zdravlje i okoliš. Prema Wilkinsu i Boardu (1989.) poznato je da je više od 1340 biljaka potencijalni izvor antimikrobnih spojeva.



Slika 5.2. Biološki spojevi s potencijalnim učincima u zaštiti bilja.



Eterična ulja su složena mješavina terpena (monoterpena i seskviterpena i njihovih oksigeniranih derivata, kao što su alkoholi, aldehidi, esteri, eteri, ketoni, fenoli i oksidi), te fenolnih i fenilpropanoidnih spojeva izvedenih iz acetat-mevalonske kiseline i shikimine. kiselinskih puteva, odnosno [Bakkali et al., 2008]. Glavne komponente čine 85% eteričnog ulja, dok su ostali spojevi prisutni u malim količinama ili u tragovima.

Učinak eteričnih ulja je fungistatičan ako dođe do potpune inhibicije rasta, ali se može poništiti u nedostatku ulja, dok fungicidni učinak znači da je potpuna inhibicija rasta ireverzibilna čak i u odsutnosti hlapljive tvari.

Fungistatička aktivnost eteričnih ulja često je vrlo jasna, ali u mnogim slučajevima način protugljivične aktivnosti nije u potpunosti shvaćen. Način djelovanja eteričnih ulja ovisi o vrsti ciljnih organizama i uglavnom je povezan s njihovom strukturom stanične stijenke i rasporedom vanjske membrane [Dorman i Deans, 2000.]. Prema Holleyu i Patelu (2005.) eterična ulja povećavaju propusnost staničnih membrana i smanjuju njihovu funkciju. Ovi procesi uključuju inhibiciju prijenosa elektrona, translokaciju proteina, korake fosforilacije i druge reakcije ovisne o enzimima [Knobloch et al., 1988]. Eterična ulja inhibiraju rast gljivica, sporulaciju i produljenje klicine cijevi mnogih biljnih patogena. Antimikrobni učinak timola i karvakrola opisali su Sikkema i sur. (1995.) uzrokovati strukturno i funkcionalno oštećenje citoplazmatske membrane. Antimikrobni učinak eugenola povezan je s njegovom sposobnošću permeabilizacije stanične membrane i interakcije s proteinima [Hyldgaard et al., 2012].

U nekim slučajevima, bioaktivnost eteričnih ulja usko je povezana s aktivnošću glavnih komponenti ulja. Na primjer, izvrsno antifungalno djelovanje ulja vrsta *Origanum* i *Thymus* pripisuje se karvakrolu i timolu [Begum et al., 2008; Abdolahi i sur., 2010.; Amini i sur., 2012.] dok je visoka antifungalna aktivnost *Syzygium aromaticum* i *Ocimum gratissimum* pripisuje se eugenolu [El-Zemity i Ahmed 2005; Piyo i sur., 2009].

U mnogim slučajevima, antimikrobna aktivnost proizlazi iz složene interakcije između različitih spojeva kao što su esteri, eteri, fenoli, aldehidi, alkoholi i ketoni [Burt, 2004]. Ove interakcije među spojevima mogu dovesti do antagonističkih, aditivnih ili



sinergističkih učinaka . U skladu s rezultatima nekih prijašnjih studija, cjelovita eterična ulja imaju jače antifungalno djelovanje od svoje glavne komponente ili mješavine nekoliko glavnih komponenti. Ove činjenice upućuju na pretpostavku da su sporedne komponente iznimno važne za sinergijski učinak komponenti. Perez-Sanchez i sur. (2007.) primijetili su da je fungistatski učinak eteričnih ulja *Thymus zygis* posljedica sinergističkog učinka između manjih spojeva kao što su 3-oktanol i α -terpinen, a ne visoke koncentracije spojeva kao što su timol ili karvakrol.

Štoviše, gljivama je vrlo teško razviti otpornost na mješavinu komponenti ulja s različitim mehanizmima antimikrobnog djelovanja [Daferera i sur., 2003.].

Antifungalna aktivnost eteričnih ulja ovisi o primijenjenoj količini ulja i vrsti ciljanog patogena. Ćosić i sur. (2010.) proučavali su učinak jedanaest eteričnih ulja (klinčića, ružmarina, lista cimeta, kadulje, bora, gorke naranče, metvice, anisa, kumina, lavande, majčine dušice) na rast micelija dvanaest fitopatogenih gljiva (*Fusarium graminearum*, *Fusarium verticillioides*, *Fusarium subglutinans*, *Fusarium oxysporum*, *Fusarium avenaceum*, *Diaporthe helianthi*, *Diaporthe caulivora*, *Diaporthe longicolla*, *Phomopsis viticola*, *Helminthosporium sativum*, *Colletotrichum coccodes* i *Thanatephorus cucumeris*) . Sva ova eterična ulja pokazala su inhibitorni učinak na neke ili sve proučavane gljive, osim eteričnih ulja bora i gorke naranče. Najbolji antifungalni učinak imala su eterična ulja timijana, lista cimeta, klinčića i anisa.

Rhizoctonia solani je puno osjetljivija ($EC_{50} = 0,057 - 0,486$) na *Thymus zygis* ssp. *sylvestris* i *Thymus zygis* ssp. *gracilis* ulja nego *Fusarium oxysporum* ($EC_{50} = 0,092 - 0,630$) i *Colletotrichum acutatum* ($EC_{50} = 0,110 - 0,756$) [Perez-Sanchez i sur., 2007.]. Eterično ulje *Pimpinella anisum* također je postiglo različite stupnjeve inhibicije protiv tri patogene gljivice (Özcan i Chalchat 2006). Bio je najučinkovitiji protiv *Aspergillus parasiticus* , zatim *Aspergillus niger* i *Alternaria alternata* .

Elshafie i sur. (2015) ispitali su antifungalno djelovanje eteričnih ulja *Thymus vulgaris* i *Verbena officinalis* u *in vivo* uvjetima u različitim količinama protiv *Monilinia laxa* , *Monilinia fructigena* i *Monilinia fructicola* . Najveće primijenjene količine eteričnih ulja verbene (1000 ppm) i majčine dušice (500 ppm) značajno su smanjile promjer lezija, dok su manje količine eteričnih ulja verbene (500 ppm) i majčine dušice (250 ppm) imale slabiji učinak.



Iako brojni autori tvrde da je antifungalno djelovanje eteričnih ulja zadovoljavajuće u *in vivo* uvjetima, postoje brojni ograničavajući čimbenici za njihovu primjenu u zaštiti bilja tijekom vegetacije ili tijekom skladištenja. Upotreba eteričnih ulja je ograničena jer su potrebne visoke količine ili koncentracije da bi se postigla dovoljna antifungalna aktivnost. Osim toga, antifungalna aktivnost eteričnih ulja ovisi o pH [Juven i sur., 1994], temperaturi i aktivnosti vode [Veluti i sur., 2004].

U kontekstu primjene eteričnih ulja za tretiranje sjemena, eterična ulja se mogu izravno koristiti za suzbijanje rasta fitopatogenih gljivica ili za kontrolu stvaranja i nakupljanja mikotoksina. Način primjene je isparavanjem ili direktnim tretiranjem sjemena, a koncentracije su različite i još su predmet istraživanja. Također, do danas se ne zna dovoljno o mehanizmu antifungalnog djelovanja eteričnih ulja. Moguće je da su terpenoidi i fenoli, kao glavne komponente eteričnih ulja, odgovorni za antifungalni učinak eteričnih ulja. Zbog svoje lipofilne prirode i niske molekularne težine, terpenoidi i fenoli mogu uzrokovati strukturalna i funkcionalna oštećenja patogenih stanica narušavanjem propusnosti membrane i osmotske ravnoteže patogenih stanica [Kalagatur i sur., 2015.; Prakash i sur., 2015.; Grata, 2016.].

Marín i sur. (2004.) ispitivali su učinak eteričnih ulja cimeta, klinčića, origana, limunske trave i palmarose na smanjenje nakupljanja mikotoksina deoksinivalenola (DON) i zearalenona (ZEA) u zrnju kukuruza. Ulje klinčića pokazalo je najbolje rezultate u smanjenju nakupljanja oba mikotoksina.

Eterična ulja korištena u studiji Perczak et al. (2019) inhibirali su rast micelija *Fusarium culmorum* i *Fusarium graminearum* te smanjili koncentraciju mikotoksina zearalenona i trihotecena skupine B (DON, 3- i 15-acetildeoksinivalenol, nivalenol i fusarenon X) u sjemenu pšenice. Najveću protugljivičnu aktivnost pokazala su eterična ulja cimeta, origana i palmarose. *F. culmorum* pokazala je veću osjetljivost na ulja origana, cimeta i verbene, dok je *F. graminearum* bila osjetljivija na ulja origana i cimeta.

Moumni i sur. (2021.) koristili su sedam eteričnih ulja u istraživanju u kojemu su ispitivali *in vitro* utjecaj na rast micelija glavnih uzročnika bolesti tikve koje se prenose sjemenom. Eterično ulje *Cymbopogon citratus* potpuno je inhibiralo rast micelija gljiva *Stagonosporopsis cucurbitacearum* i *Alternaria alternate* pri 0,6 odnosno



0,9 mg/mL. Eterična ulja *Lavandula dentata*, *Lavandula hybrida*, *Melaleuca alternifolia*, *Laurus nobilis* i dva *Origanum majorana* inhibirala su rast *A. alternata* za 54%, 71%, 68%, 36%, 90%, odnosno 74%.

Neka eterična ulja također mogu djelovati stimulativno na rast micelija nekih fitopatogenih gljiva u *in vitro* uvjetima [Ćosić i sur., 2010.], ali mogu biti i učinkovitija u kombinaciji protiv fitopatogenih gljiva nego kada se koriste pojedinačno zbog svog sinergijskog djelovanja. učinak [Nikkhah et al., 2017].

Protugljivično djelovanje eteričnih ulja ovisi o načinu primjene. Eterična ulja koja se sastoje od velikih fenolnih spojeva kao što su timol i eugenol imaju bolji učinak kada se primjenjuju izravno. Nasuprot tome, eterična ulja s nefenolnim hlapljivim spojevima (npr. citral i limonen) najbolje djeluju kada je gljiva izložena parama eteričnog ulja [Suhr i Nielsen, 2003].

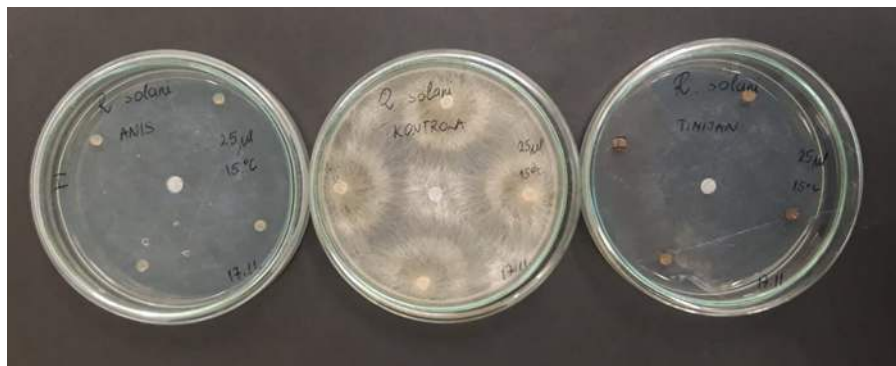
Budući da je molekula timola manja i brže isparava od molekule eugenola, spoj timol iz eteričnog ulja majčine dušice imao je bolji učinak na inhibiciju rasta tijekom isparavanja nego eugenol iz ulja cimeta i klinčića, iako su oba spoja fenoli [Suhr i Nielsen, 2003.].

Prema Suhr i Niensenu (2003), metoda izravne primjene (kontaktno djelovanje) deset eteričnih ulja pokazala je slab inhibicijski učinak svih ulja na različite patogene plijesni (*Asperigillus* sp., *Penicillium* sp.) dok su ulja pokazala dobar inhibicijski učinak kod metoda isparavanja.

5.2. Mogućnosti primjene eteričnih ulja protiv fitopatogenih gljiva

U istraživanju utjecaja dvanaest eteričnih ulja na rast micelija fitopatogene gljive *Rhizoctonia solani* (na tri temperature 15, 20 i 30°C i količina 25 µL) utvrđena je potpuna inhibicija rasta micelija gljive *R. solani* kada je anis, primijenjena su ulja čajevca i majčine dušice (za sve temperature) i neovisno o danima inkubacije [Ereš, 2022.]. Najslabiji antifungalni učinak imalo je ulje slatke naranče, zatim ulje klinčića, bora, čempresa i eukaliptusa.

Učinak ulja timijana i anisa u usporedbi s kontrolom na 15 °C prikazan je na slici 5.3, a usporedba učinaka eteričnih ulja na rast micelija prema temperaturi osmog dana nakon inokulacije prikazana je u tablici 5.1.



Slika 5.3. Utjecaj eteričnog ulja anisa i majčine dušice u odnosu na kontrolu
(4. dan nakon inokulacije na 15°C)

Tablica 5.1. Usporedba utjecaja eteričnih ulja na rast micelija *R. solani* ovisno o temperaturi osmog dana.

ULJE	15 °C	20 °C	30 °C	LSD 0,05 0,01
ANIS	30	30	30	0,00 0,00
BOR	0	0	3.33	6.99 10.09
KORA CIMETA	30	18.33	30	18.50 28.02
CITRONELA	30	20.58	30	9.46 14.33
ČAJEVAC	30	30	29.25	1.04 1.58
ČEMPRES	0	0	13.33	8.57 12.98
EUKALIPTUS	17.92	0	2.08	18.38 27.84
ČEŠANJ	0	0	0	0,00 0,00
LAVANDA	30	0	27	3.33 5.04



NARANČASTO SLATKO	0	0	0	0,00 0,00
RUŽMARIN	4.83	0	30	9.66 14.63
TIMIJAN	30	30	30	0,00 0,00

Različita eterična ulja, uključujući anis, majčinu dušicu, kumin, paprenu metvicu, lavandu, kadulju, matičnjak, ružmarin, mirtu, list cimeta, bosiljak, bijeli bor, eukaliptus, cedar, bergamot, mandarinu, čempres, pačuli, đumbir, gorku naranču, sandalovinu , i kamfor, imaju različite učinke na rast gljive sive plijesni *Botrytis cinerea* . Ulja su primijenjena u tri različite količine (3, 5 i 7 μ l), a mjerenja su obavljena treći i deveti dan.

Prema tablici 5.2 , sva ulja, osim ulja gorke naranče, sandalovine i kamfora, pokazala su određenu razinu antifungalnog djelovanja. Ulje timijana i anisa pokazalo je najjače antifungalno djelovanje u usporedbi s vodenom kontrolom. Nasuprot tome, utvrđeno je da ulja gorke naranče, sandalovine i kamfora potiču rast gljive *B. cinerea* [Grgić i sur., 2016.].

Tablica 5.2. Zona inhibicije (mm) u prvom mjerenju, 3 dana nakon inokulacije.

Ulje	Količina ulja		
	3 μ l	5 μ l	7 μ l
<i>Carum carvi</i>	30,87 \pm 0,31 a ^{AB}	32,63 \pm 0,13 a ^A	32,75 \pm 0,14 a ^A
<i>Cedrus atlantica</i>	10,63 \pm 4,01 e ^F	13,38 \pm 1,07 d ^{DE}	15,25 \pm 1,45 fg ^{EF}
<i>Cinnamomum camphora</i>	0,38 \pm 0,24 g ^I	4,75 \pm 0,95 f ^F	3,88 \pm 1,07 jk ^{HI}
<i>Cinnamomum verum</i>	17,00 \pm 0,29 d ^D	18,88 \pm 0,24 c ^C	18,75 \pm 1,01 de ^D
<i>Citrus aurantium</i>	4,13 \pm 0,43 f ^{HI}	2,88 \pm 0,13 f ^F	2,63 \pm 0,24 k ^I
<i>Citrus bergamija</i>	10,25 \pm 1,03 e ^F	18,00 \pm 1,06 c ^C	18,13 \pm 1,60 de ^{DE}
<i>Citrus reticulata</i>	9,63 \pm 0,47 e ^F	10,00 \pm 0,61 e ^E	7,25 \pm 1,20 i ^G
<i>Cupressus sempervirens</i>	9,63 \pm 0,66 e ^F	13,00 \pm 2,33 d ^{DE}	16,88 \pm 0,63 efg ^{DE}
<i>Eucalyptus globulus</i>	11,13 \pm 1,07 e ^{EF}	9,88 \pm 1,57 e ^E	15,00 \pm 1,24 g ^{EF}
Kontrola / Control	4,38 \pm 0,24 f ^{HI}	4,63 \pm 0,63 f ^F	4,63 \pm 0,55 jk ^{GHI}
<i>Lavandula officinalis</i>	27,63 \pm 0,72 b ^{PR}	30,63 \pm 0,97 a ^{AB}	28,63 \pm 0,55 st ^{PR}
<i>Melissa officinalis</i>	24,00 \pm 0,89 c ^C	31,88 \pm 0,13 a ^A	31,88 \pm 0,47 ab ^{AB}



<i>Mentha x piperita.</i>	30,50 ± 1,37 ab ^{AB}	32,63 ± 0,13 a ^A	28,25 ± 1,36 c ^C
<i>Myrtus communis</i>	17,75 ± 1,05 d ^D	18,13 ± 2,56 c ^C	17,25 ± 1,20 efg ^{DE}
<i>Ocimum basilicum</i>	16,63 ± 1,01 d ^D	27,00 ± 0,87 b ^B	30,13 ± 0,66 prije Krista ^{ABC}
<i>Pimpinella anisum</i>	32,50 ± 0,00 a ^A	32,13 ± 0,55 a ^A	32,88 ± 0,24 a ^A
<i>Pinus sylvestris</i>	15,13 ± 0,63 d ^{DE}	16,50 ± 1,02 c ^{CD}	20,13 ± 0,83 d ^D
<i>Pogostemon pačuli</i>	9,38 ± 0,68 e ^{FG}	11,38 ± 0,83 d ^{DE}	12,13 ± 0,47 h ^F
<i>Rosmarinus officinalis</i>	17,88 ± 0,66 d ^D	17,88 ± 1,52 c ^C	17,63 ± 0,60 ef ^{DE}
<i>Salvia officinalis</i>	24,38 ± 0,31 c ^C	27,13 ± 0,38 b ^B	28,88 ± 0,90 st · pr
<i>Santalum album</i>	2,63 ± 0,97 fg ^{HI}	3,13 ± 0,43 f ^F	2,50 ± 0,29 k ^I
<i>Thymus vulgaris</i>	31,25 ± 0,43 a ^{AB}	32,63 ± 0,13 a ^A	31,88 ± 0,24 ab ^{AB}
<i>Zingiber officinale</i>	5,50 ± 0,41 f ^{GH}	5,25 ± 0,60 f ^F	6,13 ± 0,55 ij ^{GH}

Za prosječne vrijednosti (usporedba po stupcima) označene istim malim slovom nisu utvrđene statistički značajne razlike na razini značajnosti $P < 0,05$, a za prosječne vrijednosti označene velikim slovom nisu utvrđene statistički značajne razlike na razini značajnosti $P < 0,05$. razina značajnosti $P < 0,01$ LSD test.

Tablica 5.3. Zona inhibicije (mm) u drugom mjerenju 9 dana nakon inokulacije

Ulje	Količina ulja		
	3 μ l	5 μ l	7 μ l
<i>Carum carvi</i>	0,00 ± 0,00c ^B	0,00 ± 0,00d ^D	6,13 ± 0,24e ^E
<i>Cinnamomum verum</i>	0,00 ± 0,00c ^B	1,13 ± 0,66d ^D	0,50 ± 0,50 g ^F
<i>Lavandula officinalis</i>	11,75 ± 0,52b ^A	25,50 ± 3,51b ^B	21,50 ± 1,70c ^C
<i>Mentha x piperita</i>	13,63 ± 0,52ab ^A	16,38 ± 1,97c ^C	13,75 ± 1,33d ^D
<i>Pimpinella anisum</i>	0,00 ± 0,00 c ^B	0,00 ± 0,00d ^D	27,13 ± 0,13b ^B
<i>Rosmarinus officinalis</i>	1,38 ± 0,94c ^B	2,63 ± 1,01d ^D	3,38 ± 1,30f ^{EF}
<i>Thymus vulgaris</i>	18,75 ± 5,39a ^A	32,63 ± 0,13a ^A	31,88 ± 0,24a ^A
<i>Zingiber officinale</i>	1,25 ± 0,72c ^B	1,13 ± 0,72d ^D	2,00 ± 0,61fg ^F

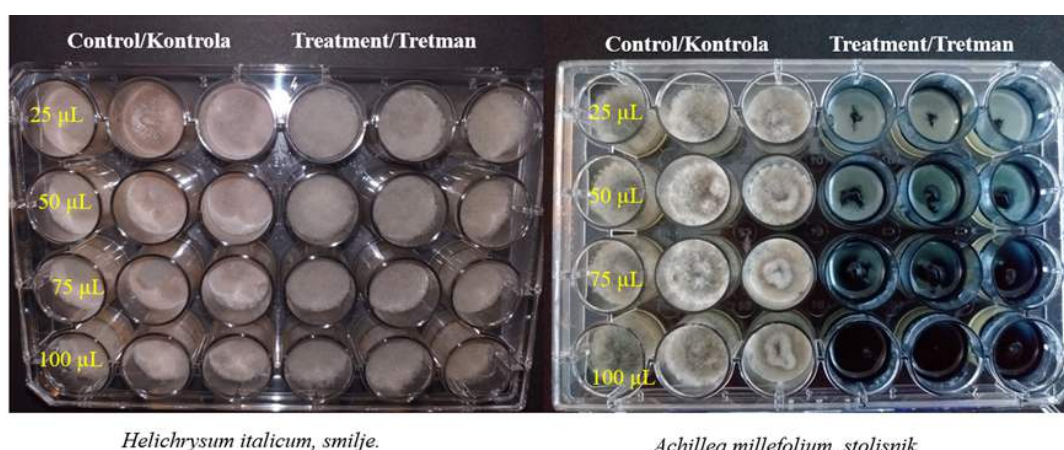
Za prosječne vrijednosti (usporedba po stupcima) označene istim malim slovom nisu utvrđene statistički značajne razlike na razini značajnosti $P < 0,05$, a za prosječne vrijednosti označene velikim slovom nisu utvrđene statistički značajne razlike na razini značajnosti $P < 0,01$ LSD test.

U istraživanju koje su proveli Jelenić i sur. (2020.), znanstvenici su ispitivali utjecaj devet eteričnih ulja dobivenih iz autohtonih hrvatskih biljaka na suzbijanje rasta micelija *Botrytis cinerea* . Ispitivana su eterična ulja *Mentha x piperita* , *Salvia officinalis*



, *Rosmarinus officinalis*, *Lavandula hybrida*, *Origanum compactum*, *Thymus vulgaris*, *Hiperici oleum*, *Achillea millefolium* i *Helichrysum italicum*. Rezultati su pokazali da su ulja *Thymus vulgaris* i *Mentha x piperita* pokazala pozitivan utjecaj na supresiju rasta micelija i kod metode hlapljive i kod makrodilucije. Nadalje, ova su ulja pokazala fungistatski učinak čak i nakon 96 sati u svim ispitivanim koncentracijama.

S druge strane, *Achillea millefolium* i *Hiperici oleum* nisu pokazali supresijske učinke u hlapljivoj metodi, ali su pokazali supresiju rasta micelija u makrodilucijskoj metodi (Slika 5.4 i Tablica 5.4). Eterično ulje *Helichrysum italicum* zapravo je stimuliralo rast micelija *B. cinerea* u obje metode. Ova otkrića sugeriraju da bi eterična ulja mogla poslužiti kao sredstvo za biokontrolu sive plijesni vinove loze, potencijalno zamjenjujući tradicionalne pesticide. Potrebna su daljnja istraživanja kako bi se ispitala učinkovitost eteričnih ulja u kontroli *Botrytis* u uvjetima in vitro i in vivo.



Slika 5.4. Metoda mikrodilucije – *Helichrysum* i *Achillea*.

Tablica 5.4. Utjecaj eteričnih ulja na rast micelija *B. cinerea* – metoda makrodilucije nakon 96 h (0 = supresija rasta, 1 = 25% rasta micelija, 2 = 50% rasta micelija, 3 = 75% rasta micelija, 4 = 100 % rasta micelija).

Eterično ulje/koncentracija	25 µL	50 µL	75 µL	100 µL
H. oleum	1	1	0	0
A. millefolium	0	1	0	0
H. kurziv	4	4	4	4
L. hybrida	0	0	0	0



S. officinalis	0	0	0	0
M. piperita	0	0	0	0
T. vulgaris	0	0	0	0
R. officinalis	3	3	2	0
O. compactum	3	3	1	0

Devet eteričnih ulja (anisa, bora, kore cimeta, citronele, čajevca, čempresa, eukaliptusa, klinčića, lavande) ispitano je in vitro antifungalno djelovanje na dvije zemljišne fitopatogene gljive *Globisporangium ultimum* i *Globisporangium irregular* [Petrić i sur., 2021] . Eterična ulja primijenjena su u tri količine (5, 15 i 30 μ L). Zona inhibicije mjerena je četvrti i osmi dan nakon inokulacije.

Učinkovitost eteričnih ulja varirala je ovisno o primijenjenoj količini i specifičnim vrstama gljiva. Nakon osam dana, ulja klinčića, anisa, kore cimeta i citronele pokazala su najjače antifungalno djelovanje protiv *G. ultimum* (Tablica 5.5), bez obzira na primijenjenu količinu. Međutim, za *G. irregulare* , ulje klinčića pokazalo je najjače antifungalno djelovanje u svim testiranim količinama. S druge strane, ulja bora i čempresa pokazala su najslabiju protugljivičnu aktivnost protiv oba patogena, neovisno o primijenjenoj količini. Ovi rezultati naglašavaju važnost razmatranja specifičnog eteričnog ulja, upotrijebljene količine i ciljanih vrsta gljivica kada se koriste eterična ulja zbog njihovih protugljivičnih svojstava.

Tablica 5.5. Učinak eteričnih ulja na rast micelija *Globisporangium ultimum* (zona inhibicije u mm).

Ulje	5 μ L		15 μ L		30 μ L	
	4. dan	8. dan	4. dan	8. dan	4. dan	8. dan
Lavanda	0	0	30.0	24.0	23.8	18.7
Citronela	13.0	0	25.0	23.0	30.0	30.0
Čajevac	0	0	30.0	18.3	22.4	22.4
Kora cimeta	14.3	0	16.7	15.0	17.6	15.0
Eukaliptus	0	0	0	0	20.7	20.6
Bor	0	0	0	0	0	0
Anis	10.3	0	30.0	18.3	19.4	14.7
Čempres	0	0	0	0	0	0



Co-funded by
the European Union



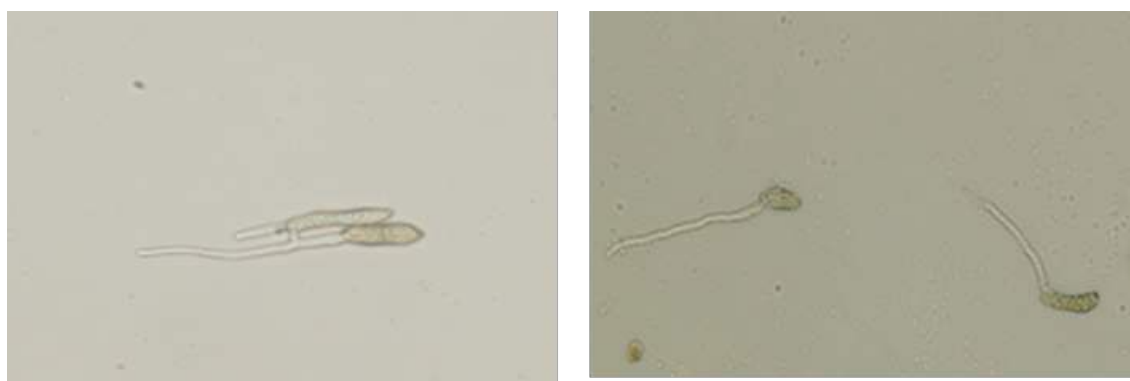
Češanj	16.7	15.0	21.0	18.0	23.4	16.4
Kontrolirati	0	0	0	0	0	0
LSD 0,05	0,26	0,11	0,31	1.17	1.38	1.49

Provedena je in vitro studija kako bi se istražio utjecaj različitih količina dvanaest eteričnih ulja na rast ekonomski značajnih fitopatogenih gljiva, *Fusarium oxysporum* i *Botrytis cinerea* [Palfi et al., 2019]. Antifungalna aktivnost eteričnih ulja uspoređena je s komercijalnim fungicidom.

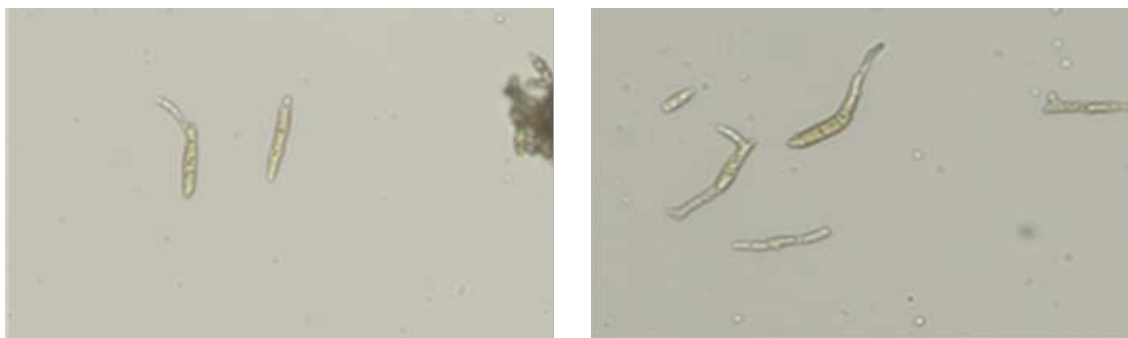
Rezultati su pokazali da se učinkovitost eteričnih ulja u inhibiciji rasta gljivica s vremenom smanjivala i varirala ovisno o specifičnoj fitopatogenoj gljivici i količini primijenjenog eteričnog ulja. Među testiranim eteričnim uljima, ulje majčine dušice pokazalo je najjače antifungalno djelovanje na obje gljivice, s najnižim vrijednostima IC_{50} . S druge strane, eterična ulja eukaliptusa i limuna imala su najslabiji antifungalni učinak, s najvišim vrijednostima IC_{50} .

Određena eterična ulja, kada su primijenjena u određenim količinama, pokazala su usporedive ili čak bolje inhibitorne učinke na rast micelija u usporedbi s testiranim fungicidima.

U sklopu istraživanja o mogućnosti suzbijanja *Passalora fulva* eteričnim uljima, Novak (2012) je istraživao učinkovitost sljedećih ulja: anisa, ružmarina, klinčića, lista cimeta, ljekovite kadulje i majčine dušice. Slike 5.5 i 5.6 prikazuju klijanje konidija zabilježeno na kontroli te u ulju majčine dušice i cimeta. Na slikama je vidljivo da su u kontroli zabilježene značajno duže klicine cijevi nego u uljima.



Slika 5.5. Klijanje konidija u kontroli (autor fotografije A. Novak).



Slika 5.6. Klijanje konidija u ulju majčine dušice i cimeta (autor fotografije A. Novak)

U tablicama 5.6 i 5.7 prikazani su rezultati statističkih podataka dobivenih na temelju duljine klica izmjerene nakon 7 dana za svako ulje u koncentraciji od 1%. Iz podataka je vidljivo da sva ulja daju bolje rezultate u odnosu na kontrolu. Najbolji rezultati zabilježeni su pri korištenju ulja klinčića. U slučaju ostalih ulja nije bilo značajnih statističkih razlika među njima bez obzira na koncentraciju ulja.

Tablica 5.6. Srednje vrijednosti duljine klicine cijevi u uljima u koncentraciji od 1% (10 μ l/1 ml) izmjerene su nakon 7 dana [Novak, 2012].

Ulje	Srednja vrijednost
anis	2,201 c
ružmarin	3,9603 c
češanj	1,1826 c
cimet	5,372 b
ljekovita kadulja	1446 c
timijan	1609 c
Kontrolirati	20,927 a

Tablica 5.7. Analiza varijance za duljinu klica izmjerenu nakon 7 dana između različitih ulja u koncentraciji 1% (10 μ l/1 ml) [Novak, 2012].

Izvori varijabilnosti	n-1	SS	s ²	F _{eksp.}
Ukupno	209	17877,61		
Između ulja	203	8846,912	43,58085	34,53*
ulja	6	9030,703	1505,117	



Neka druga važna otkrića in vitro antifungalnog djelovanja eteričnih ulja sažeta su u tablici 5.8.

Tablica 5.8. Antifungalni učinak nekih eteričnih ulja na fitopatogene gljive.

Provjerene biljke	Vrste fitopatogenih gljiva	Reference
<i>Cestrum nocturnum</i> (noćni jasmnin)	<i>Botrytis cinerea</i> , <i>Colletotrichum capsici</i> , <i>Fusarium oxysporum</i> , <i>F. solani</i> , <i>Phytophthora capsici</i> , <i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	Al-Reza i sur. (2010.)
<i>Cinnamomum verum</i> (<i>C. zeylanicum</i>) (cejlonsko drvo cimeta)	<i>Alternaria alternata</i> , <i>Alternaria sp.</i> , <i>Aspergillus niger</i> , <i>Aspergillus sp.</i> , <i>Botrytis cinerea</i> , <i>Colletotrichum coccodes</i> , <i>C. gloeosporioides</i> , <i>Diaporthe helianthi</i> , <i>D. phaseolorum var. caulivora</i> , <i>Fusarium avenaceum</i> , <i>F. oxysporum</i> , <i>F. fujikuroi</i> , <i>Fusarium oxysporum f.sp. ciceri</i> , <i>F. oxysporum f.sp. lycopersici</i> , <i>F. oxysporum f.sp. melonis</i> , <i>F. oxysporum f.sp. fragariae</i> , <i>F. proliferatum</i> , <i>F. verticillioides</i> , <i>F. culmorum</i> , <i>Helminthosporium sativum</i> , <i>Passalora fulva</i> , <i>Penicillium sp.</i> , <i>Phomopsis longicolla</i> , <i>Phomopsis viticola</i> , <i>Rhizopus sp.</i> , <i>R. stolonifer</i>	Behtoei (2012.), Gupta i sur. (2008.), Siripornvisal i sur. (2009.), Sukatta i sur. (2008.), Velluti i sur. (2003.), Ćosić i sur. (2010.), Novak (2012.), Roselló i sur. (2015.), Park i sur. (2017)
<i>Malaleuca alternifolia</i> (stablo čaja)	<i>Botrytis cinerea</i>	Li et al. (2017.), Shao i sur. (2013)
<i>Origanum compactum</i> , <i>Origanum vulgare</i> (origano)	<i>Botrytis cinerea</i> , <i>Giberella fujikuroi</i> , <i>Fusarium culmorum</i> , <i>F. graminearum</i>	Adebayo i sur. (2013.), Rosello i sur. (2015) Zhao i sur. (2021) Harčárová i sur. (2021)
<i>Foeniculum vulgare</i> (komorač)	<i>Botrytis cinerea</i> , <i>F. oxysporum f.sp. fragariae</i> , <i>Macrophomina phaseolina</i> , <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> , <i>Verticillium fungicola var. fungicola</i>	Soylu i sur. (2007.), Tanović i dr. (2009.), Khaledi i sur. (2014.), Park i sur. (2017.), Pedrotti i dr. (2017.)



<i>Thymus vulgaris</i> (majčina dušica)	<i>Alternaria alternata</i> , <i>Aspergillus niger</i> , <i>A. parasiticus</i> , <i>A. flavus</i> , <i>Botrytis cinerea</i> , <i>Diplodia</i> sp., <i>Cryphonectria parasitica</i> , <i>Colletotrichum coccodes</i> , <i>Diaporthe helianthi</i> , <i>D. phaseolorum</i> var. <i>caulivora</i> , <i>Fusarium avenaceum</i> , <i>F. graminearum</i> , <i>F. oxysporum</i> , <i>F. subglutinans</i> , <i>F. verticillioides</i> , <i>Helminthosporium sativum</i> , <i>Macrophomina phaseolina</i> , <i>Passalora fulva</i> , <i>Phomopsis longicolla</i> , <i>P. viticola</i> , <i>Phytophthora cactorum</i> , <i>Rhizoctonia solani</i> , <i>Pythium aphanidermatum</i> , <i>Rhizopus stolonifer</i> , <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> , <i>Monilinia laxa</i> , <i>M. fructigena</i> , <i>M. fructicola</i>	El-Zemity i Ahmed (2005.), Kim i sur. (2008.), Ćosić i sur. (2010.), Moghtader (2012.), Abdolahi i dr. (2010.), Abdollahi i sur. (2011.), Amini i sur. (2012.), Novak (2012.), Harčárová i sur. (2021.), Elshafie et al. (2015)
<i>Pinus sylvestris</i> (obični bor)	<i>Colletotrichum coccodes</i> , <i>Helminthosporium sativum</i>	Ćosić i sur. (2010.)
<i>Ocimum basilicum</i> (bosiljak)	<i>Alternaria brassicicola</i> , <i>Aspergillus flavus</i> , <i>Bipolaris oryzae</i> , <i>Botrytis cinerea</i> , <i>Fusarium proliferatum</i> , <i>F. verticillioides</i> , <i>F. graminearum</i> , <i>Pyricularia grisea</i>	Piyo i sur. (2009.), Abdolahi i dr. (2010.), Harčárová i sur. (2021)
<i>Salvia officinalis</i> (kadulja)	<i>Cladobotryum</i> sp., <i>Colletotrichum coccodes</i> , <i>Fusarium verticillioides</i> , <i>Helminthosporium sativum</i> , <i>Mycogone perniciosa</i> , <i>Passalora fulva</i> , <i>Verticillium fungicola</i> . var. <i>fungicola</i> , <i>Phomopsis viticola</i>	Tanović i sur. (2009.), Ćosić i sur. (2010.), Novak (2012.)
<i>Carum carvi</i> (kim)	<i>Macrophomina phaseolina</i> , <i>Curvularia lunata</i> , <i>Fusarium equiseti</i> , <i>Alternaria alternata</i> , <i>Botryodiplodia theobromae</i> , <i>Colletotrichum corchori</i>	Begum i sur. (2008)
<i>Illicium verum</i> (zvjezdasti anis)	<i>Aspergillus fumigatus</i> , <i>Aspergillus niger</i>	Alhajj i dr. (2019)
<i>Mentha x piperita</i> (paprena metvica)	<i>Botrytis cinerea</i> , <i>Verticillium dahliae</i>	Tančinova i sur. (2022.), Luković i sur. (2019)
<i>Lavandula angustifolia</i> (lavanda)	<i>Botrytis cinerea</i>	Tančinova i sur. (2022)



<i>Cymbopogon flexuosus</i> (limunska trava)	Botrytis cinerea	Tančinova i sur. (2022)
<i>Eugenia caryophyllus</i> (klinčić)	Fusarium equiseti, F. culmorum, F. poae, F. avenaceum, F. oxysporum f. sp. lycopersici	Gržanka i sur. (2021.), Sharma i sur. (2017)
<i>Sesamum indicum</i> (sezam)	Botrytis cinerea	Samara i dr. (2021)

Literatura

- Abdolahi, A., Hassani, A., Ghosta, Y., Iraj, B., Meshkatalasadat, M.H. (2010). *Study on the potential use of essential oils for decay control and quality preservation of Tabarzeh table grape. Journal of Plant Protection Research*, 50(1): 45-52.
- Abdollahi, A., Hassani, A., Ghosta, Y., Meskhatalasadat, M.H., Shabani, R. (2011). *Screening of antifungal properties of essential oils extracted from sweet basil, fennel, summer savory and thyme against postharvest phytopathogenic fungi. Journal of food safety*, 31: 350-356.
- Adebayo, O., Dang, T., Belenger, A., & Khanizadeh, S. (2013). *Antifungal Studies of Selected Essential Oils and Commercial Formulation against Botrytis cinerea. Journal of Food Research*, 2(1), 217-226.
- Alhajj, M.S., Qasem, M.A.A., Jar El Nabi, A.R., Al-Mufarrej, S.I. (2019). *In-vitro antibacterial and antifungal effects of high levels of star anise. Rev. Bras. Cie. Avic.*, (21(1): 001-008.
- Al-Reza, S.M., Rahman, A., Ahmed, Y., Kang, S.C. (2010). *Inhibition of plant pathogens in vitro and in vivo with essential oil and organic extracts of Cestrum nocturnum L. Pesticide Biochemistry and Physiology*, 96: 86-92.
- Amini, M., Safaie, N., Salmani, M.J., Shams-Bakhsh, M. (2012). *Antifungal activity of three medicinal plant essential oils against some phytopathogenic fungi. Trakia Journal of Sciences*, 10(1): 1-8.
- Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., Idaomar, M. (2008). *Biological effects of essential oils—a review. Food Chem Toxicol.*, 46: 446–475.



- Begum, J., Bhuiyan, M.N.I., Chowdhury, J.U., Hoque, M.N., Anwar, M.N. (2008). *Antimicrobial activity of essential oil from seeds of Carum carvi and its composition. Bangladesh J. Microbiol.*, 25(2): 85-89.
- Behtoei, H., Amini, J., Javadi, T., Sadeghi, A. (2012). *Composition and in vitro antifungal activity of Bunium persicum, Carum copticum and Cinnamomum zeylanicum essential oils. J. Med. Plants Res.* 6(37), 5069-5076.
- Burt, S. (2004). *Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods - a review. Int J Food Microbiol*, 94(3): 223-253.
- Ćosić, J, Vrandečić, K, Poštić, J, Jurković, D, Ravlić, M. (2010). *In vitro antifungal activity of essential oils on growth of phytopathogenic fungi. Poljoprivreda*, 16(2): 25-28.
- Daferera, D.J., Ziogas, B.N., Polissiou, M.G. (2003). *The effectiveness of plant essential oils on the growth of Botrytis cinerea, Fusarium sp. and Clavibacter michiganensis subsp. michiganensis. Crop protection*, 22: 39-44.
- Dorman, H.J.D., Deans, S.G. (2000). *Antimicrobial agents from plants: Antimicrobial activity of plant volatile oils. J. Appl. Microbiol.*, 88: 308-316.
- Elshafie, H.S., E. Mancini, I., Camele, L., De Martino, De Feo, V. (2015). *In vivo antifungal activity of two essential oils from Mediterranean plants against postharvest brown rot disease of peach fruit. Ind. Crops Prod.*, 66: 11-15.
- El-Zemity, S.R., Ahmed, S.M. (2005). *Antifungal activity of some essential oils and their major chemical constituents against some phytopathogenic fungi. J. Pest. Cont. & Environ. Sci.*, 13(1): 61-72.
- Ereš, H. (2022). *Utjecaj temperature i eteričnih ulja na rast fitopatogene gljive Rhizoctonia solani. Faculty of Agrobiotechnical sciences Osijek, MSc thesis.*
- Grata, K. (2016). *Sensitivity of Fusarium solani isolated from asparagus on essential oils. Ecological Chemistry and Engineering. A*, 23(4).
- Grzanka, M., Sobiech, L., Danielewicz, J., Horoszkiewicz-Janka, J., Skrzypczak, G., Sawinska, Z., Radzikowska, D., Świtek, S. (2021). *Impact of essential oils on the development of pathogens of the Fusarium genus and germination parameters of selected crops. Open chemistry*, 19(1): 884-893.



- Gupta, C., Garg, A. P., Uniyaj, R.C., Kumari, A. (2008). *Comparative analysis of the antimicrobial activity of cinnamon oil and cinnamon extract on some food-borne microbes. African Journal of Microbiology Research* 2(9), 247-251.
- Harčárová, M, Čonková, E, Proškovcová, M, Váczi, P, Marcinčáková, D, Bujňák, L. (2021). *Comparison of antifungal activity of selected essential oils against Fusarium graminearum in vitro. Ann. Agric. Environ. Med.*, 28(3): 414–418.
- Holley, R.A., Patel, D. (2005). *Improvement in shelf-life and safety of perishable foods by plant essential oils and smoke antimicrobials. Food Microbiol.*, 22: 273-292.
- Hyldgaard, M., Mygind, T., Meyer, R.L. (2012). *Essential oils in food preservation: mode of action, synergies and interactions with food matrix components. Frontiers in Microbiology*, 3(12): 1-24.
- Jelenić, J., Ilić, J., Ćosić, J., Vrandečić, K., Velki, M. (2020). *Antifungalno djelovanje eteričnih ulja domicilnoga bilja Hrvatske na uzročnika sive plijesni (Botrytis cinerea) s vinove loze. Poljoprivreda*, 26(2): 58-64.
- Juven, B.J., Kanner, J., Schved, F., Weisslowicz, H. (1994). *Factors that interact with the antibacterial action of thyme essential oil and its active constituents. J. Appl. Bacteriol.*, 76: 626-631.
- Kalagatur, N. K., Mudili, V., Siddaiah, C., Gupta, V. K., Natarajan, G., Sreepathi, M. H., Putcha, V. L. (2015). *Antagonistic activity of Ocimum sanctum L. essential oil on growth and zearalenone production by Fusarium graminearum in maize grains. Frontiers in microbiology*, 6, 892.
- Khaledi, N., Taheri, P., Tarighi, S. (2014). *Antifungal activity of various essential oils against Rhizoctonia solani and Macrophomina phaseolina as major bean pathogens. Journal of Applied Microbiology*, 118, 704-717.
- Kim, J., Lee, Y.S., Lee, S.G., Shin, S.C. (2008). *Fumigant antifungal activity of plant essential oils and components from West Indian bay (Pimenta racemosa) and thyme (Thymus vulgaris) oils against two phytopathogenic fungi. Flavour Frag. J.* 23, 272-277.
- Knobloch, K., Pauli, A., Iberl, N., Wies, N., Weigand, H. (1988). *Mode of action of essential oil components on whole cell of bacteria and fungi in plate test. Bioflavour. Walter de Gruyther, Berlin.*



- Li, Y., Shao, X., Xu, J., Wei, Y., Xu, F., Wang, H. (2017). *Effects and possible mechanism of tea tree oil against Botrytis cinerea and Penicillium expansum in vitro and in vivo test. Canadian Journal of Microbiology*, 63(3), 219-227.
- Luković, J., Todorović, B., Milijašević-Marčić, S., Rekanović, E., Kostić, M., Đurović-Pejčev, R., Potočnik, I. (2019). *Antifungal activity of plant essential oils against Verticillium dahliae Klebahn, the causal agent of Verticillium wilt of pepper. Pestic. Phytomed.*, 34(1): 39-46.
- Marín, S., Velluti, A., Ramos, A. J., Sanchis, V. (2004). *Effect of essential oils on zearalenone and deoxynivalenol production by Fusarium graminearum in non-sterilized maize grain. Food Microbiology*, 21(3), 313-318.
- Moghtader, M., Salari, H., Farahmand, A. (2011). *Evaluation of the antifungal effects of rosemary oil and comparison with synthetic borneol and fungicide on the growth of Aspergillus flavus. Ecology and The Natural Environment*, 3(6), 210-214.
- Moumni, M., Romanazzi, G., Najar, B., Pistelli, L., Amara, H.B., Mezrioui, K., Karous, O., Chaieb, O., Allagui, M.B. (2021). *Antifungal activity and chemical composition of seven essential oils to control the main seedborne fungi of cucurbits. Antibiotics (Basel)*, 10(2): 104.
- Nikkhah, M., Hashemi, M., Habibi Najafi, M. B., Farhoosh, R. (2017). *Synergistic effects of some essential oils against fungal spoilage on pear fruit. Int. J. Food Microbiol.*, 257: 285–294.
- Novak, A. (2012). *Karakterizacija patotipova gljive Passalora fulva (Cooke) U. Braun & Crous uzročnika baršunaste plijesni rajčice u Republici Hrvatskoj. PhD thesis, Faculty of Agriculture in Osijek.*
- Özcan, M.M., Chalchat, J.C. (2006). *Chemical composition and antifungal effect of anise (Pimpinella anisum L.) fruit oil at ripening stage. Annals of Microbiology*, 56(4): 353-358.
- Palfi, M., Konjevoda, P., Vrandečić, K., Čosić, J. (2019). *Antifungal activity of essential oils on mycelial growth of Fusarium oxysporum and Bortytis cinerea. Emirates Journal of Food and Agriculture*, 31 (7): 544-554.



- Park, J. Y., Kim, S. H., Kim, N. H., Lee, S. W., Jeun, S. C., Hong, J. K. (2017). *Differential Inhibitory Activities of Four Plant Essential Oils on In Vitro Growth of Fusarium oxysporum f. sp. fragariae Causing Fusarium Wilt in Strawberry Plants. The Plant Pathology Journal*, 33(6), 582-588.
- Pedrotti, C., Ribeiro, R. T. S., Schwambach, J. (2017). *Control of Postharvest Fungal Rots on Grapes Using Essential Oil of Foeniculum vulgare Mill. Journal of Agricultural Science*, 9(4), 205-216.
- Perczak, A., Gwiazdowska, D., Marchwińska, K., Juś, K., Gwiazdowski, R., Waśkiewicz, A. (2019). *Antifungal activity of selected essential oils against Fusarium culmorum and F. graminearum and their secondary metabolites in wheat seeds. Archives of microbiology*, 201(8), 1085-1097.
- Perez-Sanchez, R., Inflante, F., Galvez, C., Ubera, J.L. (2007). *Fungitoxic Activity Against Phytopathogenic Fungi and the Chemical Composition of Thymus zygis Essential Oils. Food Sci. Tech. Int.*, 13(5): 341-347.
- Petrić, A., Ereš, H., Vrandečić, K., Ćosić, J. (2021). *Utjecaj eteričnih ulja na rast micelija Globisporangium ultimum i Globisporangium irregulare. Fragmenta phytomedica*, 35(7): 27-33.
- Piyo, A., Udomsilp, J., Khang-Khuan, P., Thobunluepop, P. (2009). *Antifungal activity of essential oils from basil (Ocimum basilicum Linn.) and sweet fennel (Ocimum gratissimum Linn.): Alternative strategies to control pathogenic fungi in organic rice. As. J. Ag-Ind., Special Issue*, 2-9.
- Prakash, B., Kedia, A., Mishra, P. K., Dubey, N. K. (2015). *Plant essential oils as food preservatives to control moulds, mycotoxin contamination and oxidative deterioration of agri-food commodities—Potentials and challenges. Food control*, 47, 381-391.
- Roselló, J., Sempere, F., Sanz-Berzosa, I., Chiralt, A., Santamarina, M. P. (2015). *Antifungal activity and potential use of essential oils against Fusarium culmorum and Fusarium verticillioides. Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 18(2), 359-367.
- Samara, R., Qubbaj, T., Scott, I., McDowell, T. (2021). *Effect of plant essential oils on the growth of Botrytis cinerea Pers.: Fr., Penicillium italicum Wehmer, and P. digitatum (Pers.) Sacc., diseases. Journal of Plant Protection Research*, 61(4): 324-336.



Shao, X., Wang, H., Xu, F., Cheng, S. (2013). *Effects and possible mechanisms of tea tree oil vapor treatment on the main disease in postharvest strawberry fruit. Postharvest Biology and Technology*, 77, 94-101.

Sharma, A., Rajendran, S., Srivastava, A., Sharma, S., Kundu, B. (2017). *Antifungal activities of selected essential oils against Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici 1322, with emphasis on Syzygium aromaticum essential oil. J. Biosci. Bioeng.*, 123(3): 308-313.

Sikkema, J., De Bont, J.A.M., Poolman, B. (1995). *Mechanisms of membrane toxicity of hydrocarbons. Microbiol. Rev.*, 59: 201-222.

Siripornvisal, S., Rungprom, W., Sawatdikarn, S. (2009). *Antifungal activity of essential oils derived from some medicinal plants against grey mold (Botrytis cinerea). As. J. Food Ag-Ind.*, 229-233.

Soylu, S., Yigitbas, H., Soyly, E.M., Kurt, S. (2007). *Antifungal effects of essential oils from oregano and fennel on Sclerotinia sclerotiorum. Journal of Applied Microbiology*, 103: 1021-1030.

Suhr, KI, Nielsen, PV (2003). *Antifungal activity of essential oils evaluated by two different application techniques against rye bread spoilage fungi. J. Appl Microbiol.*, 94(4): 665-674.

Sukatta, U., Haruthaithanasan, V., Chantarapanont, W., Dilokkunanant (2008). *Antifungal activity of clove and cinnamon oil and their synergistic against postharvest decay fungi of grape in vitro. Kasetsart J. (Nat. Sci.)*, 42, 169-174.

Tančinova, D., Maškova, Z., Mendelova, A., Foltinova, D., Barkorakova, Z., Medo, J. (2022). *Antifungal activities of essential oils in vapor phase against Botrytis cinerea and their potential to control postharvest strawberry gray mold. Foods*, 11(19): 2945.

Tanović, B., Potočnik, I., Delibasić, G., Ristić, M., Kostić, M., Marković, M. (2009). *In vitro effect of essential oils from aromatic and medicinal plants on mushroom pathogens: Verticillium fungicola var. fungicola, Mycogone perniciosa, and Cladobotryum sp. Arch. Biol. Sci.*, 61(2): 231-237.



Co-funded by
the European Union



- Velluti, A., Sanchis, V., Ramos, A.J., Turon, C., Marin, S. (2004). *Impact of essential oils on growth rate, zearalenone and deoxynivalenol production by Fusarium graminearum under different temperature and water activity conditions in maize grain. Journal of Applied Microbiology*, 96(4): 716–724.
- Velluti, A., Sanchis, V., Ramos, Egido, J., Marin, S. (2003). *Inhibitory effect of cinnamon, clove, lemongrass, oregano and palmarose essential oils on growth and fumonisin B₁ production by Fusarium proliferatum in maize grain. International Journal of Food Microbiology*, 89, 145-154.
- Wilkins, K.M., Board, R.G. (1989). *Natural antimicrobial systems. In: Gould, G.W. (ed.) Mechanisms of Action of Food Preservation Procedures. Elsevier, London*, 285-362.
- Zhao, Y., Yang, Y.H., Ye, M., Wang, K.B., Fan, L.M., Su, F.W. (2021). *Chemical composition and antifungal activity of essential oil from Origanum vulgare against Botrytis cinerea. Food chemistry*, 365(2): 130506.



Poglavlje 6. Agrotehnički uvjeti, uzgoj, berba i skladištenje ljekovitog bilja (Georgeta Pop, Diana Obistioiu)

6.1. Uvod

Agrotehnički preduvjeti, metodologija uzgoja, tehnika berbe i postupci skladištenja sastavne su komponente proizvodnje ljekovitog bilja. Uzgoj i trajno čuvanje primjeraka ljekovitog bilja ovise o spajanju različitih čimbenika i metodologija. Proizvodnja biljnih sirovina uvjetovana je, kako kvantitativno tako i kvalitativno, nizom čimbenika: bioloških, ekoloških, tehnoloških i socioekonomskih [Civitarese et al., 2023].

Tehnologije uzgoja ljekovitog i aromatičnog bilja određene su vrstom i vrstom kulture (jednogodišnja, dvogodišnja i višegodišnja), ubranim biljnim organom (lišće, cvjetovi, korijen i dr.) i područjem uzgoja (za ekološki plastične vrste). veliki [Pecingină, 2020].

Pod zoniranjem usjeva podrazumijeva se uspostavljanje njihovih zona povoljnosti, na temelju sučeljavanja prirodnih uvjeta dotičnog područja s biološkim zahtjevima vrste koja se uzgaja.

Optimiziranje uvjeta rasta i razvoja biljaka vrši se prema biološkim zahtjevima za temperaturu, vodu, svjetlo i tlo.

6.2. Elementi tehnologije uzgoja ljekovitog i aromatičnog bilja

U Rumunjskoj je proizvodnja ljekovitog i aromatičnog bilja regulirana Zakonom br. 491/2003 o ljekovitom i aromatičnom bilju, kao i pčelarskim proizvodima. Biljni materijal može se dobiti iz dva izvora: uzgojem ljekovitog i aromatičnog bilja te berbom tih vrsta iz divljine.

Kvalitetu proizvodnje uzgojenog ljekovitog i aromatičnog bilja određuju sljedeći čimbenici: biološki čimbenici (biološka certifikacija i kakvoća sjemena i sadnog materijala); ekološki čimbenici (tlo i klima); i tehnološki čimbenici (plodored i smještaj usjeva, gnojidba, radovi na tlu, sjetva ili sadnja, radovi na održavanju i žetva) [Muntean et al., 2016].



Biološki faktori. Na sadržaj djelatnih tvari ljekovitog i aromatičnog bilja utječu: nasljedna proizvodnja; zahtjevi kakvoće kultivara; kulturna vrijednost sjemenskog materijala.

Ekološki čimbenici. Osim raznolike i bogate flore, naša zemlja ima široku raznolikost klimatskih i zemljišnih uvjeta. Proizvodnost uzgojenog ljekovitog i aromatičnog bilja i kvaliteta njihove proizvodnje uvjetovana je biološkim čimbenicima (biološka i kulturna vrijednost sadnog materijala); ekološki čimbenici (klima tla, orografija); ekološko zoniranje biljaka i po tehnološkim čimbenicima: plodored, gnojidba, obrada tla, sjetva ili sadnja, obrada tla, žetva i kondicioniranje proizvodnje [Liu i sur., 2015.].

Temperatura. Tijekom ontogeneze, glavni biološki i fiziološki fenomeni (upijanje vode i hranjivih tvari, njihova brzina kretanja, kemijske reakcije, rast i razvoj biljaka) odvijaju se pod optimalnim uvjetima na određenoj temperaturi - 'harmonijski optimum' - koji se razlikuje prema vrsti [Wróbel i sur., 2020.].

Svjetlo. Svjetlost ima posebnu ulogu u životu biljaka. Svjetlom se Sunčeva energija integrira u biljku kao potencijalna energija. Svjetlosnu energiju apsorbira klorofil, koji procesom fotosinteze pretvara ugljikov dioksid uzet iz lišća u monosaharide [Kubica i sur., 2020.].

Glavni tehnološki koraci u uzgoju ljekovitog i aromatičnog bilja su:

- **Plodored**
- **Gnojidba**
- **Tlo radi**
- **Biološki materijal (sjeme i sadni materijal)**
- **Radovi na održavanju (suzbijanje korova, bolesti i štetočina te navodnjavanje)**
- **Berba i kondicioniranje**

U razvoju tehnologije uzgoja ljekovitog i aromatičnog bilja oslanjamo se na poznavanje agrotehničkih i fitosanitarnih mjera kako bismo osigurali učinkovitu i kvalitetnu ekonomičnu proizvodnju.



Plodored

Bitnu ulogu u pravilnom zoniranju ljekovitog bilja ima zasnivanje usjeva u plodoredu i njihov ophod koji predstavlja redoslijed (sukcesiju) uzgoja biljaka kroz vrijeme na istoj zemljišnoj površini. Pridržavanje plodoreda je vrlo važno za prekid biološkog ciklusa i širenja štetnika i bolesti. Uzima u obzir trajanje vegetacijskog ciklusa (jednogodišnji, dvogodišnji i višegodišnji usjevi), razdoblje sjetve ili sadnje (proljeće, ljeto ili jesen) te organ ili dio usjeva koji se koristi.

Prethodno postrojenje mora ispunjavati određene uvjete iz perspektive rotacije, kao što su:

- Ljekovite i aromatične biljke sa sitnim sjemenkama i sporim rastom u ranoj vegetacijskoj fazi treba uzgajati nakon biljaka koje ostavljaju zemljište vrlo čisto od korova.
- Sadrže optimalne količine hranjivih tvari.
- Rano oslobodite zemlju za dobru pripremu tla do sjetve ili sadnje, dok se višegodišnje biljke uzgajaju izvan plodoreda.

Vrste iz iste botaničke obitelji kao i prethodne biljke se ne preporučuju zbog uobičajenih bolesti i štetnika.

Gnojdba

Na rast i razvoj biljaka utječe primjena gnojiva. Osiguravanje hranjiva potrebno je ovisno o stadijima rasta biljaka kako bi se potaknuo uravnotežen rast vegetativne mase sa sadržajem aktivnih tvari. U racionalnoj gnojidbi uvažavamo: postojeće zalihe hranjiva u tlu i osiguranje optimalnog omjera hranjiva na temelju specifične potrošnje pojedine vrste. Specifične studije potrošnje hranjivih tvari pokazuju da vrste koje se uzgajaju za herba ili folia zahtijevaju više dušika, one za flores et fructus zahtijevaju više fosfora, a one za radix et rhizoma zahtijevaju više kalija. Rezultati istraživanja ističu doprinos mikroelemenata u povećanju proizvodnje biljne mase i kvaliteti aktivnih tvari.



Radovi na tlu

Tlo je važno zbog svojih karakteristika: teksture, strukture, otopine tla, reakcije tla i sposobnosti puferiranja.

Tekstura tla, odnosno granulometrijski sastav tla, utječe na razvoj i apsorpcijsku sposobnost korijenskog sustava, kruženje vode, zadržavanje iona hranjivih tvari, kapacitet kationske izmjene, mikrobiološku aktivnost itd.

Struktura tla vrlo je bitan čimbenik plodnosti tla koji utječe na izmjenu plinova, toplinski režim, kruženje vode i način grupiranja elementarnih čestica u strukturne agregate. Struktura i tekstura tla nedostaci su za koje biljke imaju određene zahtjeve: vrste s niskim i vrlo niskim zametanjem sjemena siju se plitko, au tlu mora biti osiguran povoljan omjer vodno-zračnog režima i dovoljna opskrbljenost hranjivima [Liu i sur., 2021.].

Zemljišni radovi obuhvaćaju radnje koje se izvode različitim strojevima i uređajima na tlu, a imaju za cilj rahljenje, razbijanje, izravnavanje tla, unošenje gnojiva i dopuna te preventivnim metodama suzbijanje korova, bolesti i štetnika u usjevima ljekovitog i aromatičnog bilja. Ti se radovi provode drugačije za svaku vrstu.

Značajan doprinos zemljišnih radova je što će sjetva ili sadnja biti obavljena u odgovarajućim uvjetima, a biljke će imati optimalne uvjete za rast i razvoj, što će rezultirati dobrom i kvalitetnom žetvom.

Biološki materijal (sjeme i sadni materijal)

Mora zadovoljiti standarde u pogledu klijavosti, čistoće, botaničkog sastava i sanitarnog statusa. Trebao bi potjecati iz prethodne žetve, jer se sposobnost klijanja brzo gubi. Količina sjemena se određuje na temelju gustoće usjeva, mase tisuću sjemenki (TSW), čistoće i klijavosti sjemena. Za razmnožavanje sadnicama ili reznicama moraju se zadovoljiti indeksi kvalitete, osiguravajući da su zdrave, poštujući specifične udaljenosti, gustoću i dubinu sadnje usjeva. Navodnjavanje odmah nakon presađivanja bitno je za uspješan opstanak biljke.

Voda utječe na količinu i kvalitetu biljne proizvodnje, u smislu da se apsolutno svi vitalni biokemijski i fiziološki procesi koji se odvijaju u biljnom tijelu odvijaju u prisutnosti vode. Važnost vode nalazi se u: (i) oblikuje otopinu tla; (ii) prenosi mineralne

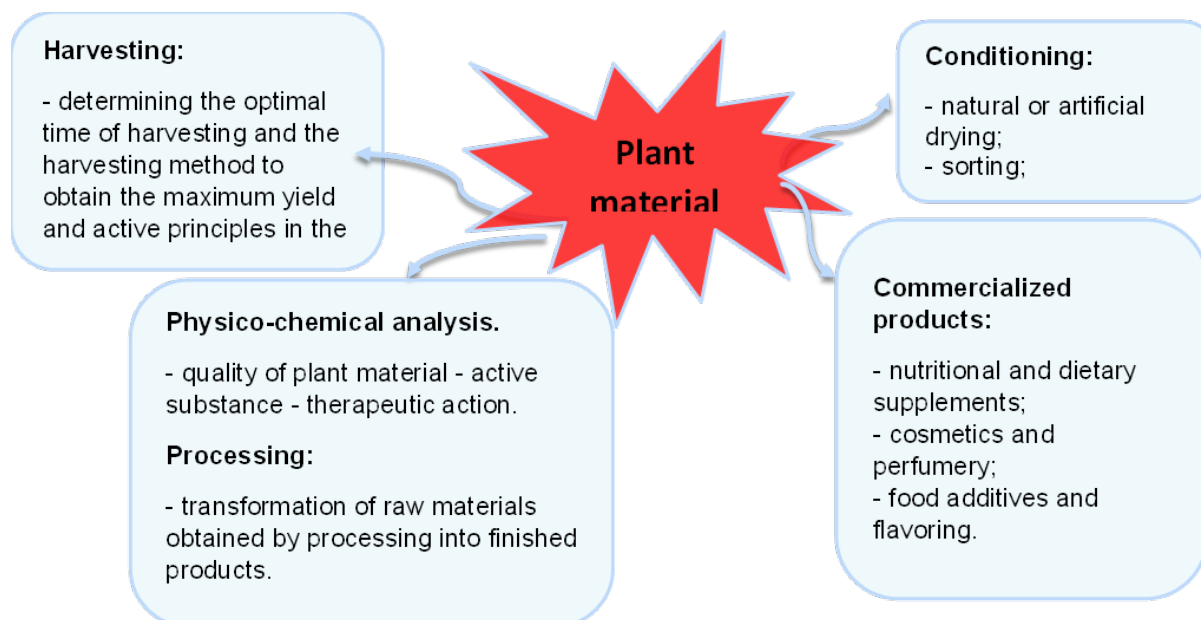


i sintetičke tvari u biljku; (iii) zbog svojih komponenti - kisika i vodika - u jednakom omjeru s ugljikovim dioksidom sudjeluje u procesu asimilacije klorofila (sinteza organske tvari); (iv) je medij reakcija oksidacije i redukcije; (v) olakšava apsorpciju i cirkulaciju kroz krvne žile; (vi) održava staničnu napetost; (vii) oslobađa ili apsorbira energiju i regulira temperaturu tkiva kroz transpiraciju i isparavanje [Herzog et al., 2021].

Radovi na održavanju

Suzbijanje korova postiže se nizom mjera koje objedinjuju preventivne, kurativne i biološke mjere.

Na slici 6.1 prikazani su koraci za osiguranje kvalitete biljnog materijala i održavanje aktivnih principa kako bi se osigurala visokokvalitetna sirovina. Za terapijsku primjenu biljnog materijala važne su dvije faze: optimalan trenutak žetve i način žetve, koji osigurava sadržaj aktivnih tvari u dijelovima biljke koji se koriste.



Slika 6.1. Tijek operacija u procesu dobivanja biljnog materijala.

Mora se odabrati optimalni trenutak žetve kako bi biljni materijal sadržavao maksimalnu količinu aktivnih sastojaka; pravila su vrlo stroga, eventualno izražena kalendarom, godišnjim dobima, pa čak i mjesecom, fenofazom vegetacije ili čak



određenim dobom dana za berbu. Za trenutak žetve odlučujući su meteorološki uvjeti koji utječu na početak žetve. Općenito, ljekovito i aromatično bilje treba brati po suhom vremenu, ujutro nakon što se digne rosa ili poslijepodne do zalaska sunca. Ljekovite biljke koje sadrže hlapljiva ulja treba brati posebno ujutro prije izlaska sunca.

Metoda žetve odnosi se na samu radnju žetve, koja može biti mehanička ili ručna, s ciljem očuvanja maksimalne količine aktivnih sastojaka u sakupljenom materijalu. Nadalje, radi zaštite ljekovitog i aromatičnog bilja i osiguranja opstanka vrste, potrebno je pridržavati se posebnih važnih pravila za žetvu višegodišnjih vrsta za naredne godine. Berba se obavlja različito ovisno o vrsti, dijelu biljke koji se koristi i godišnjem dobu.

6.3. Žetva, prinos i prerada

Berba ljekovitih i aromatičnih usjeva kritičan je korak u procesu uzgoja kako bi se osiguralo da su biljke na vrhuncu moći i da su eterična ulja i ljekoviti spojevi sačuvani. Vrijeme i tehnike berbe mogu varirati ovisno o biljnoj vrsti i dijelu biljke koji se sakuplja (npr. lišće, cvijeće, korijenje, sjeme).

Vrijeme žetve može varirati ovisno o vrsti i dijelu biljke koji se bere. Općenito, bilje se bere kada je u punom cvatu, ali prije nego što počne postavljati sjeme, jer je tada sadržaj eteričnog ulja često najveći. Oštri alati poput rezilica i škara koriste se kako bi se smanjila šteta tijekom berbe. Berba se obično obavlja u sušnim uvjetima jer mokre biljke mogu pljesniviti ili istrunuti tijekom procesa sušenja.

Prerada ljekovitih i aromatičnih usjeva kritičan je korak za ekstrakciju, očuvanje i pripremu vrijednih spojeva unutar ovih biljaka za različite namjene, uključujući biljne lijekove, eterična ulja, čajeve, kulinarske primjene i još mnogo toga. Specifične metode prerade mogu uvelike varirati ovisno o biljnoj vrsti i željenom krajnjem proizvodu [Vasanthkumar et al., 2023].

Nakon obrade, osušeni ili prerađeni materijali trebaju biti pohranjeni u hermetički zatvorenim spremnicima, daleko od izravnog svjetla, vlage i temperaturnih oscilacija.

Ukratko, uspješan uzgoj ljekovitog bilja zahtijeva pažljivo promišljanje agrotehničkih parametara, uključujući svojstva tla, klimatske uvjete i izloženost suncu. Implementacija odgovarajućih tehnika uzgoja, uključujući promišljen odabir sjemena,



Co-funded by
the European Union



organske metodologije i vješte strategije kontrole štetočina, stoji kao ključna odrednica vitalnosti biljke. Pravovremena berba, popraćena razboritim tehnikama sušenja i prerade, služi za očuvanje ljekovitih svojstava. Nadalje, marljive prakse skladištenja, zajedno s preciznim označavanjem, imperativ su za održavanje kvalitete ljekovitog bilja, čime se zadovoljava niz primjena, uključujući biljne lijekove i farmaceutske proizvode.

Nedavni napredak u ljekovitim i aromatičnim usjevima mijenja način na koji promatramo i koristimo te biljke. Ove inovacije uključuju održivi uzgoj, genetsko poboljšanje i istraživanje njihovih ljekovitih svojstava. Budući da svijet daje prioritet održivosti i zdravlju, ovi su usjevi spremni igrati ključnu ulogu u raznim industrijama, uključujući poljoprivredu i medicinu.

Budućnost ima velika obećanja za ove svestrane i vrijedne biljke, s preciznim uzgojem i genomskim istraživanjem koji otvaraju nove mogućnosti u zdravstvu, poljoprivredi i svijetu kulinarstva.

Literatura

***<https://www.madr.ro/> Law No. 491/2003 regarding Medicinal and Aromatic Plants/
Civitarese, V., Acampora, A., Sperandio, G., Bassotti, B., Latterini, F., Picchio, R. (2023). *A Comparison of the Qualitative Characteristics of Pellets Made from Different Types of Raw Materials*. *Forests*, 14(10), 2025.

Herzog, J., Wendel, R., Weidler, P.G., Wilhelm, M., Rosenberg, P., Henning, F. (2021). *Moisture Adsorption and Desorption Behavior of Raw Materials for the T-RTM Process*. *Journal of Composites Science*, 5(1), 12.

Kubica, P., Szopa, A., Prokopiuk, B., Komsta, Ł., Pawłowska, B., Ekiert, H. (2020). *The influence of light quality on the production of bioactive metabolites - verbascoside, isoverbascoside and phenolic acids and the content of photosynthetic pigments in biomass of Verbena officinalis L. cultured in vitro*. *J Photochem Photobiol B.*, 203, 111768.

Muntean, L.S., et al. (2016). *Tratat de plante medicinale cultivate si spontane*. Ed. Risoprint, Cluj-Napoca.



Co-funded by
the European Union



Liu, S., Qin, T., Dong, B., Shi, X., Lv, Z., Zhang, G. (2021). *The Influence of Climate, Soil Properties and Vegetation on Soil Nitrogen in Sloping Farmland. Sustainability*, 13(3), 1480.

Liu, W., Liu, J., Yin, D., Zhao, X. (2015). *Influence of ecological factors on the production of active substances in the anti-cancer plant Sinopodophyllum hexandrum (Royle) T.S. Ying. PLoS One*, 10(4), e0122981.

Pecingină, I.R. (2020). *Aspects regarding the cultivation and use of aromatic plants in food. Annals of the „Constantin Brancusi” University of Targu Jiu, Engineering Series*, 4.

Vasanthkumar, S.S., Pooja, U.K., Priya, L., Kumaresan, M., Rubika, R., Gowshika, R. (2023). *Recent advances in medicinal and aromatic crops. Horticulture Science*, 2. ISBN 978-81-19821-12-9.

Wróbel, M., Jewiarz, M., Mudryk, K., Knapczyk, A. (2020). *Influence of Raw Material Drying Temperature on the Scots Pine (Pinus sylvestris L.) Biomass Agglomeration Process—A Preliminary Study. Energies*, 13(7), 1809.



Poglavlje 7. Ljekovite biljke s dokazanom učinkovitošću protiv sojeva medicinskih patogenih bakterija (Diana Obistioiu, Pop Georgeta, Daniela Voica, Dana Avram)

Tijekom povijesti, ljekovita flora se dugo koristila za ublažavanje različitih medicinskih bolesti, a podskup ovih botaničkih vrsta pokazao je empirijski potvrđenu učinkovitost protiv patogenih bakterijskih sojeva. Korištenje ljekovitih biljaka koje posjeduju antibakterijska svojstva postalo je relevantno u svjetlu sve većeg izazova koji predstavlja otpornost na antibiotike, što je ubrzalo istraživanje alternativnih terapijskih modaliteta.

Biljke i drugi prirodni izvori mogu osigurati mnoge strukturno raznolike i složene spojeve. Biljni ekstrakti i eterična ulja s antifungalnim, antibakterijskim i antivirusnim svojstvima analizirani su diljem svijeta kao potencijalni izvori novih antimikrobnih spojeva, konzervansa za hranu i alternativnih tretmana zaraznih bolesti.

Eteričnim uljima se pripisuju antiseptička, antibakterijska, antivirusna, antioksidativna, antiparazitska, antigljivična i insekticidna svojstva. Eterična ulja (EO) stoga mogu biti moćno sredstvo za borbu protiv rezistentnih mikroorganizama [Chouhan et al., 2017 .; Duque-Soto i sur., 2023]. Iako su pionirski radovi razjasnili mehanizme djelovanja nekoliko komponenti u prošlosti, još uvijek nedostaju detaljna znanja o mehanizmima djelovanja velike većine spojeva [Chouhan et al., 2017].

U bliskoj budućnosti bit će sto godina otkako je Alexander Fleming otkrio penicilin. Od tog vremena, antibiotici su pokazali neprocjenjivu vrijednost u smislu mentalnih i materijalnih koristi, igrajući ključnu ulogu u spašavanju nebrojenih života. Međutim, početak ere antibiotika bio je popraćen pojavom nove prijetnje, odnosno otpornosti na antibiotike. Ovo je trenutno doseglo točku u kojoj je uspješno dovršenje stote obljetnice antibiotske ere ograničeno [Rahman i Sarker, 2020.].

Trenutna uloga znanstvenika diljem svijeta je da se pozabave izazovom otkrivanja novih izvora učinkovitih antimikrobnih lijekova ili da ih dizajniraju i sintetiziraju. Ljekovite biljke su kroz povijest bile vrijedan izvor molekula s terapijskim potencijalom. Narodna medicina u različitim civilizacijama povijesno se temeljila na



prirodnim proizvodima, a trenutno su ljekovite biljke i dalje važan izvor za prepoznavanje novih tragova lijekova [Atanasov et al., 2015].

Ljekovite biljke pružaju gotovo neograničene količine bioaktivnih spojeva, a njihova se primjena kao antimikrobnih sredstava koristi na različite načine. Prirodni antimikrobni agensi mogu djelovati samostalno ili zajedno s antibioticima kako bi povećali učinkovitost protiv širokog spektra mikroba [Fazly Bazzaz et al., 2016].

Antimikrobni spojevi dobiveni iz ljekovitih biljaka imaju potencijal za inhibiciju rasta bakterija, gljivica, virusa i protozoa putem mehanizama koji se razlikuju od onih kod trenutno korištenih antimikrobika. Ovo može dati značajnu kliničku vrijednost u liječenju rezistentnih sojeva mikroba. Neki od ovih aktivnih spojeva pokazuju i intrinzično antibakterijsko djelovanje i djelovanje na modificiranje rezistencije na antibiotike. Drugi, iako nisu učinkoviti kao samostalni antibiotici, mogu pomoći u prevladavanju otpornosti na antibiotike u kombinaciji s antibioticima. Kemijska složenost ovih spojeva sugerira obećavajući terapijski potencijal, budući da mogu pokazivati manje nuspojave i smanjenu vjerojatnost razvoja rezistencije u usporedbi sa sintetičkim lijekovima [Ruddaraju i sur., 2020.].

EO (hlapljiva ulja) su aromatične, uljaste tekućine ekstrahirane iz biljaka (lišće, pupoljci, voće, cvijeće, bilje, grane, kora, drvo, korijenje i sjemenke [El Kolli et al., 2016 .; Safaei-Ghomi i Ahd, 2010.]. Posljednjih godina porastao je interes za istraživanjem i razvojem novih antimikrobnih sredstava dobivenih iz različitih izvora za borbu protiv mikrobne rezistencije. kao amikacin [Chouhan i sur., 2017 .; Basavegowda i Baek, 2022.].

Sastav, funkcionalne skupine aktivnih komponenti i njihove sinergističke interakcije određuju antimikrobno djelovanje. Antimikrobni mehanizam djelovanja razlikuje se ovisno o vrsti prirodnog proizvoda ili soju mikroorganizma. Dobro je poznato da su Gram-pozitivne bakterije osjetljivije na djelovanje prirodnih biljnih proizvoda od Gram-negativnih bakterija. To je zato što Gram-negativne bakterije imaju krutu i složeniju vanjsku membranu, bogatu lipopolisaharidima (LPS), čime se ograničava difuzija hidrofobnih spojeva. Nasuprot tome, Gram-pozitivne bakterije okružene su debelim zidom peptidoglikana koji nije dovoljno gust da se odupre malim molekulama antimikrobnih sredstava, čime im se olakšava pristup kroz staničnu



membranu. Zbog lipofilnih ekstremiteta lipoteihoične kiseline u staničnoj membrani, Gram-pozitivne bakterije također mogu olakšati prodiranje hidrofobnih spojeva EO [Chouhan et al., 2017.; Balouiri i sur., 2016.].

Nekoliko je studija pokazalo da se bioaktivne molekule mogu pričvrstiti na površinu stanice i prijeći fosfolipidnu barijeru stanične membrane. Njihovo nakupljanje remeti strukturni integritet stanične membrane, što može biti štetno, mijenjajući metabolizam stanice i uzrokujući smrtnost stanice [Basavegowda i Baek, 2022]. Interakcija između antimikrobnih sredstava u mješavini može imati tri različita ishoda: sinergistički, aditivni ili antagonistički [Chouhan et al., 2017. ; Yang i sur., 2022.; Zhang i sur., 2017.].

Zbog porasta broja bakterija otpornih na antibiotike i nedostatka novih antibiotika na tržištu, potrebno je razviti alternativne strategije za liječenje infekcija uzrokovanih djelovanjem različitih bakterija otpornih na lijekove. Među predloženim strategijama su stvaranje alternativa antibioticima i otkriće ili razvoj pomoćnih sredstava. Kombinacija antibiotika s neantibiotskim lijekovima jedna je od mogućnosti. Antibiotici se također mogu kombinirati s adjuvansima ili antimikrobnim agensima odabranim iz prirodnog rezervoara bioaktivnih spojeva [Balouiri et al., 2016].

Lamiaceae , ili obitelj metvice, obuhvaća 236 *rodova* i preko 7000 vrsta, što je čini najvećom obitelji unutar reda *Lamiales* . Ova porodica je gotovo globalno rasprostranjena, s mnogim vrstama koje se uzgajaju zbog aromatičnih listova i atraktivnih cvjetova. Ljudi posebno cijene *Lamiaceae* zbog *biljaka koje daju okus, miris ili ljekovita svojstva*. Većina članova obitelji su višegodišnje ili jednogodišnje biljke s četvrtastim stabljikama, iako su neki drvenasti grmovi ili podgrmovi. Tipično, listovi su jednostavni, nasuprotno raspoređeni, mirisni i sadrže hlapljiva ulja. Cvjetovi se uglavnom formiraju u grozdovima, s dvije usne, otvorenim ustima, cjevastim vjenčićima (srasle latice) i peterokrakim zvonolikim čaškama (srasli čašični listovi). Plod je obično suhi oraščić [<https://www.britannica.com/plant/Lamiaceae> , pristupljeno 2024.].



Origanum vulgare (origano)

To je aromatična biljka rasprostranjena u Aziji, Europi i sjevernoj Africi. Tradicionalno, origano se koristi za liječenje respiratornih problema, probavnih poremećaja, dermatoloških stanja i raznih drugih upalnih i infektivnih bolesti. Eterična ulja origana pokazala su MIC (minimalne inhibitorne koncentracije) u rasponu od 0,03 do 100 µg/mL protiv *Listeria monocytogenes*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pyogenes*, *Escherichia coli* i *Acinetobacter baumannii* [Thielmann et al., 2019.; Lu i sur., 2018.].

Thymus vulgaris (majčina dušica)

Majčina dušica je aromatični grm porijeklom iz mediteranske regije. Njegovi nadzemni dijelovi tradicionalno se koriste kao antihelmintik, antispazmodik i karminativ kod probavnih smetnji, kao i kod respiratornih problema kao što su kašalj, bronhitis, laringitis i upala grla. Eterična ulja timijana pokazala su minimalne inhibitorne koncentracije (MIC) u rasponu od 512 do 1024 µg/mL protiv *Haemophilus influenzae*, *Staphylococcus aureus* i *Streptococcus pyogenes*. Glavni sastojci eteričnog ulja majčine dušice su monoterpeni spojevi kao što su karvakrol, timol, γ-terpinen i p-cimen, koji djeluju sinergistički i povećavaju njegovu antimikrobnu učinkovitost [Antih i sur., 2021].

Rosmarinus officinalis (ružmarin)

Ružmarin je mediteranski grm koji se uzgaja kao aromatična ukrasna biljka. Lišće ružmarina ima mnogo tradicionalnih namjena koje se temelje na njihovom antibakterijskom, karminativnom, antispazmatskom i koleretskom djelovanju. Također je zabilježeno da liječi infekcije mokraćnog sustava, lišmaniozu, kao i druge mikrobne infekcije i upale. Eterično ulje, dobiveno iz nadzemnih dijelova, pokazalo je MIC u rasponu od 0,3 do 1,72 µg/mL za *Bacillus cereus*, *B. subtilis*, *Bacillus pumilis*, *Salmonella poona*, *S. aureus*, i *E. coli*, te od 7,03 do 450 µg/mL za *L. monocytogenes*, *P. aeruginosa* [Santos i sur., 2017.; Hussain i sur., 2010.]. Limonen, kamfor, eukaliptol, α-pinen, Z-linalool oksid i borneol među glavnim su sastojcima eteričnog ulja ružmarina, spojeva odgovornih za njegovo antibakterijsko djelovanje. Etanolni



ekstrakti ružmarina također su pokazali MIC u rasponu od 4,10 do 8,10 $\mu\text{g/mL}$ protiv *Staphylococcus aureus*, *E. coli* i *Salmonella sp* [Manilal et al., 2021].

Mentha x piperita (paprena metvica)

To je hibrid *Mentha spicata* L. (metvica) i *Mentha aquatica* L. (vodena metvica). *M. x piperita* porijeklom je iz mediteranske regije i uzgaja se diljem svijeta. Tradicionalno se koristio za liječenje širokog spektra bolesti, uključujući iritaciju kože, opekline od sunca, upalu grla, groznicu, bolove u mišićima, začepljenost nosa, probavne smetnje i zarazne bolesti. Eterična ulja dobivena iz paprene metvice pokazala su antimikrobna, antimalarijska i anti giardijalna djelovanja *in vitro*. Pokazali su minimalne inhibitorne koncentracije (MIC) u rasponu od 0,5 do 8 $\mu\text{g/mL}$ protiv *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pneumoniae*, *P. aeruginosa*, *E. coli*, *Salmonella typhi* i *Klebsiella pneumoniae* [Abolfazl et al., 2021]. Monoterpeni poput mentola i mentona odgovorni su za antibakterijsko djelovanje. Studija *in vivo* pokazala je da masti od eteričnog ulja paprene metvice poboljšavaju proces zacjeljivanja na modelu rane zaraženom s *S. aureus* i *P. aeruginosa* [Modarresi i sur., 2019.].

Salvia officinalis L. (kadulja)

Kadulja je aromatična biljka porijeklom iz mediteranskih i bliskoistočnih regija, ali je naturalizirana diljem svijeta. U tradicionalnoj medicini, *S. officinalis* se koristi za liječenje raznih poremećaja, uključujući čireve, giht, reumatizam, upalu, vrtoglavicu, drhtanje, paralizu, proljev i hiperglikemiju. Eterična ulja kadulje pokazala su minimalne inhibitorne koncentracije (MIC) u rasponu od 7,08 do 450 $\mu\text{g/mL}$ protiv *Y. lipolytica*, *L. monocytogenes* i *P. aeruginosa*. Ekstrakti etanola pokazali su MIC od 62,5 $\mu\text{g/mL}$ protiv *Streptococcus pyogenes* [Wijesundara i Rupasinghe, 2019]. Z-linalool oksid, limonen, kamfor, α -pinen i borneol glavni su sastojci odgovorni za antibakterijsko djelovanje eteričnog ulja, dok ružmarinska kiselina, kvercetin, elaginska kiselina, ursolna kiselina, epigalokatehin galat i klorogenska kiselina mogu biti uključeni u antibakterijsko djelovanje alkoholnog ekstrakta.



***Ocimum basilicum* (bosiljak)**

Ova jednogodišnja biljka, porijeklom iz Afrike i tropske Azije, uzgaja se diljem svijeta. Tradicionalno se biljka koristi za liječenje glavobolje, kašlja, proljeva, bradavica i probavnih smetnji. Eterično ulje dobiveno iz nadzemnih dijelova ima vrijednosti MIC u rasponu od 0,023 do 0,047 mg/mL protiv *Vibrio spp.* [Snoussi et al., 2016], dok je njegov etanolni ekstrakt pokazao MIC vrijednosti u rasponu od 0,06 do 2,2 mg/mL protiv *B. subtilis*, *S. aureus* i *E. coli* [Adigüzel et al., 2005]. Glavni sastojci eteričnog ulja bosiljka su linalol i estragol. Ostali spojevi otkriveni u relativno niskim koncentracijama uključuju eukaliptol, metil cinamat, menton, 1,8-cineol, eugenol, borneol, kamfor i germakren. Vjeruje se da je glavni sastojak, linalol, uvelike odgovoran za antibakterijsko djelovanje eteričnog ulja. Sezonske varijacije u njegovoj koncentraciji mogu dovesti do smanjenih antibakterijskih učinaka tijekom ljeta [Snoussi i sur., 2016.].

***Matricaria chamomilla* (kamilica)**

Biljka je porijeklom iz južne i istočne Europe. Tradicionalno se koristi za liječenje kašlja, menstrualnih i gastrointestinalnih bolova, reumatizma, ekcema, iritacija kože, gingivitisa i upala očiju. Etanolni ekstrakt kamilice pokazao je MIK u rasponu od 9,75 do 156,25 µg/mL protiv *S. aureus*, *B. subtilis*, *E. coli*, *K. pneumoniae*, *Proteus mirabilis* i *P. vulgaris* [Cvetanović i sur., 2019.]. α -bisabolol bi mogao biti uključen u promatranu antibakterijsku aktivnost. U mišjem modelu, topikalne formulacije s *M. chamomilla* pokazale su brže zacjeljivanje rana nego kortikosteroidi primijenjeni na čireve na jeziku [Martins i sur., 2009.]. U kliničkim studijama, vodica za ispiranje usta divljom kamilicom primijenjena na pacijenta s oralnim mukozitisom izazvanim metotreksatom uspješno je izliječila bolesnika unutar 4 tjedna [Mazokopakis et al., 2005], a potvrđena je i učinkovitost *M. chamomilla* na oralni mukozitis izazvan terapijom protiv raka. u kliničkoj studiji koja je procjenjivala 98 slučajeva raka glave i vrata. Rezultati su ukazali da je liječenje mukozitisa ubrzano oralnim ispiranjem pripravcima kamilice [Petronilho i sur., 2012.].

Biljke i njihovi prirodni proizvodi nude obećavajući izvor antibakterijskih sredstava, a daljnje istraživanje ovog područja predstavlja produktivan put istraživanja.



Jedan od budućih izazova za fitokemikalije je razvoj učinkovitih metoda i oblika primjene koji mogu dostaviti aktivnu tvar, antimikrobni spoj, na ciljno mjesto kod sistemskih infekcija.

Imperativ je prepoznati da učinkovitost ljekovitih biljaka može pokazivati varijabilnost ovisno o čimbenicima uključujući način pripreme biljke, koncentraciju i određeni bakterijski soj koji se razmatra. Nadalje, bez obzira na dokazana antibakterijska svojstva ovih biljnih agenasa, oni ne moraju uvijek služiti kao jedinstvena zamjena za konvencionalne antibiotske agense. Često se koriste u tandemu s komplementarnim medicinskim intervencijama ili kao profilaktičke mjere usmjerene na jačanje općeg zdravlja.

Prije korištenja ljekovitog bilja u terapijske svrhe, potrebno je potražiti savjet liječnika kako bi se utvrdila sigurna i učinkovita primjena, osobito u scenarijima koji uključuju teške bakterijske infekcije.

Literatura

Abolfazl, M., Hadi, A., Frhad, M., Hossein, N. (2021). *In vitro antibacterial activity and phytochemical analysis of some medicinal plants. J. Med. Plants Res.*, 8, 186–194.

Adigüzel, A., Güllüce, M., Şengül, M., Öğütçü, H., Şahin, F., & Karaman, I. (2005). *Antimicrobial effects of Ocimum basilicum (Labiatae) extract. Turkish Journal of Biology*, 29(3), 155-160.

Antih, J., Houdkova, M., Urbanova, K., & Kokoska, L. (2021). *Antibacterial Activity of Thymus vulgaris L. Essential Oil Vapours and Their GC/MS Analysis Using Solid-Phase Microextraction and Syringe Headspace Sampling Techniques. Molecules (Basel, Switzerland)*, 26(21), 6553.

Atanasov, A. G., Waltenberger, B., Pferschy-Wenzig, E. M., Linder, T., Wawrosch, C., Uhrin, P., Temml, V., Wang, L., Schwaiger, S., Heiss, E. H., Rollinger, J. M., Schuster, D., Breuss, J. M., Bochkov, V., Mihovilovic, M. D., Kopp, B., Bauer, R., Dirsch, V. M., & Stuppner, H. (2015). *Discovery and resupply of pharmacologically active plant-derived natural products: A review. Biotechnology advances*, 33(8), 1582–1614.

<https://www.britannica.com/plant/Lamiaceae> (accessed on July 19, 2024)



- Balouiri, M., Sadiki, M., Ibsouda, S.K. (2016). Methods for in vitro evaluating antimicrobial activity: A review. *J Pharm Anal.*, 6(2), 71-79.
- Basavegowda, N., Baek, K.H. (2022). *Combination Strategies of Different Antimicrobials: An Efficient and Alternative Tool for Pathogen Inactivation. Biomedicines*, 10(9), 2219.
- Chouhan, S., Sharma, K., Guleria, S. (2017). *Antimicrobial Activity of Some Essential Oils-Present Status and Future Perspectives. Medicines (Basel)*, 4(3), 58.
- Cvetanović, A., Zeković, Z., Zengin, G., Mašković, P., Petronijević, M., & Radojković, M. (2019). *Multidirectional approaches on autofermented chamomile ligulate flowers: Antioxidant, antimicrobial, cytotoxic and enzyme inhibitory effects. South African Journal of Botany*, 120, 112-118.
- Duque-Soto, C., Ruiz-Vargas, A., Rueda-Robles, A., Quirantes-Piné, R., Borrás-Linares, I., Lozano-Sánchez, J. (2023). *Bioactive Potential of Aqueous Phenolic Extracts of Spices for Their Use in the Food Industry-A Systematic Review. Foods*, 12(16), 3031.
- El Kolli, M., Laouer, H., El Kolli, H., Akkal, S., Sahli, F. (2016). *Chemical Analysis, Antimicrobial and Anti-Oxidative Properties of Daucus Gracilis Essential Oil and Its Mechanism of Action. Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 6, 8–15
- Fazly Bazzaz, B.S., Sarabandi, S., Khameneh, B., & Hosseinzadeh, H. (2016). *Effect of Catechins, Green tea Extract and Methylxanthines in Combination with Gentamicin Against Staphylococcus aureus and Pseudomonas aeruginosa: - Combination therapy against resistant bacteria. Journal of pharmacopuncture*, 19(4), 312–318.
- Hussain, A.I., Anwar, F., Chatha, S.A., Jabbar, A., Mahboob, S., Nigam, P.S. (2010). *Rosmarinus officinalis essential oil: antiproliferative, antioxidant and antibacterial activities. Braz J Microbiol.*, 41(4), 1070-1078.
- Lu, M., Dai, T., Murray, C. K., & Wu, M. X. (2018). *Bactericidal Property of Oregano Oil Against Multidrug-Resistant Clinical Isolates. Frontiers in microbiology*, 9, 2329.
- Manilal, A., Sabu, K. R., Woldemariam, M., Aklilu, A., Biresaw, G., Yohanes, T., Seid, M., & Merdekios, B. (2021). *Antibacterial Activity of Rosmarinus officinalis against Multidrug-Resistant Clinical Isolates and Meat-Borne Pathogens. Evidence-based complementary and alternative medicine: eCAM*, 6677420.



- Martins, M.D., Marques, M.M., Bussadori, S.K., Martins, M.A., Pavesi, V.C. (2009). Mesquita-Ferrari, R. A., & Fernandes, K. P. *Comparative analysis between Chamomilla recutita and corticosteroids on wound healing. An in vitro and in vivo study. Phytother Res*, 23(2), 274-278. doi:10.1002/ptr.2612
- Mazokopakis, E.E., Vrentzos, G.E., Papadakis, J.A., Babalis, D.E., Ganotakis, E.S. (2005). *Wild chamomile (Matricaria recutita L.) mouthwashes in methotrexate-induced oral mucositis. Phytomedicine*, 12(1-2), 25-27.
- Modarresi, M., Farahpour, M.R., Baradaran, B. (2019). Topical application of Mentha piperita essential oil accelerates wound healing in infected mice model. *Inflammopharmacology*, 27(3), 531-537.
- Petronilho, S., Maraschin, M., Coimbra, M. A., & Rocha, S. M. (2012). *In vitro and in vivo studies of natural products: A challenge for their valuation. The case study of chamomile (Matricaria recutita L.). Industrial Crops and Products*, 40, 1-12.
- Rahman, M., & Sarker, S. D. (2020). *Chapter Three - Antimicrobial natural products. In S. D. Sarker & L. Nahar (Eds.), Annual Reports in Medicinal Chemistry, Academic Press*, 55, 77-113.
- Ruddaraju, L. K., Pammi, S. V. N., Guntuku, G. S., Padavala, V. S., & Kolapalli, V. R. M. (2020). *A review on anti-bacterials to combat resistance: From ancient era of plants and metals to present and future perspectives of green nano technological combinations. Asian journal of pharmaceutical sciences*, 15(1), 42–59.
- Safaei-Ghomi, J., Ahd, A.A. (2010). *Antimicrobial and antifungal properties of the essential oil and methanol extracts of Eucalyptus largiflorens and Eucalyptus intertexta. Pharmacogn Mag.*, 6(23), 172-5.
- Santos, M.I.S., Martins, S.R., Veríssimo, C.S.C., Nunes, M.J.C., Lima, A.I.G., Ferreira, R.M.S.B., Pedroso, L., Sousa, I., & Ferreira, M.A.S.S. (2017). *Essential oils as antibacterial agents against food-borne pathogens: Are they really as useful as they are claimed to be? Journal of food science and technology*, 54(13), 4344–4352.
- Snoussi, M., Dehmani, A., Noumi, E., Flamini, G., & Papetti, A. (2016). *Chemical composition and antibiofilm activity of Petroselinum crispum and Ocimum basilicum essential oils against Vibrio spp. strains. Microbial Pathogenesis*, 90, 13-21.



Co-funded by
the European Union



Thielmann, J., Muranyi, P., Kazman, P. (2019). *Screening essential oils for their antimicrobial activities against the foodborne pathogenic bacteria Escherichia coli and Staphylococcus aureus*. *Heliyon*, 5(6), e01860.

Wijesundara, N.M., Rupasinghe, H.P.V. (2019). *Bactericidal and Anti-Biofilm Activity of Ethanol Extracts Derived from Selected Medicinal Plants against Streptococcus pyogenes*. *Molecules*, 24(6), 1165.

Yang, D.D., Paterna, N.J., Senetra, A.S., Casey, K.R., Trieu, P.D., Caputo, G.A., Vaden, T.D., Carone, B.R. (2020). *Synergistic interactions of ionic liquids and antimicrobials improve drug efficacy*. *iScience*, 24(1), 101853.

Zhang, J., Ye, K.P., Zhang, X., Pan, D.D., Sun, Y.Y., Cao, J.X. (2017). *Antibacterial Activity and Mechanism of Action of Black Pepper Essential Oil on Meat-Borne Escherichia coli*. *Front Microbiol.*, 7, 2094.



Co-funded by
the European Union



Poglavlje 8. Djelovanje ljekovitog bilja protiv patogenih bakterija koje prevladavaju u prehrambenoj industriji (Monica Negrea, Ileana Cocan, Ersilia Alexa, Diana Obistioiu, Daniela Voica, Dana Avram)

Sigurnost hrane svjetski je problem s velikim posljedicama za javno zdravlje. Loša praksa rukovanja hranom može dovesti do prisutnosti brojnih patogenih organizama. Antimikrobna sredstva igraju ključnu ulogu u kontroli ovih mikroba i očuvanju sigurnosti hrane i zdravlja ljudi. Sve veća sklonost prirodnim, sigurnim i održivim tehnikama konzerviranja hrane potaknula je istraživanja o upotrebi biljnih antimikrobnih sredstava kao zamjena za sintetičke konzervanse. Prehrambena industrija sada istražuje inovativne strategije koje integriraju različite fizikalne metode s raznim prirodnim antimikrobnim sredstvima [Bouarab Chibane et al., 2019].

Procjena učinkovitosti ljekovitog bilja protiv prevladavajućih patogenih bakterija u prehrambenoj industriji postala je sve značajnija domena u područjima sigurnosti hrane i javnog zdravlja. Sveprisutnost patogenih bakterija unutar miljea proizvodnje hrane naglašava imperativ istraživanja alternativnih, prirodno izvedenih pristupa za ublažavanje ovih mikrobnih agenasa, koji imaju potencijal potaknuti bolesti koje se prenose hranom i izbijanja epidemija. Sprječavanje kvarenja hrane i pojave patogena koji uzrokuju trovanje hranom obično se postiže upotrebom kemijskih dodataka koji imaju niz negativnih učinaka, uključujući: štetnost kemijskih spojeva za ljudsko zdravlje, pojavu kemijskih ostataka u hrani i hranidbene lance i stjecanje otpornosti mikroba na korištene kemikalije.

Kao rezultat ovih briga, važnije je nego ikad pronaći prirodnu, zdravu i sigurnu alternativu konzervansima. Već neko vrijeme biljni ekstrakti koriste se za sprječavanje trovanja hranom i konzerviranje hrane [Mostafa et al., 2018].

Antimikrobici na biljnoj bazi čine primarnu kategoriju prirodnih konzervansa, koji se sastoje od sekundarnih metabolita koji ciljaju mikrobnim stanicama. Različiti dijelovi biljaka, uključujući sjemenke, plodove, kore, lišće i korijenje, bogati su ovim antimikrobnim lijekovima. To uključuje fenolne spojeve (kao što su jednostavni fenoli,



fenolne kiseline, antocijanini, flavonoidi i kinoni), tanine, eterična ulja, terpenoide, derivate glukozinolata, alkaloida i tiole [McClements et al., 2021].

Većina biljnih ekstrakata općenito je prepoznata kao sigurna (GRAS) i dodijeljen im je status kvalificirane pretpostavke sigurnosti (QPS) u SAD-u i EU [Saeed et al., 2019].

Biljni antimikrobni ekstrakti ili spojevi, kao što je ekstrakt moso bambusa (Takeguard®) ili mješavina različitih prirodnih antimikrobnih ekstrakata (Biovia™ YM10) uključujući ekstrakt zelenog čaja, predloženi su kao alternativa kemijskim konzervansima [Bouarab Chibane et al., 2019.]. Štoviše, Europska agencija za sigurnost hrane (EFSA) odobrila je ekstrakt ružmarina (*Rosmarinus officinalis* L.), koji posjeduje antimikrobna svojstva, kao aditiv hrani (E 392) [EFSA ANS Panel et al., 2018].

Neki od izazova s kojima se suočavaju proizvođači kruha uključuju produljenje roka trajanja smanjenjem užeglosti i smanjenjem mikrobnog kvarenja, jer te promjene dovode do kvarenja kruha i drugih pekarskih proizvoda. Kako bi se prevladale te poteškoće i produljio rok trajanja, koriste se komercijalno dostupni antioksidansi i kemijski konzervansi kao što su inhibitori plijesni. Kruh se može koristiti kao funkcionalna hrana za učinkovito povećanje unosa ljekovitog bilja koje promiče ljudsko zdravlje i sprječava bolesti budući da je to jedna od najznačajnijih i najčešće konzumiranih namirnica u svijetu [Ibrahim et al., 2015].

Prema pokretu "povratak prirodi", korištenje prirodnih i ljekovitih biljaka u obrocima smatra se alternativom korištenju sintetičkih kemikalija [Nieto, 2020].

Ljekovito bilje se tisućama godina koristi u kuhinji i nije skupo, lako dostupno i zdravo. Osim toga, budući da sadrže korisne fitokemikalije, koriste se u nekoliko medicinskih formulacija za liječenje i prevenciju bolesti. Osim toga, biljke se koriste u prehrambenom sektoru kao prirodni antioksidansi za sprječavanje oksidacije lipida, povećanje nutritivne vrijednosti hrane i davanje okusa raznim pićima [Lourenço et al., 2019].

Budući da biljke sadrže niz vitalnih antifungalnih spojeva, kao što su fenolni spojevi, glukozinolati, cijanogeni glikozidi, oksilipini i alkaloidi, biljni ekstrakti su temeljito proučavani kao biokonzervansi u pekarskim proizvodima [Axel et al., 2017].



Zbog svog potencijala kao prirodnih konzervansa hrane, agensa za poboljšanje okusa i dekontaminatora, biljna eterična ulja privlače veliko zanimanje u prehrambenoj industriji budući da su također općenito priznata kao sigurna – GRAS [Colombo et al., 2020].

Provedena su brojna istraživanja kako bi se utvrdilo mogu li eterična ulja produljiti rok trajanja kruha. Kao rezultat toga, eterična ulja imaju antifungalna svojstva. Poznato je da ulja majčine dušice, cimeta i klinčića inhibiraju gljivice kvarenja, dok su ulja naranče, kadulje i ružmarina imala samo zanemariv učinak, prema prethodno provedenim studijama [Liu et al., 2017]. Istraživači su izvijestili da je otkriveno da ulje cimeta, klinčića i kardamoma suzbija rast mikroorganizama u kolačićima [Sulieman et al., 2023].

Izop je značajna ljekovita biljka koja se koristi za čajne mješavine kako bi imala antifungalna, antispazmatična i ublažavajuća kašalj svojstva. Njegovo eterično ulje koristi se u prehrambenoj industriji i ima visok sadržaj pinokamfona, -pinena, mirtenola, linalola, metil eugenola i limonena [Hatipoğlu et al., 2013].

Prema studijama koje su proveli Gavahian i sur., različita eterična ulja, poput majčine dušice, cimeta, origana i limunske trave, mogu zaustaviti razvoj opasnih klica u kruhu, produžujući im rok trajanja i poboljšavajući njihovu sigurnost [Gavahian 2020.]. Potencijal eteričnog ulja *Thymus vulgaris* prethodno je istraživan protiv *Aspergillus*, *Penicillium*, *Ulocladium*, *Cladosporium*, *Trichoderma*, *Rhizopus*, *Chaetomium* i *Aspergillus niger*, pokazujući antifungalno djelovanje [Khalili et al., 2015].

Druge su studije istaknule da se ulje palmarose, sa specifičnim mirisom ruže, čini dobrim kandidatom za upotrebu kao antibakterijsko sredstvo protiv *Bacillus subtilis* u pekarskoj industriji [Lodhia, 2009].

Iako antimikrobna sredstva biljnog podrijetla pokazuju intrinzična antimikrobna svojstva, njihova je upotreba u prehrambenoj industriji ograničena nekoliko značajnih izazova. Ovi izazovi obuhvaćaju pitanja kao što su kemijska nestabilnost, poteškoće u učinkovitom raspršivanju ovih agenasa unutar matrice hrane, ograničeni niz komercijalno dostupnih formulacija i mogućnost davanja nepoželjnih profila okusa.

Stabilnost biljnih antimikrobika često je ugrožena u uvjetima koji prevladavaju u preradi ili skladištenju hrane. Na njihovu antimikrobnu učinkovitost utječu različiti



čimbenici, uključujući fluktuacije pH vrijednosti, temperaturne varijacije i koncentraciju antimikrobika. Nadalje, izravna ugradnja biljnih ekstrakata u prehrambene proizvode često rezultira promjenama senzorskih svojstava, poput okusa i teksture, što se može smatrati nepoželjnim. Osim toga, na biorasploživost ovih spojeva biljnog podrijetla i njihov potencijal da poboljšaju sigurnost hrane mogu negativno utjecati interakcije s makronutrijentima i drugim komponentama hrane. Posljedično, predloženo je nekoliko stabilizacijskih tehnika za poboljšanje ukupne stabilnosti ovih antimikrobnih sredstava, olakšavanje njihovog otpuštanja tijekom skladištenja i ublažavanje bilo kakvih štetnih učinaka na senzorske kvalitete prehrambenih proizvoda. Među tim tehnikama su nanoemulzije (i), metode inkapsulacije (ii) i integracija antimikrobnih sredstava u aktivne sustave pakiranja (iii).

Primjena ovih strategija stabilizacije može značajno poboljšati stabilnost bioaktivnih spojeva, povećati njihovu antimikrobnu učinkovitost i postići kontrolirano otpuštanje tijekom skladištenja hrane [McClements et al., 2021.; Castro-Rosas i sur., 2017.; Pinto i sur., 2021.].

Inkapsulacija biljnih antimikrobika u jestivim koloidnim sustavima za dostavu nudi obećavajući način za povećanje njihove učinkovitosti i minimiziranje štetnih interakcija s komponentama hrane.

(i) Najčešće korišten sustav isporuke ovih antimikrobnih sredstava su *nanoemulzije ulje u vodi*, koje se sastoje od nanočestica lipida raspršenih u vodi. Ove nano-emulzije mogu se stvoriti od sastojaka prehrambene kvalitete poput emulgatora na biljnoj bazi i raznih stabilizatora korištenjem standardnih tehnika obrade, kao što su miješanje, sonikacija i homogenizacija [McClements et al., 2021].

Nano-emulzije eteričnih ulja dobivenih iz limunske trave, klinčića, majčine dušice stvorene mikrofluidizacijom primarne emulzije, reducirane *E. coli*. Uključivanje alginata u vodenu fazu olakšava primjenu ovih nano-emulzija u materijalima za premazivanje voća i povrća [Salvia-Trujillo et al., 2015].

Ultrazvučnom tehnikom emulgiranja izrađena je antibakterijska nanoemulzija od ekstrakta sjemenki anisa. Ova nano-emulzija je učinkovito inhibirala rast *E. coli* i *Sal. thyphimurium*, za razliku od rasutog ekstrakta, koji nije utjecao na te bakterije [Ghazy et al., 2021].



Upotreba nanoemulzija, poput onih koje sadrže biljna eterična ulja, za kontrolu patogena u hrani biljnog podrijetla pokazala se djelotvornom. Na primjer, nanoemulzija ulja origana u koncentraciji od 0,1% uspješno je smanjila razine *L. monocytogenes*, *Sal. typhimurium*, i *E. coli* na salati [Bhargava et al., 2015.].

(ii) *Sušenje raspršivanjem i kapsuliranje* često su korištene metode za povećanje stabilnosti i učinkovitosti antimikrobnih sredstava biljnog podrijetla u prehrambenim proizvodima. Sušenje raspršivanjem uključuje raspršivanje tekuće otopine ili suspenzije u struju vrućeg zraka, što brzo isparava kapljice i proizvodi suhi prah. Ovaj suhi praškasti oblik biljnih antimikrobnih sredstava stabilniji je i lakši za rukovanje u usporedbi s tekućim analogom.

Inkapsulacija, s druge strane, uključuje zatvaranje prirodnog antimikrobika unutar zaštitne matrice, kao što je polimer ili lipid, kako bi se povećala njegova stabilnost i funkcionalnost.

U istraživanju koje su proveli Chen i sur., eugenol i timol su suinkapsulirani u nano-kapsule zein-kazeina sušenjem raspršivanjem. Proizvedeni prašci pokazali su povoljna svojstva uključujući dobru hidrataciju vode, stabilnost tijekom skladištenja, kontrolirano otpuštanje tijekom 24 sata i učinkovitu baktericidnu i bakteriostatsku aktivnost protiv *E. coli* i *L. monocytogenes* u mliječnoj sirutki [Chen et al., 2015]. Eterično ulje timijana, kada je inkapsulirano sušenjem raspršivanjem s kazeinom i maltodekstrinom kao materijalom za stijenke, pokazalo je antibakterijske učinke protiv termotolerantnih koliforma i *E. coli* u mesnim hamburgerima [Radünz et al., 2020].

(iii) *Aktivno pakiranje* podrazumijeva namjerno dodavanje specifičnih tvari u materijal za pakiranje ili u prostor za pakiranje kako bi se poboljšala funkcionalnost sustava za pakiranje. Ova vrsta pakiranja može pomoći u održavanju kvalitete hrane i produžiti rok trajanja proizvoda omogućavajući izravnu interakciju između hrane i bioaktivnih tvari koji su namjerno uključeni u ambalažu. Antimikrobno pakiranje je specifičan oblik aktivnog pakiranja čija se učinkovitost uvelike oslanja na brzinu kojom biološki aktivne molekule, ugrađene unutar polimerne matrice, migriraju [Arruda et al., 2022].

Najčešće korišteni biopolimeri za ugradnju biljnih antimikrobika su kitozan, škrob, karagenan, celuloza i alginat.



Co-funded by
the European Union



U odnosu na filmove s aktivnim kitozanom, ugradnja 1% polifenola kore jabuke u filmove od kitozana poboljšala je njihovu antibakterijsku učinkovitost protiv *B. cereus*, *E. coli*, *Sal. typhimurium* i *S. aureus* [Riaz i sur., 2018.]. Osim toga, premazivanje svježih krastavaca kitozanom prožetim eteričnim uljem origana smanjilo je broj ukupnih mezofilnih bakterija, kao i ukupnih kvasaca i plijesni tijekom skladištenja na 10 °C tijekom 15 dana [Gutiérrez-Pacheco et al., 2020]. Nadalje, bio-kompozitni film izrađen od škroba kasave i proteina sirutke, koji je bio napunjen ekstraktom kore rambutana i uljem klinčića, malo je inhibirao bakterije *B. cereus*, *E. coli* i *S. aureus* in vitro, a također je smanjio ukupni broj živih tvari u salami pohranjenoj 10 dana [Chollakup i sur., 2020.].

Biljni antimikrobni lijekovi pobudili su značajan interes kao održive alternative sintetskim konzervansima u prehrambenoj industriji, pružajući prednosti poput poboljšane sigurnosti, duljeg roka trajanja i većeg prihvaćanja od strane potrošača. Istraživanja koja su u tijeku u ovom području istrajavaju u pomnom ispitivanju učinkovitosti različitih biljnih ekstrakata i eteričnih ulja protiv patogenih bakterija unutar različitih prehrambenih matrica.

Kako se preferencije potrošača kreću prema poboljšanoj sigurnosti hrane i sklonosti prirodnim rješenjima, integracija ljekovitih biljaka kao prirodnih konzervansa za hranu mogla bi predvidljivo svjedočiti sve većem usvajanju u prehrambenoj industriji. Kako bi se optimizirala njihova upotreba i povećala njihova učinkovitost, bitno je steći dublje razumijevanje o tome kako ti biljni antimikrobici i njihove kombinacije djeluju, posebno u pogledu njihovih utjecaja na molekularnoj i staničnoj razini na ciljne mikroorganizme.

Literatura

Arruda, T.R., Bernardes, P.C., e Moraes, A.R.F., Soares, N.D.F.F. (2022). *Natural bioactives in perspective: The future of active packaging based on essential oils and plant extracts themselves and those complexed by cyclodextrins*. *Food Res. Int.*, 156, 111160



Co-funded by
the European Union



- Axel, C., Zannini, E., Arendt, E.K. (2017). *Mold spoilage of bread and its biopreservation: A review of current strategies for bread shelf-life extension. Crit Rev Food Sci Nutr.*, 57(16), 3528-3542.
- Bhargava, K., Conti, D.S., da Rocha, S.R., Zhang, Y. (2015). *Application of an oregano oil nanoemulsion to the control of foodborne bacteria on fresh lettuce. Food Microbiol.*, 47, 69–73.
- Bouarab Chibane, L., Degraeve, P., Ferhout, H., Bouajila, J., Oulahal, N. (2019). *Plant antimicrobial polyphenols as potential natural food preservatives. J. Sci. Food Agric.*, 99, 1457–1474.
- Castro-Rosas, J., Ferreira-Grosso, C.R., Gómez-Aldapa, C.A., Rangel-Vargas, E., Rodríguez-Marín, M.L., Guzmán-Ortiz, F.A., Falfan-Cortes, R.N. (2017). *Recent advances in microencapsulation of natural sources of antimicrobial compounds used in food—A review. Food Res. Int.*, 102, 575–587
- Chen, H., Zhang, Y., Zhong, Q. (2015). *Physical and antimicrobial properties of spray-dried zein–casein nanocapsules with co-encapsulated eugenol and thymol. J. Food Eng.*, 144, 93–102
- Chollakup, R., Pongburoos, S., Boonsong, W., Khanonkon, N., Kongsin, K., Sothornvit, R., Sukyai, P., Sukatta, U., Harnkarnsujarit, N. (2020). *Antioxidant and antibacterial activities of cassava starch and whey protein blend films containing rambutan peel extract and cinnamon oil for active packaging. LWT*, 130, 109573.
- Colombo, F., Restani, P., Biella, S., Di Lorenzo, C. (2020). *Botanicals in Functional Foods and Food Supplements: Tradition, Efficacy and Regulatory Aspects. Applied Sciences.*, 10(7), 2387.
- EFSA Panel on Food Additives and Nutrient Sources Added to Food (EFSA ANS Panel); Younes, M., Aggett, P., Aguilar, F., Crebelli, R., Dusemund, B., Filipič, M., Frutos, M.J., Galtier, P., Gott, D., et al. (2018). *Refined Exposure Assessment of Extracts of Rosemary (E 392) from Its Use as Food Additive. EFSA J.*, 16, e05373
- Gavahian, M., Chu, Y.H., Lorenzo, J.M., Mousavi Khaneghah, A., Barba, F.J. (2020). *Essential oils as natural preservatives for bakery products: Understanding the mechanisms of action, recent findings, and applications. Crit Rev Food Sci Nutr.*, 60(2), 310-321.



- Ghazy, O.A., Fouad, M.T., Saleh, H.H., Kholif, A.E., & Morsy, T.A. (2021). *Ultrasound-assisted preparation of anise extract nanoemulsion and its bioactivity against different pathogenic bacteria. Food chemistry*, 341(Pt 2), 128259.
- Gutiérrez-Pacheco, M.M., Ortega-Ramírez, L.A., Silva-Espinoza, B.A., Cruz-Valenzuela, M.R., González-Aguilar, G.A., Lizardi-Mendoza, J., Miranda, R., Ayala-Zavala, J.F. (2020). *Individual and combined coatings of chitosan and carnauba wax with oregano essential oil to avoid water loss and microbial decay of fresh cucumber. Coatings*, 10, 614
- Hatipoğlu, G., Sökmen, M., Bektaş, E., Daferera, D., Sökmen, A., Demir, E., Şahin, H. (2013). *Automated and standard extraction of antioxidant phenolic compounds of Hyssopus officinalis L. ssp. angustifolius. Ind. Crop. Prod.*, 43, 427–433.
- Ibrahim, U.K., Salleh, R.M., Maqsood-ul-Haque, S.N. (2015). *Bread towards functional food: an overview. International Journal of Food Engineering*, 1(1):39-43.
- Khalili, S.T., Mohsenifar, A., Beyki, M., Zhavah, S., Rahmani, T., Abdollahi, A., Tabatabaei, M. (2015). *Encapsulation of Thyme essential oils in chitosan-benzoic acid nanogel with enhanced antimicrobial activity against Aspergillus flavus. LWT-Food Science and Technology*, 60, 502-508.
- Liu, Q., Meng, X., Li, Y., Zhao, C.N., Tang, G.Y., Li, H.B. (2017). *Antibacterial and Antifungal Activities of Spices. Int J Mol Sci.*, 18(6), 1283.
- Lourenço, S.C., Moldão-Martins, M., Alves, V.D. (2019). *Antioxidants of Natural Plant Origins: From Sources to Food Industry Applications. Molecules*, 24(22), 4132.
- McClements, D.J., Das, A.K., Dhar, P., Nanda, P.K., Chatterjee, N. (2021). *Nanoemulsion-based technologies for delivering natural plant-based antimicrobials in foods. Front. Sustain. Food Syst.*, 5, 643208.
- Mostafa, A.A., Al-Askar, A.A., Almaary, K.S., Dawoud, T.M., Sholkamy, E.N., Bakri, M.M. (2018). *Antimicrobial activity of some plant extracts against bacterial strains causing food poisoning diseases. Saudi J Biol Sci.*, 25(2), 361-366.
- Nieto, G. (2020). *How Are Medicinal Plants Useful When Added to Foods?. Medicines (Basel)*, 7(9), 58.



- Pinto, L., Bonifacio, M.A., De Giglio, E., Santovito, E., Cometa, S., Bevilacqua, A., Baruzzi, F. (2021). *Biopolymer hybrid materials: Development, characterization, and food packaging applications*. *Food Packag. Shelf Life*, 28, 100676.
- Radünz, M., dos Santos Hackbart, H.C., Camargo, T.M., Nunes, C.F.P., de Barros, F.A.P., Dal Magro, J., Filho, P.J.S., Gandra, E.A., Radünz, A.L., da Rosa Zavareze, E. (2020). Antimicrobial potential of spray drying encapsulated thyme (*Thymus vulgaris*) essential oil on the conservation of hamburger-like meat products. *Int. J. Food Microbiol.*, 330, 108696.
- Riaz, A., Lei, S., Akhtar, H.M.S., Wan, P., Chen, D., Jabbar, S., Abid, M., Hashim, M.M., Zeng, X. (2018). *Preparation and characterization of chitosan-based antimicrobial active food packaging film incorporated with apple peel polyphenols*. *Int. J. Biol. Macromol.*, 114, 547–555.
- Saeed, F., Afzaal, M., Tufail, T., Ahmad, A. (2019). *Use of natural antimicrobial agents: A safe preservation approach*. In *Active Antimicrobial Food Packaging; Var, I., Uzunlu, S., Eds.; IntechOpen: London, UK*, 18, 7–24.
- Salvia-Trujillo, L., Rojas-Graü, A., Soliva-Fortuny, R., Martín-Belloso, O. (2015). *Physicochemical characterization and antimicrobial activity of food-grade emulsions and nanoemulsions incorporating essential oils*. *Food Hydrocoll.*, 43, 547–556.
- Sulieyman, A.M.E., Abdallah, E.M., Alanazi, N.A., Ed-Dra, A., Jamal, A., Idriss, H., Alshammari, A.S., Shommo, S.A.M. (2023). *Spices as Sustainable Food Preservatives: A Comprehensive Review of Their Antimicrobial Potential*. *Pharmaceuticals*, 16(10), 1451.



Poglavlje 9. Upotreba ljekovitih biljaka kao sastojaka s dodanom vrijednošću u industriji funkcionalnih pekarskih i slastičarskih proizvoda (Alexa Ersilia, Daniela Voica, Monica Negrea, Ileana Cocan, Dana Avram)

Ljekovito bilje je dio ljudskog života od rođenja do smrti. Često se pojavljuju na našim stolovima u raznim oblicima hrane, koriste se u tehničke i bioenergetske svrhe, a imaju značajnu ulogu u medicini, farmaciji i prehrambenoj industriji. Tijekom proteklog desetljeća, uporaba bilja i začina je porasla. Ove biljke često rastu samonikle bez kemijskih dodataka, a neka su istraživanja pokazala da imaju veću nutritivnu vrijednost u usporedbi s mnogim drugim uobičajenim prehrambenim biljkama. Ljekovito bilje postaje sve važnije zbog svojih potencijalnih zdravstvenih prednosti, koje se pripisuju njihovom nutritivnom sadržaju, uključujući vitamine, fenole, antocijane, flavonoide i tanine. Ove se sirovine smatraju obećavajućim i ekonomski i ekološki povoljnim za prehrambenu industriju.

Ljekovite biljke koriste se za dizajniranje funkcionalne hrane koja se definira kao "izgledom slična konvencionalnoj hrani " i za koju je dokazano da ima fiziološke prednosti ili smanjuje rizik od kroničnih bolesti izvan osnovnih prehrambenih funkcija [Devaraj i Mahalingam, 2021]. također se koriste za poboljšanje fizičkog izgleda, okusa i aditiva u pekarskim proizvodima.

Ljekovite biljke se mogu dodavati kao takve ili u obliku ekstrakata, eteričnih ulja u pekarske proizvode sa sljedećom svrhom: i) poboljšati senzorna svojstva proizvoda; ii) za antioksidacijsku ulogu kroz uključivanje polifenolnih aktivnih principa, i iii) za antimikrobnu ulogu zbog biološki aktivnih antifungalnih i antibakterijskih spojeva koji se nalaze u ljekovitim biljkama [Milla et al., 2021] .

9.1. Ljekovite biljke koje se koriste za poboljšanje okusa, boje i mirisa pekarskih proizvoda

Ljekovite biljke kao što su: kopar, peršin za lišće, kadulja, bosiljak, majčina dušica, češnjovac, potočarka, korijander, kumin, anis i dr. koriste se u pekarstvu i



slastičarstvu za začinjavanje proizvoda. Ljekovite biljke dodane u različite oblike pripreme tijesta poboljšavaju senzorna svojstva, pozitivno ili negativno djelujući na njegova reološka svojstva. Prethodno istraživanje pokazalo je da su parametri kvalitete kruha (H/D izvješće, volumen, poroznost) dobivenog dodatkom 5% kima kao infuzije bolji u usporedbi s kontrolom [Sayed et al., 2018].

Naprotiv, druge su studije izvijestile da dodatak aromatičnih biljaka dovodi do pogoršanja reoloških svojstava tijesta kao što su: gumenost, čvrstoća, ljepljivost, elastičnost, žvakanje, među ostalim, a taj je učinak posljedica polifenolnih spojeva prisutnih u sastav biljaka koji ispoljavaju antioksidativno djelovanje [Czajkowska–González et al., 2021]. Neki aktivni sastojci iz ljekovitih biljaka poput kurkumina koriste se kao bojila u pekarstvu i slastičarstvu kako bi se poboljšala boja hrane ili kako bi izgledala ukusnija i privlačnija potrošaču [Arraiza i de Pedro, 2009].

Salihu i sur. istraživali su utjecaj zamjene pšeničnog brašna biljnim ekstraktima poput borovnice i brusnice (u koncentracijama od 3%, 6% i 9%) i usporedili dobivene kekse s kontrolnim uzorcima u smislu fizikalno-kemijskih parametara i parametara boje. Nalazi su pokazali da su veće koncentracije biljnih ekstrakata u keksima značajno poboljšale senzorne atribute kao što su miris i okus. Studija je zaključila da je uključivanje biljnih ekstrakata u kekse poboljšalo njihova fizikalno-kemijska i senzorska svojstva [Salihu et al., 2023].

Wang i sur. [Wang et al., 2012.] upotrijebili su tehnologiju ultra-finog mljevenja za stvaranje kruha od gloga, uključivši 3% praha gloga, 0,6% soli, 18% šećera i 0,5% dodatka kruhu u formulu kako bi poboljšali njegove zdravstvene prednosti i jedinstveni okus. Dodavanje gloga kruhu od cjelovitog pšeničnog brašna potiče normalan rad probavnog i provodnog sustava te djeluje antihiperглиkemijski. Ovaj pristupačni sastojak prikladan je za konzumaciju osoba s dijabetesom tipa 2 [Borczak i sur., 2016.].

Balestra i sur. [Balestra et al., 2011.] razvili su funkcionalni kruh ugradnjom đumbira, postižući zadovoljavajuća fizikalno-kemijska i senzorska svojstva. Njihovo istraživanje pokazalo je da se do 3% đumbira u prahu može dodati kruhu bez negativnog utjecaja na njegova reološka svojstva.



Kaushal i sur. također su istraživali funkcionalne i senzorne karakteristike kolačića pojačanih prahom đumbira. Funkcionalne i organoleptičke kvalitete kolačića koji sadrže 12% đumbira u prahu bile su značajno bolje u usporedbi s kontrolnim uzorcima [Kaushal i sur., 2019.].

9.2. Ljekovite biljke kao antioksidansi u pekarskim proizvodima

Pop i sur. opisali su antioksidativni učinak nakon obogaćivanja pšeničnog kruha ekstraktima *Camellia sinensis*, *Asparagus racemosus* i *Curcuma longa*. Naglasili su da je dodatak 5% ekstrakata povećao antioksidativni kapacitet kruha bez promjene senzornih svojstava [Pop i sur., 2016.]. Zabilježena su i antioksidativna svojstva zelenog čaja u prahu koji zamjenjuje brašno u biskvitu [Ma i Ryu, 2018].

Iako su korisni učinci u vezi s povećanjem antioksidativnog kapaciteta pekarskih proizvoda dodatkom ekstrakata ljekovitog bilja evidentni, objavljene su studije o promjenama u ponašanju glutena kruha uzrokovanim polifenolima [Czajkowska–González et al., 2021.].

Cilj studije koju su proveli Bourekoua i kolege bio je procijeniti utjecaj obogaćivanja kruha bez glutena prahom voća acerole na njegova fizička, osjetilna i antioksidativna svojstva. Sve testirane količine praha voća acerole pokazale su poboljšanje parametara teksture, što je dokazano smanjenjem čvrstoće i žvakanja te povećanjem elastičnosti. Štoviše, ugradnja praha voća acerole u obogaćene kruhove rezultirala je poboljšanim antioksidativnim svojstvima [Bourekoua et al., 2021].

Druga ljekovita biljka koja se koristi je *Moringa oleifera*, koja je prepoznata kao izvrstan izvor fitokemikalija, s potencijalnom primjenom u funkcionalnim i ljekovitim pripremanjima hrane zbog svojih nutritivnih i ljekovitih svojstava; mnogi su autori eksperimentirali s njegovim uključivanjem uglavnom u kekse, kolače, kolače i sendviče.

Prema Ogunsina i sur. dodavanjem brašna sjemenki *Moringa oleifera* utječe na senzorne karakteristike raznih kruhova i keksa; međutim, te promjene nisu značajne kada se koristi omjer od 90% brašna prema 10% *Moringa oleifera* za kruh i 80% brašna prema 20% *Moringa oleifera* za kekse. Osim toga, iako je okus odražavao tipičan okus sjemenki *Moringa oleifera*, ostao je prihvatljiv u kruhu. Nutritivni profil oba proizvoda



se poboljšao, s povećanim razinama proteina, željeza i kalcija [Ogunsina i sur., 2011.].

U svojoj studiji, Agba i sur. istraživali su potencijal ugradnje praha bezbojnog lista *Moringa oleifera* u kolačiće kao sredstva za rješavanje potražnje potrošača za zdravijim prehrambenim opcijama. Nastojali su riješiti izazov niske prihvatljivosti povezane sa zelenom bojom praha. Nalazi su pokazali da niti obezbojenje niti razina dodavanja (2,5 ili 7,5%) nisu imale značajan utjecaj na aktivnost vode ili funkcionalnost brašna. Međutim, uočljive su manje varijacije u boji kolačića. Kolačići obogaćeni moringom pokazali su poboljšani omjer namaza i povišen sadržaj proteina, fenola, antioksidacijsku aktivnost i *in vitro* probavljivost proteina u usporedbi s kontrolnim keksima [Agba et al., 2024].

EI-Gammal i sur. inkorporirana *Moringa oleifera* u različitim koncentracijama (5%, 10%, 15% i 20%). Nalazi su pokazali da prah lista *Moringa oleifera* pokazuje povišene razine proteina i sirovih vlakana, zajedno s esencijalnim mineralima kao što su kalcij, magnezij, fosfor i željezo. Dodavanje *Moringe oleifere* u pripremu integralnog rezanog kruha rezultiralo je zamjetnim povećanjem udjela proteina. Nadalje, povećan je unos magnezija, kalcija i željeza u odnosu na kontrolu [EI-Gammal i sur., 2016.].

Devisetti i sur. procijenili su učinak brašna listova *moringe oleifere* u sendvičima, došavši do sličnih zaključaka. Sadržaj proteina u lisnatim sendvičima se povećao, dosegnuvši 21,6 g u 100 g proizvoda. Dodatno, udio dijetalnih vlakana iskazan je na 14,8 g na 100 g proizvoda, a smanjen je i udio masti za 3,7 g na 100 g proizvoda, što je popraćeno visokom prisutnošću fenolnih spojeva i flavonoida. S obzirom na senzorske karakteristike sendviča, dobiven je prihvatljiv rezultat u pogledu teksture [Devisetti i sur., 2015.].



9.3. Ljekovito bilje kao antimikrobna sredstva u pekarskim proizvodima

Nekoliko vrsta eteričnih ulja, posebno onih iz obitelji Lamiaceae i Umbelliferae, spominju se kao antimikrobna sredstva u pekarskoj industriji, što rezultira proizvodom s produljenim rokom trajanja i povećanom sigurnošću [Gavahian et al., 2020]. Sitara i sur. ocijenili su eterična ulja ekstrahirana iz sjemena nima (*Azadirachta indica*), gorušice (*Brassica campestris*), crnog kima (*Nigella sativa*) i asafetide (*Ferula asafoetida*) u odnosu na sjemenke gljivica kao što su: *F. oxysporum*, *F. moniliforme*, *F. nivale*, *F. semitectum* . Sva ekstrahirana ulja pokazala su fungicidno djelovanje [Sitara et al., 2008] .

Origanum vulgare zahvaljujući svom kemijskom sastavu pomaže u produljenju roka trajanja i nutritivnih kvaliteta mnogih proizvoda, poput kruha i pekarskih proizvoda, žitarica [Chis i sur., 2017.]. Biljka origano je bogata vlaknima, antioksidativnim djelovanjem, sadržajem fenola i može se koristiti do 2% u kruhu za poboljšanje nutritivnih i senzorskih kvaliteta, specifičnog volumena i roka trajanja, a ima i inhibitorno djelovanje na plijesni [Muresan i sur., 2012.]. Potrebna su daljnja istraživanja za razvoj zajedničkih strategija za kontrolu i prevenciju razvoja gljivica i mikotoksina u pekarskim i slastičarskim proizvodima.

Došlo je do brzog pomaka natrag na prirodne proizvode zbog negativnog utjecaja umjetne ili štetne hrane na ljudsko zdravlje. Posljedično, pekarska industrija je tijekom godina doživjela značajne inovacije i razvoj. Ključni fokus u industriji sada je ugradnja prirodnih proizvoda u hranu. Ljekovite biljke koriste se za poboljšanje fizičkog izgleda, okusa i kao dodaci jelima u pekarskim proizvodima te za izradu funkcionalne hrane.

Uključivanje ljekovitog bilja kao sastojaka s dodanom vrijednošću u pekarski i slastičarski sektor nudi izgled za razvoj funkcionalne hrane koja objedinjuje okusna svojstva s potencijalnim svojstvima koja poboljšavaju zdravlje. To je u skladu s rastućom sklonošću potrošača prema proizvodima koji imaju svojstva koja promiču dobrobit, čineći uključivanje ovih botaničkih komponenti prepoznatljivom marketinškom značajkom za proizvođače.

Ova diversifikacija također proširuje spektar pekarskih i slastičarskih proizvoda koji su svjesniji zdravlja i nutritivno obogaćeni i koji su dostupni potrošačima. Postizanje



ovog nastojanja ovisi o preciznoj formulaciji, strogim mjerama osiguranja kvalitete i nedvosmislenom širenju informacija potrošačima.

Literatura

- Agba, T.D., Yahaya-Akor, N.O., Kaur, A., Ledbetter, M., Templeman, J., Wilkin, J.D., Onarinde, B.A., Oyeyinka, S.A. (2024). *Flour Functionality, Nutritional Composition, and In Vitro Protein Digestibility of Wheat Cookies Enriched with Decolourised Moringa oleifera Leaf Powder*. *Foods*, 13, 1654.
- Arraiza, M.P. and de Pedro, J.L. (2009). *Industrial use of medicinal and aromatic plants*.
- Balestra, F., Cocci, E., Pinnavaia, G.G., Romani, S. (2011). *Evaluation of Antioxidant, Rheological and Sensorial Properties of Wheat Flour Dough and Bread Containing Ginger Powder*. *LWT Food Sci. Technol.* 44, 700–705.
- Borczak, B., Sikora, E., Sikora, M., Kapusta-Duch, J., Kutyla-Kupidura, E.M., Folta, M. (2016). *Nutritional Properties of Wholemeal Wheat-Flour Bread with an Addition of Selected Wild Grown Fruits: Nutritional Properties of Wholemeal Wheat-Flour*. *Starch Stärke*, 68, 675–682.
- Bourekoua, H., Gawlik-Dziki, U., Różyło, R., Zidoune, M.N., Dziki, D. (2021). *Acerola fruit as a natural antioxidant ingredient for gluten-free bread: An approach to improve bread quality*. *Food Science and Technology International.*, 27(1), 13-21.
- Chis, M.S., Muste, S., Paucean, A., Man, S., Sturza, A., Petrut, G.S., et al. (2017). *A comprehensive review about antimicrobial effects of herb and oil oregano (Origanum vulgare ssp. Hirtum)*. *Hop Med Plants.*, 25(1-2), 17-27.
- Czajkowska–González, Y. A., Alvarez–Parrilla, E., del Rocío Martínez–Ruiz, N., Vázquez–Flores, A. A., Gaytán–Martínez, M., & de la Rosa, L. A. (2021). *Addition of phenolic compounds to bread: antioxidant benefits and impact on food structure and sensory characteristics*. *Food Production, Processing and Nutrition.*, 3(1), 1-12.
- Devaraj, A., Mahalingam, G. (2021). *Bioactive Molecules from Medicinal Plants as Functional Foods (Biscuits) for the Benefit of Human Health as Antidiabetic Potential [Internet]*. *Bioactive Compounds in Nutraceutical and Functional Food for Good Human Health*. IntechOpen. Available from: <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.93352>



- Devisetti, R., Sreerama, Y.N., Bhattacharya, S. (2015). *Processing effects on bioactive components and functional properties of moringa leaves: Development of a snack and quality evaluation. J. Food Sci. Technol.*, 53, 649–657.
- El-Gammal, R., Ghoneim, G., ElShehawy, S. (2016). *Effect of Moringa Leaves Powder (Moringa oleifera) on Some Chemical and Physical Properties of Pan Bread. J. Food Dairy Sci.*, 7, 307–314.
- Gavahian, M., Chu, Y.H., Lorenzo, J.M., Mousavi Khaneghah, A., Barba, F.J. (2020). *Essential oils as natural preservatives for bakery products: Understanding the mechanisms of action, recent findings, and applications. Crit Rev Food Sci Nutr.*, 60(2), 310-321.
- Kaushal, M.; Vaidya, D.; Gupta, A.; Kaushik, R.; Verma, A.K. (2019). *Bioactive Compounds and Acceptance of Cookies Supplemented with Ginger Flour. J. Pharmacogn. Phytochem.*, 8, 185–188.
- Ma, X., Ryu, G. (2018). *Effects of green tea contents on the quality and antioxidant properties of textured vegetable protein by extrusion-cooking. Food Sci Biotechnol.*, 28(1), 67-74.
- Milla, P.G., Peñalver, R., Nieto, G. (2021). *Health Benefits of Uses and Applications of Moringa oleifera in Bakery Products. Plants (Basel)*, 10(2), 318.
- Muresan C., Stan L., Man S., Scrob S. and Muste, S. (2012). *Sensory evaluation of bakery products and its role in determining of the consumer preferences. Journal of Agroalimentary Processes and Technologies*, 18(4), 304–306.
- Ogunsina, B., Radha, C., & Indrani, D. (2011). *Quality characteristics of bread and cookies enriched with debittered Moringa oleifera seed flour. International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 62(2), 185-194.
- Pop, A., Petrut, G., Muste, S., Paucean, A., Muresan, C., Salanta, L., Man, S. (2016). *Addition of plant materials rich in phenolic compounds in wheat bread in terms of functional food aspects. Hop and Medicinal Plants*, 24(1/2), 37-44.
- Salihu, S., Gashi, N., & Hasani, E. (2023). *Effect of Plant Extracts Addition on the Physico-Chemical and Sensory Properties of Biscuits. Applied Sciences*, 13(17), 9674.



Co-funded by
the European Union



Sayed Ahmad, B., Talou, T., Straumite, E., Sabovics, M., Kruma, Z., Saad, Z., Hijazi, A., Merah, O. (2018). *Protein Bread Fortification with Cumin and Caraway Seeds and By-Product Flour*. *Foods*, 7(3), 28.

Sitara, U.I. Niaz, J. (2008). Naseem and N. Sultana. *Antifungal effect of essential oils on in vitro growth of pathogenic fungi*. *Pak. J. Bot.*, 40, 409-414.

Wang, M., Yue, F., Jing, R., Hou, Y. (2012). *Study on Manufacture Craft of Hawthorn Ultrafine Powder Bread*. *Food Sci. Technol. Econ.*, 2, 44–46.



Co-funded by
the European Union



Poglavlje 10. Upotreba ljekovitih biljaka kao sastojaka s dodanom vrijednošću u industriji mesnih i mliječnih proizvoda (Ileana Cocan, Monica Negrea, Ersilia Alexa, Diana Obistioiu, Daniela Voica, Dana Avram)

Industrija mesa i mliječnih proizvoda suočava se s velikim izazovima u produljenju roka trajanja, održavanju senzorske kvalitete i osiguravanju sigurnosti hrane. U tom kontekstu primjena ljekovitog bilja postala je obećavajuće rješenje zbog njihovih antimikrobnih i antioksidativnih svojstava. Ovo poglavlje pruža opsežan pregled o korištenju ljekovitih biljaka kao sastojaka s dodanom vrijednošću u mesnoj i mliječnoj industriji te daje pregled dobrobiti koje ove biljke donose u kontekstu očuvanja, nutritivnog poboljšanja i sigurnosti hrane. Sa svojom snažnom bioaktivnošću, biljni spojevi prepoznati su kao učinkoviti prirodni dodaci koji pridonose produljenju roka trajanja prehrambenih proizvoda, poboljšanju okusa i optimizaciji nutritivne vrijednosti.

Uključivanje ljekovitih biljaka kao sastojaka s dodanom vrijednošću u sektoru mesa i mliječnih proizvoda označava fenomen koji se razvija i ujedinjuje gastronomsku domišljatost s potencijalnim atributima koji promiču zdravlje. Ovaj pristup uključuje uključivanje raznolikog spektra ljekovitog bilja u mesne i mliječne proizvode, a vrhunac je opskrba potrošača funkcionalnom hranom. Ovi proizvodi ne samo da zadovoljavaju senzorne preferencije, već također nude potencijal za svojstva koja poboljšavaju zdravlje. Ljekovite biljke se također koriste u ishrani s ciljem davanja funkcionalne vrijednosti prehrambenom proizvodu u koji se dodaju za promicanje zdravlja, budući da su u posljednje vrijeme kardiovaskularne ili gastrointestinalne bolesti, hipertenzija, dijabetes i rak u porastu u industrijaliziranim i dobro razvijenim zemljama. razvijenih zemalja. Istraživači stoga traže načine kako spriječiti te bolesti ili ublažiti njihove posljedice proizvodnjom zdravije ili funkcionalnije hrane. Tako je iz tradicionalne medicine poznata primjena ljekovitih biljaka s blagotvornim djelovanjem na zdravlje. Istovremeno, primjena ljekovitog bilja ima za cilj i smanjenje udjela masti ili soli [Krickmeier et al., 2019].



Ljekovite biljke sadrže niz bioaktivnih spojeva poput polifenola, flavonoida, tanina, alkaloida i eteričnih ulja koji mogu spriječiti kvarenje i poboljšati kvalitetu mesnih proizvoda. Ovi spojevi imaju antioksidativna i antimikrobna svojstva koja su izuzetno vrijedna u prehrambenoj industriji. Njihova uporaba u mesnim i mliječnim proizvodima poboljšava sigurnost hrane i smanjuje potrebu za sintetskim kemijskim konzervansima. Dodavanje prirodnih antioksidansa i antimikrobika mesu i mesnim proizvodima jedna je od važnih strategija u razvoju zdravijih i novih mesnih proizvoda. S tim u vezi, nekoliko studija koje su koristile ekstrakte bilja, začina, voća i povrća pokazalo je da je dodavanje ovih ekstrakata sirovim i kuhanim mesnim proizvodima smanjilo oksidaciju lipida, poboljšalo stabilnost boje i ukupni antioksidativni kapacitet, što su važne karakteristike za meso stabilno na polici. proizvoda [Hygreeva i sur., 2014.].

TG Dikme (2023) je naglasio da su ljekoviti i aromatični biljni ekstrakti integrirani u tradicionalne mesne, mliječne i pekarske proizvode, čime su dodali značajnu vrijednost [Dikme, 2023]. Na primjer, spojevi ružmarina i timijana naširoko se koriste u mesu i mliječnim proizvodima za sprječavanje oksidacije i mikrobiološkog kvarenja. Studija koju su proveli B Kaptan i GT Sivri (2018) pokazala je da su biljna eterična ulja učinkovita u zaštiti mliječnih proizvoda od patogenih mikroorganizama i produžuju rok trajanja [Kaptan i Sivri, 2018].

U drugoj studiji, Nieto (2020.) raspravljao je o važnosti majčine dušice, jedne od najčešće korištenih biljaka u prehrambenoj industriji, zbog svojih antioksidativnih i antimikrobnih svojstava, koja se koristi u mesu, mliječnim proizvodima i ribi za produljenje roka trajanja [Nieto, 2020.].

Prednosti korištenja ljekovitog bilja u prehrambenoj industriji nisu ograničene na produljenje roka trajanja ili poboljšanje okusa. Ove biljke također donose značajne zdravstvene prednosti potrošačima. Grigoriadou i sur. (2023) istaknuli su da su mediteranske biljke, poput origana, ružmarina i majčine dušice, prirodni izvori antioksidansa koji štite tijelo od oksidativnog stresa, čime se smanjuje rizik od kroničnih bolesti [Grigoriadou et al., 2023].

Važan čimbenik koji treba uzeti u obzir pri korištenju biljaka kao antioksidansa je minimalna učinkovita koncentracija, budući da većina njih, zbog visokog sadržaja antioksidansa, može ostaviti vrlo intenzivnu boju i okus [Oswell et al., 2018].



Neki začini s nižim antioksidativnim potencijalom zahtijevaju veću dozu uporabe. Ovo je slučaj za kumin i kardamom, s najnižom dozom pronađenom za kuhanu govedinu (1%), kako su utvrdili Qureshi i sur. [Qureshi i sur., 2023.].

Druga studija Iriondo-DeHonda i sur. (2018.) proučavali su upotrebu biljnih nusproizvoda u prehrambenoj industriji i pokazali da oni mogu pružiti zdravstvene prednosti, uključujući poboljšanje probave i smanjenje upale, zbog visokog sadržaja vlakana i fenolnih spojeva [Iriondo-DeHond et al., 2018.].

10.1. Primjena ljekovitog bilja u mesnoj industriji

U mesnoj industriji, biljke se koriste za smanjenje oksidacije lipida i inhibiranje rasta štetnih bakterija kao što su Salmonella i Listeria monocytogenes. DA Delesa (2018) pokazao je da je dodavanje biljnih ekstrakata poput origana i ružmarina mesnim proizvodima značajno smanjilo razgradnju lipida, čime je pomoglo u održavanju senzorske kvalitete i sigurnosti proizvoda [Delesa, 2018]. Također, Alirezalu i sur. (2020.) istaknuli su da nekoliko mediteranskih ljekovitih biljaka, poput ružmarina, ima sposobnost konzerviranja mesa, produžavanja roka trajanja i poboljšavanja okusa bez utjecaja na svojstva teksture [Alirezalu et al., 2020.].

Drugi važan aspekt primjene ljekovitog bilja u mesnoj industriji je njihov utjecaj na nutritivnu kakvoću proizvoda. Studija koju su proveli Singh i sur. (2015.) o korištenju Moringa oleifera u mesnim proizvodima pokazalo je da ova biljka ne samo da poboljšava oksidativnu stabilnost mesa, već također pruža prirodni izvor esencijalnih mikronutrijenata kao što su vitamin C i beta-karoten, čineći proizvode nutricionistički privlačnijim [Singh i sur., 2015.]. Osobito su ružmarin i majčina dušica poznati po svojim intenzivnim okusima koji su cijenjeni u proizvodima poput kobasica, mljevenog mesa i ostalih mesnih prerađevina. Grigoriadou i sur. (2023) istaknuli su da se te biljke koriste i za poboljšanje okusa i smanjenje količine soli i drugih sintetskih dodataka u mesu, osiguravajući zdraviji i privlačniji proizvod za potrošače [Grigoriadou et al., 2023].

Jedan od najvećih izazova mesne industrije je produljenje roka trajanja bez ugrožavanja kvalitete proizvoda. Dodavanjem biljnih ekstrakata proizvođači mesa mogu smanjiti potrebu za sintetičkim konzervansima. Nieto (2020) pokazao je da je



eterično ulje majčine dušice vrlo učinkovito u sprječavanju rasta štetnih bakterija i produljenju roka trajanja svježeg i prerađenog mesa [Nieto, 2020].

Isto tako, Pérez-Alvarez et al. (2019) istaknuli su da dodavanje biljnih ekstrakata, poput origana, može produžiti rok trajanja mesnih proizvoda bez utjecaja na senzorsku kvalitetu. Ovo je ključno u kontekstu moderne industrije, gdje se povećava potražnja za prirodnijom hranom bez kemijskih aditiva [Pérez-Alvarez et al., 2019].

Sigurnost hrane još je jedan važan aspekt korištenja ljekovitog bilja u mesnoj industriji. Puvača i sur. (2020) su pokazali da ljekovite biljke pridonose smanjenju bakterijskog opterećenja mesnih proizvoda pružajući prirodnu zaštitu od bakterijske kontaminacije [Pivača i sur., 2020]. Eterična ulja majčine dušice, origana i ružmarina pokazala su sposobnost inhibicije rasta patogenih bakterija bez utjecaja na kvalitetu proizvoda.

Također, Iriondo-DeHond i sur. (2018.) pokazalo je da dodavanje biljnih ekstrakata mesnim proizvodima može smanjiti rizik od kontaminacije hrane i produžiti rok trajanja, a istovremeno pruža zdravstvene prednosti potrošačima zbog njihovih antioksidativnih i antimikrobnih svojstava [Iriondo-DeHond i sur., 2018.].

10.1.1. Primjena ljekovitog bilja u različitim mesnim proizvodima

a) Kobasice i prerađevine od mesa

Kobasice i drugi prerađeni mesni proizvodi vrlo su osjetljivi na oksidaciju lipida i bakterijsku kontaminaciju. Dodatak biljnih ekstrakata pomaže u sprječavanju ovih problema. Pérez-Alvarez i sur. (2019) pokazalo je da su kobasice tretirane ekstraktima origana imale produljeni rok trajanja i poboljšani okus u usporedbi s kobasicama koje nisu sadržavale prirodne aditive [Pérez-Alvarez et al., 2019].

b) Sušeno i dimljeno meso

Zrelo i dimljeno meso još je jedno područje gdje se začinsko bilje koristi za poboljšanje senzorske kvalitete i mikrobiološke stabilnosti. Začinsko bilje poput majčine dušice i ružmarina obično se koristi u suhomesnatim pripravcima za dodavanje posebnih okusa i sprječavanje rasta štetnih mikroorganizama. Grigoriadou i sur. (2023.) su pokazali da je dodavanje majčine dušice zreлом mesu značajno



poboljšalo mikrobiološku stabilnost sprječavajući rast patogenih bakterija [Grigoriadou et al., 2023.].

c) Meso marinirano i spremno za kuhanje

Začinsko bilje se također često koristi u marinadama za meso za poboljšanje okusa i produljenje roka trajanja. Marinade na bazi ružmarina, origana i majčine dušice ne samo da daju atraktivne okuse, već pomažu u zaštiti mesa od oksidacije tijekom procesa kuhanja. Puvača i sur. (2020) su pokazali da su ove biljke vrlo učinkovite u održavanju svježine i kvalitete mesa pripremljenog za kuhanje [Pivača i sur., 2020].

10.2. Primjena ljekovitog bilja u mliječnoj industriji

Mlijeko i mliječni proizvodi jedna su od najčešćih namirnica u prehrani svih skupina stanovništva i kao takvi se konzumiraju, te predstavljaju pogodan medij za razvoj nepoželjnih mikroorganizama. Neki mikroorganizmi kvarenja mogu negativno utjecati na vizualni izgled i komercijalnu vrijednost, dok su drugi patogeni koji utječu na sigurnost proizvoda. Nedavne studije zabilježile su učinkovitost prirodnih biljnih spojeva kada se unesu izravno u mlijeko ili u sir uranjanjem ili prskanjem [Clarke et al., 2019; Ritota i Manzi, 2020.].

Začinsko bilje kao zamjena za aditive naširoko se koristi u mliječnoj industriji. Zbog bogatog sadržaja vitamina, minerala i drugih biološki aktivnih tvari povoljno djeluju na probavu, aktivnost i emocionalno stanje kardiovaskularnog sustava [Ogneva, 2015; Stanislav i sur., 2019].

Osim toga, začinsko bilje daje mliječnim proizvodima izražen okus i miris specifičan za biljke te atraktivan izgled. Biološki aktivne tvari iz biljnog materijala, uključujući i ljekovite bilje, predstavljaju perspektivan smjer u proizvodnji ljekovitih, preventivnih i funkcionalnih životinjskih proizvoda [Stanislav i sur., 2019].

U istraživanju koje su proveli Puvača i sur. (2020.), istraživači su pokazali da je upotreba biljaka poput majčine dušice i bosiljka u sirevima poboljšala mikrobiološku kvalitetu, pridonoseći produljenju roka trajanja i poboljšanom okusu [Pivača i sur., 2020.]. El-Sayed i Youssef (2019) pokazali su da ljekovite biljke mogu poboljšati oksidativnu stabilnost mliječnih proizvoda, posebno onih s visokim udjelom masti,



poput sireva i maslaca [El-Sayed i Youssef, 2019]. Biljke poput ružmarina i kadulje koriste se za sprječavanje užglosti i oksidacije masti, čime se pomaže produžiti rok trajanja i održati senzorna kvaliteta proizvoda.

Drugi primjer je korištenje ružmarina i kadulje u jogurtima i sirevima, za koje su Kaptan i Sivri (2018) dokazali da poboljšavaju mikrobiološku stabilnost i produljuju rok trajanja bez ugrožavanja prirodnog okusa proizvoda [Kaptan i Sivri, 2018].

Jedan od najvećih izazova u mliječnoj industriji je produljenje roka trajanja kvarljivih proizvoda kao što su jogurt, sir i mlijeko bez upotrebe sintetičkih konzervansa. Biljke nude prirodno rješenje za ovaj problem. Dikme (2023) je pokazao da eterična ulja iz biljaka kao što su timijan, bosiljak i origano imaju sposobnost inhibicije rasta štetnih mikroorganizama kao što su *Listeria monocytogenes* i *Escherichia coli*, koji se često nalaze u mliječnim proizvodima, produžujući tako rok trajanja mliječnih proizvoda [Dikme, 2023]. Ove bakterije odgovorne su za mnoge bolesti koje se prenose hranom i kvarenje mliječnih proizvoda.

U drugoj studiji, Pivača i sur. (2020.) dokazali su da ekstrakti origana i majčine dušice značajno produljuju rok trajanja jogurta i sireva sprječavajući bakterijsku kontaminaciju i nastanak plijesni [Pivača i sur., 2020.]. To je ključno za kvarljive proizvode kao što je jogurt, koji zahtijevaju optimalno očuvanje kako bi sigurno stigli do krajnjih potrošača. Jedan od najvećih izazova u mliječnoj industriji je produljenje roka trajanja kvarljivih proizvoda kao što su jogurt, sir i mlijeko bez upotrebe sintetičkih konzervansa. Biljke nude prirodno rješenje za ovaj problem.

Osim konzerviranja, začinsko bilje ima važnu ulogu u poboljšanju senzorskih kvaliteta mliječnih proizvoda. Biljke dodaju prirodne okuse i mogu smanjiti potrebu za umjetnim dodacima kao što su sintetičke arome ili pojačivači okusa. Nieto (2020) je istaknuo da se majčina dušica i menta često koriste u mliječnim proizvodima za poboljšanje okusa i davanje osjećaja svježine, posebno u proizvodima kao što su jogurt i sir [Nieto, 2020]. U istoj studiji Nieto (2020) naglašava da uporaba biljnih ekstrakata kao što je ružmarin ne samo da poboljšava stabilnost mliječnih proizvoda, već također pruža prirodno rješenje za konzerviranje koje zadovoljava potražnju potrošača za zdravijom i manje prerađenom hranom [Nieto, 2020].



Pérez-Alvarez i sur. (2019.) istraživali su upotrebu biljnih ekstrakata u jogurtima i drugim fermentiranim mliječnim proizvodima, naglašavajući da ti prirodni okusi ne samo da poboljšavaju osjetilno iskustvo, već pridonose i dugotrajnijem osjećaju svježine [Pérez-Alvarez et al., 2019.] . Konkretno, začinsko bilje poput metvice i bosiljka dodaje se jogurtima kako bi unijelo dašak svježine, a posebno se preferiraju u laganim mliječnim proizvodima i za zdravu prehranu.

Također, u zrelim sirevima, začinsko bilje ne samo da poboljšava okus, već pomaže u sprječavanju razvoja štetnih mikroorganizama. Kaptan i Sivri (2018) su pokazali da eterična ulja ružmarina i majčine dušice dodana sirevima poboljšavaju ne samo okus već i mikrobiološku stabilnost, sprječavajući stvaranje bakterija i plijesni koji bi mogli ugroziti kvalitetu proizvoda [Kaptan & Sivri, 2018].

Još jedna velika prednost korištenja ljekovitih biljaka u mliječnoj industriji je njihov potencijal obogaćivanja proizvoda funkcionalnim svojstvima. Ljekovito bilje bogato je antioksidansima, vlaknima i drugim bioaktivnim tvarima koje mogu pridonijeti poboljšanju zdravlja potrošača. Dodavanjem biljnih ekstrakata mliječni proizvodi postaju važan izvor fenolnih spojeva i flavonoida koji se povezuju sa smanjenim rizikom od kroničnih bolesti poput kardiovaskularnih bolesti i dijabetesa tipa 2.

Iriondo-DeHond i sur. (2018.) raspravljali su o važnosti funkcionalnih mliječnih proizvoda koji sadrže biljke za pružanje dodatnih zdravstvenih prednosti. Istaknuli su da antioksidansi u biljkama kao što su ružmarin i origano pomažu neutralizirati slobodne radikale u tijelu, čime sprječavaju oštećenje stanica i poboljšavaju cjelokupno zdravlje [Iriondo-DeHond et al., 2018].

Osim toga, mnoge biljke imaju korisna svojstva za probavu. Primjerice, paprena metvica poznata je po svom umirujućem djelovanju na probavni trakt i koristi se u mliječnim proizvodima za osobe koje pate od probavnih problema. Grigoriadou i sur. (2023.) istaknuli su prednosti biljaka za zdravlje probavnog sustava i kako se mogu integrirati u funkcionalne mliječne proizvode kao što su probiotski jogurti [Grigoriadou et al., 2023.].



10.2.1. Primjena ljekovitog bilja u različitim mliječnim proizvodima

a) Jogurti i fermentirani proizvodi

Jogurti i drugi fermentirani mliječni proizvodi jedno su područje u kojem se biljke naširoko koriste zbog svoje sposobnosti poboljšanja okusa i doprinosa zdravlju probavnog sustava. El-Sayed i Youssef (2019) istaknuli su da dodavanje majčine dušice i origana jogurtima ne samo da poboljšava okus, već i pridonosi rastu probiotičkih bakterija, poboljšanju zdravlja crijeva i ravnoteže mikrobiote [El-Sayed i Youssef, 2019]. Osim toga, ove biljke imaju antibakterijska svojstva koja pomažu u sprječavanju kontaminacije patogenim bakterijama.

b) Sirevi

Sirevi su još jedno važno područje primjene začinskog bilja. Biljni ekstrakti, poput ružmarina i bosiljka, koriste se za poboljšanje okusa i sprječavanje oksidacije masti, što može dovesti do užeglosti. Pivača i sur. (2020.) dokazali su da dodavanje biljnih ekstrakata zrelih sirevima pomaže u sprječavanju razvoja štetnih bakterija i plijesni, pridonoseći produljenju roka trajanja [Pivača i sur., 2020.].

c) Maslac i drugi mliječni proizvodi visoke masnoće

Mliječni proizvodi s visokim udjelom masti, poput maslaca, skloni su oksidaciji lipida, što može utjecati i na okus i na kvalitetu. Korištenje biljaka s antioksidativnim svojstvima, poput ružmarina i origana, pomaže u sprječavanju oksidacije i duljem održavanju okusa i teksture maslaca. Nieto (2020) je istaknuo da se eterična ulja iz ovih biljaka često koriste u maslacu kako bi se spriječila užeglost i osigurao svjež i prirodan okus [Nieto, 2020].

10.3. Perspektive i izazovi u korištenju ljekovitog bilja

Iako ljekovite biljke nude brojne dobrobiti, postoje i izazovi u standardizaciji njihove uporabe u industriji. Varijabilnost fitokemijskog sastava ovisno o vrsti, sezoni i metodama ekstrakcije može utjecati na njihovu učinkovitost u prehrambenim proizvodima. Paswan i sur. (2021.) raspravljali su o potrebi za daljnjim istraživanjem standardizacije biljnih ekstrakata za njihovu učinkovitu integraciju u lance proizvodnje hrane [Paswan et al., 2021.].



Zaključno, ljekovite biljke imaju značajnu vrijednost u prehrambenoj industriji, posebice u mesnim i mliječnim proizvodima, gdje pridonose produljenju roka trajanja, poboljšanoj nutritivnoj vrijednosti te zaštiti od oksidacije i mikrobiološke razgradnje. Njihova upotreba kao prirodnih sastojaka s dodanom vrijednošću nudi održivu alternativu sintetskim kemijskim dodacima, pridonoseći tako zdravijoj i sigurnijoj prehrani.

Literatura

- Alirezalu, K., Pateiro, M., Yaghoubi, M., & Alirezalu, A. (2020). *Phytochemical components, advanced extraction technologies and techno-functional properties of selected Mediterranean plants for use in meat products: A comprehensive review. Trends in Food Science & Technology*, 100, 292-306.
- Clarke, H. J., Griffin, C., Rai, D. K., O'Callaghan, T. F., O'Sullivan, M. G., Kerry, J. P., & Kilcawley, K. N. (2019). *Dietary Compounds Influencing the Sensorial, Volatile and Phytochemical Properties of Bovine Milk. Molecules (Basel, Switzerland)*, 25(1), 26.
- Delesa, D.A. (2018). *Traditional medicinal plants for industrial application as natural food preservatives. International Journal of Advanced Research in Biological Sciences*, 5(4), 85-94.
- Dikme, T.G. (2023). *Use of medicinal and aromatic plants in food. The Eurasian Clinical and Analytical Medicine*, 11(1) 6-10.
- El-Sayed, S.M., & Youssef, A.M. (2019). *Potential application of herbs and spices and their effects in functional dairy products. Heliyon*, 5, e01989.
- Grigoriadou, K., Cheilari, A., Dina, E., & Alexandri, S. (2023). *Medicinal and aromatic plants as a source of potential feed and food additives. Springer*, 117-135.
- Hygreeva, D., Pandey, M.C., Radhakrishna, K. (2014). *Potential applications of plant based derivatives as fat replacers, antioxidants and antimicrobials in fresh and processed meat products. Meat Sci.*, 98(1), 47-57.
- Iriondo-DeHond, M., Miguel, E., & Del Castillo, M.D. (2018). *Food byproducts as sustainable ingredients for innovative and healthy dairy foods. Nutrients*, 10, 1358.



- Kaptan, B., & Sivri, G.T. (2018). *Utilization of medicinal and aromatic plants in dairy products. Journal of Advanced Plant Science*, 1(2), 1-6.
- Krickmeier J., Schnaekkel W., Schnaekkel, D. (2019). *Recipe development for healthy sausages with medical plants. Food Science and Applied Biotechnology*, 2(1), 54-61.
- Nieto, G. (2020). *A Review on Applications and Uses of Thymus in the Food Industry. Plants*, 9, 961.
- Ogneva, O.A. (2015). *Developing fruit and vegetable products with bifidogenic properties. Cand eng. sci. diss. Krasnodar: North Caucasian Regional Research Institute of Horticulture and Viticulture*, 159.
- Oswell, N.J., Thippareddi, H., Pegg, R.B. (2018). *Practical use of natural antioxidants in meat products in the U.S.: A review. Meat Sci.*, 145, 469-479.
- Paswan, V.K., Rose, H., Singh, C.S., & Yamini, S. (2021). *Herbs and spices fortified functional dairy products. IntechOpen, in Herbs and Spices - New Processing Technologies, Edited by Rabia Shabir Ahmad.*
- Pérez-Alvarez, J.A., Viuda-Martos, M., & Fernández-López, J. (2019). *Research, Development, and Innovation in Dairy and Meat-Based Foods Using Valued Added Compound Obtained from Mediterranean Fruit By-Products. Taylor & Francis, In book: Green Extraction and Valorization of By-Products from Food Processing (pp.243-276).*
- Puvača, N., Ljubojević Pelić, D., & Tomić, V. (2020). *Antimicrobial efficiency of medicinal plants and their influence on cheeses quality. Hrvatski časopis za prehrambenu tehnologiju, biotehnologiju i nutricionizam*, 70 (1), 3-12.
- Qureshi, T.M., Nadeem, M., Iftikhar, J., Salim-ur-Rehman, Ibrahim, S.M., Majeed, F., Sultan, M. (2023). *Effect of Traditional Spices on the Quality and Antioxidant Potential of Paneer Prepared from Buffalo Milk. Agriculture*, 13(2), 491.
- Ritota, M., Manzi, P. (2020). *Natural Preservatives from Plant in Cheese Making. Animals*, 10(4), 749.
- Singh, T.P., Singh, P., & Kumar, P. (2015). *Drumstick (Moringa oleifera) as a food additive in livestock products. Nutrition & Food Science*, 45(3), 423-432.
- Stanislav, S., Lidiia, A., Yuliya, G., Andrey, L., Elizaveta, P., Irina, M., Aleksandr, R. (2019). *Functional dairy products enriched with plant ingredients. Foods and Raw materials*, 7(2), 428-438.

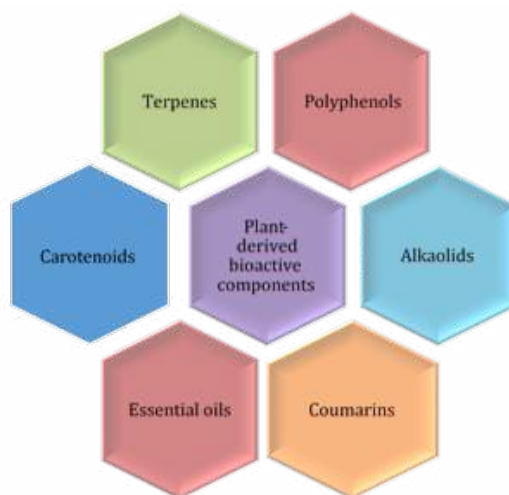


Poglavlje 11. Farmakološko djelovanje i učinci na zdravlje prirodnih proizvoda dobivenih iz ljekovitog bilja (Dehelean CA, Šoica CM, Pînzaru IA)

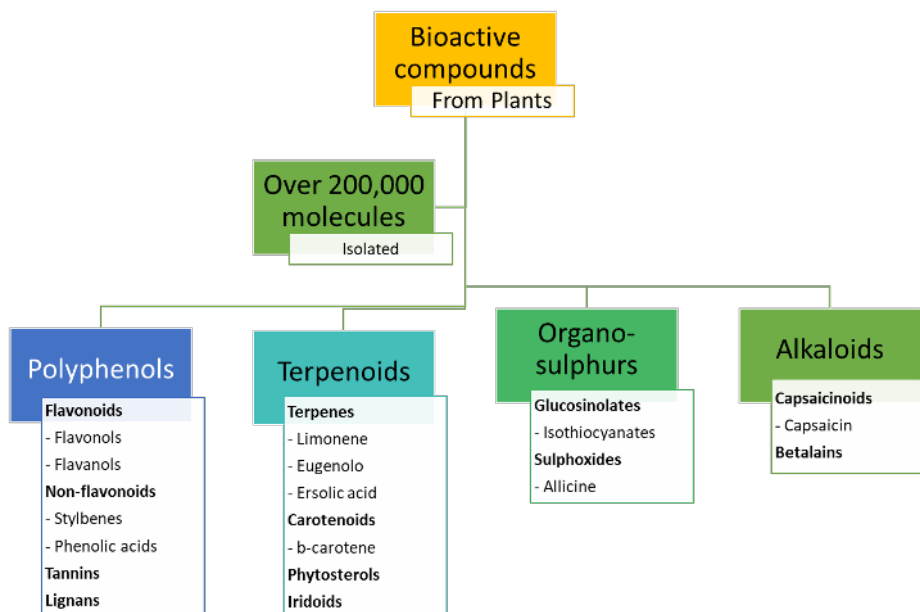
11.1. Uvod

Farmakološko djelovanje prirodnih proizvoda dobivenih iz ljekovitog bilja i njihov učinak na zdravlje od velikog su interesa za farmakologiju, medicinu i praktičare prirodnog zdravlja. Biljke sadrže niz bioaktivnih spojeva koji mogu imati različite učinke na ljudski organizam: minerale i vitamine koji su nužni sastojci zdrave ljudske prehrane, kao i brojne primarne i sekundarne metabolite koji utječu na prehranu i zdravlje čovjeka.

Sekundarni metaboliti nisu bitni u biljkama, ali ti spojevi pokazuju biološku aktivnost koja ih čini vrlo korisnima kao sastojcima za formuliranje tradicionalnih i modernih lijekova. Od posebne su važnosti bioaktivne komponente koje se sastoje od fitokemijskih tvari kao što su polifenoli, karotenoidi, terpeni, alkaloidi, kumarini i eterična ulja (Slika 11.1) [Samtiya et al., 2021].



Slika 11.1. Bioaktivni spojevi biljnog podrijetla.



Slika 11.2. Bioaktivni spojevi prisutni u voću i povrću [Desjardins, 2014].

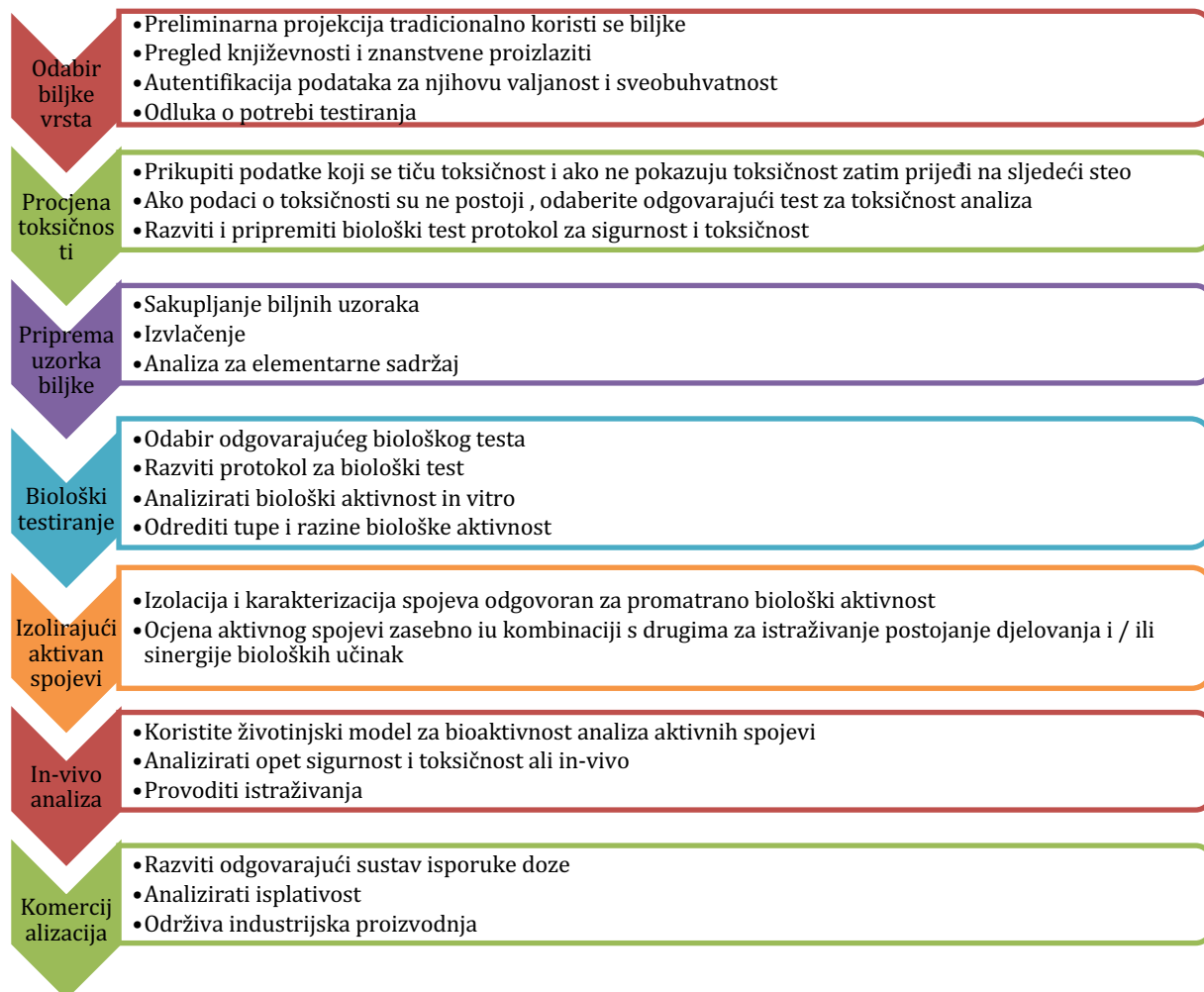
Kroz povijest medicine biljke su imale presudnu ulogu zbog svojih izvanrednih terapijskih svojstava. I danas se istraživanjem biljaka otkrivaju nove bioaktivne molekule. Danas više od polovice lijekova koji se koriste za liječenje i prevenciju raznih bolesti potječu iz biljaka. Osim toga, tradicionalna medicina je primarna metoda liječenja većine bolesti diljem svijeta [Gad i sur., 2013].

Morfin je bio prvi biljni spoj izoliran i korišten u ljudskoj medicini. Došao je iz vrste *Papaver somniferum*, a označio je početak doba otkrića lijekova 1803. godine [Krishnamurti, 2016]. Od tada je više od 70 000 biljnih vrsta proučavano i korišteno u tradicionalnoj medicini zbog svojih izvanrednih bioloških svojstava. Nedavno je broj otkrivenih biljnih lijekova porastao zbog znanstvenog napretka u poljima kao što su genomika i proteomika. Korištenje metabolomičkih studija također se koristi za identifikaciju novih bioloških ciljeva, razjašnjavanje mehanizama djelovanja i održavanje dokaza o dobrobiti lijekova i terapijskih učinaka koji su razvijeni [Nasim et al., 2022].

Istraživanja u medicinskom polju prvenstveno su usmjerena na otkrivanje spoja koji najviše obećava i koji će biti učinkovit u liječenju mnoštva patologija, uključujući rak, kardiovaskularne bolesti i neurodegenerativne poremećaje [Thomford et al., 2018



J. Da bi se dobio lijek, prvi koraci uključuju izolaciju i pročišćavanje spojeva iz njihovih prirodnih izvora (slika 11.3).



Slika 11.3. Dijagram toka proučavanja ljekovitog bilja [Azmir, 2013].

Biljke proizvode signalne molekule kao što su citokinin, auksin i salicilna kiselina, kao i sekundarne metabolite kao što su alkaloidi, polifenoli i terpenoidi, koji igraju integralnu ulogu u fiziološkim procesima biljaka. Oslobađanje ovih molekula posebno je važno u stresnim uvjetima kako bi se biljka zaštitila. Tradicionalna medicina uvelike se oslanja na ove spojeve zbog njihove male veličine molekula i različitih mehanizama djelovanja [Lepri et al., 2023].

Biotehnološki napredak rezultirao je i razvojem terapijskih proteina iz povrća. Biljni lijekovi mogu se koristiti za liječenje raznih stanja, uključujući rak, HIV, kardiovaskularne bolesti i dijabetes. Lijekovi su poznati kao biološki proizvodi iz biljaka

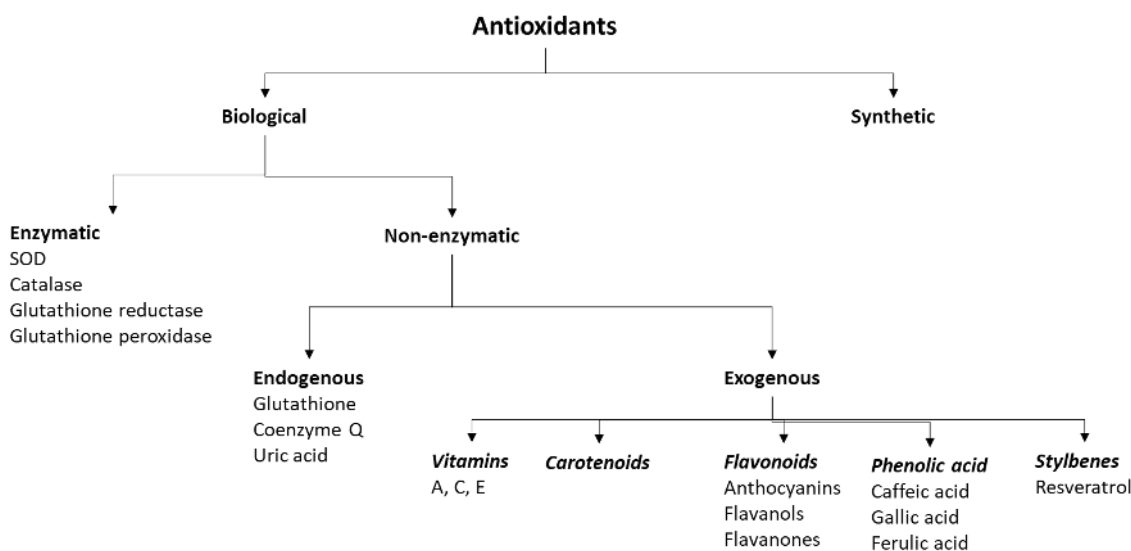


i imaju prednost što lakše stvaraju terapeutske proteine od metoda koje se temelje na kulturama životinjskih stanica ili mikrobnj fermentaciji. Osim toga, karakterizira ih manji rizik od mikrobne kontaminacije, što ih čini kompetentnom platformom i jednom od najbrže rastućih klasa proizvoda u farmaceutskoj industriji. Mnogi lijekovi koji se koriste u modernom svijetu temelje se na proteinima dobivenim iz biljaka [Chen 2016]. Na primjer, mrkva proizvodi talilglucerazu alfa, tvar koja se koristi za liječenje Gaucherove bolesti. Također, cjepiva protiv gripe prolaze klinička ispitivanja, a cjepiva protiv COVID-19 temeljena na česticama sličnim virusu predstavljaju važan biofarmaceutski kandidat [Rosales-Mendoza, 2020.]

Prirodni proizvodi privukli su pozornost farmaceutske industrije, što je rezultiralo povećanim interesom za lijekove biljnog podrijetla. Prirodni lijekovi imaju brojne prednosti u odnosu na sintetske lijekove, uključujući niže rizike, veću terapijsku učinkovitost te lakši metabolizam i apsorpciju. Štoviše, procesi pročišćavanja i standardizacije jednog spoja su praktičniji, olakšavajući njegovu upotrebu u modernim sustavima za isporuku lijekova.

11.2. Bioaktivni spojevi biljnog podrijetla kao antioksidansi

Fenoli se smatraju ključnim fitokemijskim spojevima koji mogu pomoći u održavanju boljeg zdravlja ljudi zbog svoje dokazane snažne antioksidativne aktivnosti, što može pomoći u smanjenju rizika od određenih kroničnih bolesti: srčanih poremećaja, artritisa, neurodegenerativnih bolesti, raka, arterioskleroze. Antioksidansi su spojevi koji čiste slobodne radikale u ljudskom sustavu. Dok ljudsko tijelo ima prirodni antioksidativni obrambeni sustav koji drži slobodne radikale pod kontrolom. Prirodni antioksidansi koji se nalaze u hrani, posebice voću, povrću i drugim biljkama, igraju važnu ulogu u prevenciji bolesti i u situaciji viška slobodnih radikala. Među fenolnim spojevima najzastupljeniji su flavonoidi. Sastoje se od antocijana, antocijanidina, flavonola, flavona i flavanona za koje se pokazalo da posjeduju antioksidativna, protuupalna, antimutagena i antikarcinogena svojstva [Jideani et al., 2021.] (Slika 11.4).



Slika 11.4. Klasifikacija antioksidansa [Kotha et al., 2022].

Posebna klasa bioaktivnih molekula biljnog podrijetla su eterična ulja koja su mješavina kemijskih spojeva manje molekularne težine, kao što su terpenoidi, karbonilni spojevi, alkoholi, alifatski spojevi i polifenoli. Ekstrahiraju se iz raznih ljekovitih biljaka u farmakološkoj industriji zbog svojih antioksidativnih, antifungalnih, antimikrobnih i antivirusnih svojstava. Eterična ulja izdvojena su iz različitih biljnih dijelova listova, plodova, cvjetova, kore i korijena destilacijom vodenom parom, ekstrakcijom otapalom i hidrodestilacijom. Nekoliko in vitro, in vivo i kliničkih ispitivanja pokazalo je sigurnost i učinkovitost antioksidativnih eteričnih ulja (EO) u oralnom zdravlju. Proizvodi dobiveni iz različitih ljekovitih biljaka kao što su *Azadirachta indica*, *Thymus vulgaris*, *Asparagus racemosus*, *Juglans regia* i *Ocimum sanctum* posjeduju različite vrste fitokemikalija, a neke se koriste u farmaceutici [Kumar et al., 2021].

11.3. Bioaktivni spojevi biljnog podrijetla kao protuupalni

Upala je molekularni biološki odgovor živih organizama na niz egzogenih stresora: kemijskih, mehaničkih i infektivnih mikroorganizama. Učinak upale je oslobađanje upalnih citokina i ne-citokinskih medijatora kao što su reaktivne kisikove vrste (ROS) i dušikov oksid (NO) koji mogu završiti u raznim kroničnim bolestima, uključujući kardiovaskularne bolesti, dijabetes, demenciju i rak. Nekoliko je strategija liječenja u medicinskim ispitivanjima za sprječavanje ovih stadija kronične upale. Među



tim strategijama, organske fitokemikalije dobivene iz bilja i začina dugo su se koristile kao osnovni terapijski alat zbog svojih navodnih ljekovitih učinaka na protuupalno djelovanje.

Posljednjih desetljeća objavljeno je na stotine istraživanja i preglednih članaka o protuupalnim aktivnostima biljaka (tablica 11.1).

Tablica 11.1. Protuupalno djelovanje nekih ljekovitih biljaka [Nunes et al., 2020].

Broj	Botanički naziv	Biljka/obitelj	Korišteni dijelovi	Sastavni spojevi
01	<i>Bagrem katehu</i>	Mimosaceae	Kora, drvo, cvjetni vrhovi, guma.	Tanin, guma, katehuinska kiselina
02	<i>Azadirachta indica</i>	Meliaceae	List, korijen, ulje, sjeme, guma, plod, cvijet.	Margozin, gorko ulje, azadirahthin.
03	<i>Caesalpinia crista</i>	Caesalpiniaceae	Sjeme, korijen, list, kora korijena.	Oleinska, linolna, palmitinska, stearinska kiselina, fitosteroli.
04	<i>Cassia angustifolia</i>	Caesalpinaceae	Mahune, osušeni listovi.	Emodin, eatharitin, sluz, senapikrin, opleanska kiselina.
05	<i>Coriandrum sativum</i>	Umbelliferaeapiaceae	List, kora, cvijet	Tanin, katartin, jabučna kiselina, katartin, albuminoidi.
06	<i>Cuscuta reflexa</i>	Convolvulaceae	Biljka, sjeme, plod, stabljika.	Kuskutin, flavonoid, glukozid, bergenin, kumarin.
07	<i>Enicostema littorale</i>	Gentianaceae	Cijela biljka.	Alkaloidi, gentiokrucin
08	<i>Erythrina variegata</i>	Papilionaceae	Lišće, kora, korijenje, cvijet.	2-hidroksigenistein, genistein.



Broj	Botanički naziv	Biljka/obitelj	Korišteni dijelovi	Sastavni spojevi
09	<i>Euphorbia hirta</i>	Euphorbiaceae	Biljka, korijenje, lišće	Askorbinska kiselina, β -amirin, kolin, inozitol, linolna kiselina, β -sitosterol.
10	<i>Euphorbia tirucalli</i>	Euphorbiaceae	Korijen, biljka (mlijeko, sok).	β -sitosterol, elaginska kiselina, limunska kiselina, jabučna kiselina, euholglukoza.
11	<i>Fagonia cretica</i>	Zygophyllaceae	Lišće, grančice, kora.	Betulin
12	<i>Ficus bengalski</i>	Moraceae	Zračno korijenje, kora, sjemenke, listovi, pupoljci, plodovi, lateks.	Kožica, plodovi sadrže 10% tanina.
13	<i>Ficus carica</i>	Moraceae	Plod, korijen.	Alkaloidi, askorbinska kiselina, kafeinska kiselina, niacin, linolna kiselina, lutein, β -karoten, pantotenska kiselina, β -amirin.
14	<i>Ficus religiosa</i>	Moraceae	Kora, lišće, plodovi, nježni izdanci, sjemenke.	Kora sadrži tanine, gumu, vosak.
15	<i>Foeniculum vulgare</i>	Apiaceae	Plod, korijen, sjeme, lišće.	Askorbinska kiselina, estragol, kumarinska kiselina, kafeinska kiselina, α -terpinen, skoparon, skopoletin, cinarin, D-limonen, α -felandren.



Broj	Botanički naziv	Biljka/obitelj	Korišteni dijelovi	Sastavni spojevi
16	<i>Gentiana kuroo</i>	Gentianaceae	Rizomi (korijenje)	Gentiopikrin, gencijanska kiselina
17	<i>Gloriosa superba</i>	Liliaceae	Rizom, gomolj, lišće, cvijet	Kolin, kolhicin, stigmasterol, salicilna kiselina, 2-metilkolhicin.
18	<i>Glycyrrhiza glabra</i>	Papilionaceae	Korijenje, lišće.	Genistein, eugenol, bergapten, glicirizin, acetofenon, estragol, kamfor, askorbinska kiselina, apigenin, anetol.
19	<i>Gmelina arborea</i> Roxb	Verbenaceae	Cijela biljka.	Betulin
20	<i>Grewia asiatica</i>	Tiliaceae	Lišće, korijenje, plodovi, kora.	Betulin
21	<i>Hibiscus rosa-Sinensis</i>	Malvaceae	Pupoljci, korijenje, lišće, cvijet	Kvercetin, askorbinska kiselina.
22	<i>Hygrophila auriculata</i>	Acanthaceae	Korijenje, lišće, sjemenke.	Oleinska i linolna kiselina u sjemenskom ulju, palmitinska kiselina, stearinska kiselina.
23	<i>Manihot esculenta</i>	Euphorbiaceae	Gomoljasto korijenje.	Askorbinska kiselina, palmitinska kiselina, laurinska kiselina, stearinska kiselina, oleinska kiselina.
24	<i>Martynia annua</i>	Pedaliaceae	Plodovi, listovi.	Pelargonidin-3,5-diglukozid, cijanidin-3-galaktozid, polusušivo ulje.



Broj	Botanički naziv	Biljka/obitelj	Korišteni dijelovi	Sastavni spojevi
25	<i>Momordica charantia</i>	Cucurbitaceae	Cijela biljka	5-hidroksitriptamin, alkaloidi, askorbinska kiselina, β -karoten, kolesterol, lutein, diosgenin, lanosterol, likopen, momordicin, charantin niacin, momordikozid.
26	<i>Moringa oleifera</i>	Moringaceae	Korijenje, kora, lišće, sjeme.	Kolin, moringinin, miristinska, askorbinska kiselina, β -karoten, niacin, oleinska kiselina, spirohin, stearinska kiselina, tokoferol, vanilin.
27	<i>Nelumbo nucifera</i>	Nymphaeaceae	Cijela biljka.	Anonain, askorbinska kiselina, β -karoten, bakar, eruka kiselina, glutation, hiperozid, miristinska kiselina, nuciferin, oksuhinsunin, rutin, stearinska kiselina, trigonelin, kemferol, D-katehin.
28	<i>Nicotiana tobacum</i>	Solanaceae	Lišće.	1,8-cineol, 4-vinilgvajakol, acetaldehid, acetofenon, alkaloidi, anabazin, nikotinska kiselina, nikotin, skopoletin, kvercitrin, sorbitol, tokoferol, stigmasterol, trigonelin.
29	<i>Nigella sativa</i>	Ranunculaceae	sjemenke.	α -spinasterol, askorbinska kiselina, β -sitosterol, karvon, D-limonen, linolna kiselina, miristinska kiselina, metionin, nigelon, stearinska kiselina, stigmasterol, tanin, timokinon, hederagenin.



Broj	Botanički naziv	Biljka/obitelj	Korišteni dijelovi	Sastavni spojevi
30	<i>Ocimum basilicum</i>	Lamiaceae	Cijela biljka	Octena kiselina, askorbinska kiselina, asparaginska kiselina, apigenin, arginin.
31	<i>Plumbago zeylanica</i>	Plumbaginaceae	Korijen, lišće, korijen, kora.	Plumbagin, droseron, 3-kloroplumbagin, hitranon, zejlinon, eliption, izozejlinon.
32	<i>Portulaca oleraceae</i>	Portulacaceae	Stabljika, lišće, sjemenke.	Oleracini I i II, acilirani betacijanini, ugljikohidrati, galakturonska kiselina, sluz.
33	<i>Pterocarpus marsupium</i>	Fabaceae	lišće, cvijet, guma srce,	Alkaloidi, guma, eterično ulje, polusušeno fiksirano ulje.
34	<i>Solanum melongena</i>	Solanaceae	Korijenje, lišće, nježni plodovi.	Askorbinska kiselina, alanin, arginin, kafeinska kiselina.
35	<i>Solanum nigrum</i>	Solanaceae	Cijela biljka.	Solenin, solasodin.
36	<i>Stereopermum suaveolens</i>	Bignoniaceae	Korijenje, cvijet	Sluz, albumin, šećer, vosak, lapakol, dehidrotektol, β -sitosterol, <i>n</i> - triakontanol.
37	<i>Tephrosia purpurea</i>	Fabaceae	Cijela biljka	Tephrosin, betulinska kiselina, lupeol, rutin.
38	<i>Terminalia chebula</i>	Combretaceae	Zreli, nezreli plodovi.	Askorbinska kiselina, galna kiselina, elaginska kiselina, hebulna kiselina.
39	<i>Thespesia populnea</i>	Malvaceae	Cijela biljka	Gosipol, herbacetin, kemferol.
40	<i>Thespesia populneoides</i>	Malvaceae	Cijela biljka	Populneol, gosipol, kemferol, kvercetin-5-glukozid,



Broj	Botanički naziv	Biljka/obitelj	Korišteni dijelovi	Sastavni spojevi
				kalikopterin, kemferol-5-glukozid, kemferol-3-gluozid.
41	<i>Tinospora cordifolia</i>	Menispermaceae	stabljika	Alkaloidi, škrob.
42	<i>Vernonia cinerea</i>	Asteraceae	Cijela biljka	Linolna kiselina, lupeol, vernolna kiselina.

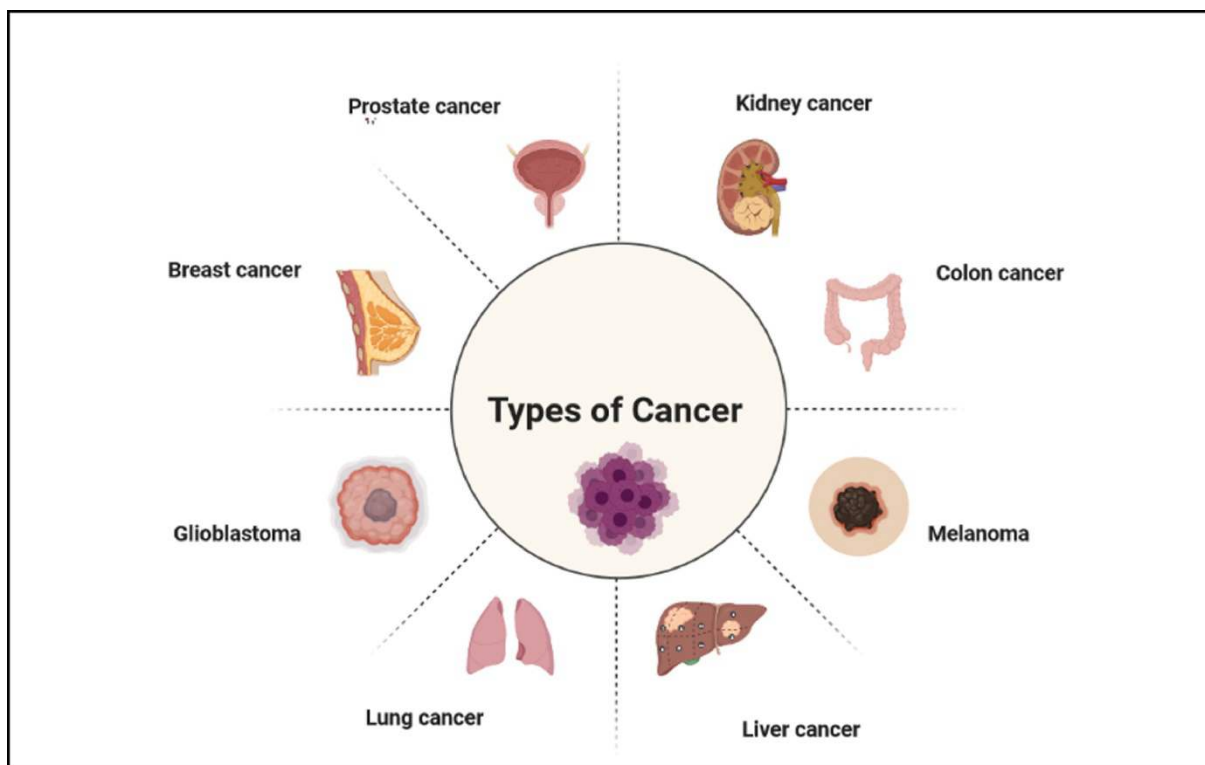
Polifenolni spojevi kao što su tanini, lignani, kumarini, saponini i posebno flavonoidi privukli su značajnu pozornost zbog svojih modulacijskih učinaka na upale. Flavonoidi predstavljaju skupinu biljnih pigmenata koji su široko rasprostranjeni u prirodi, a nalaze se u voću, sjemenkama, cvijeću i kori. Flavonoidi imaju protuupalni kapacitet budući da inhibiraju proizvodnju upalnih medijatora modulirajući put arahidonske kiseline, inhibirajući nekoliko enzima kao što su ATPaza, prostaglandin, ciklooksigenaza, lipoksigenaza, NADH oksidaza, protein kinaza, hidrolaze, peroksidaze, metalopeptidaze, tirozinaze i fosfolipaze. Stoga su flavonoidi bili meta sve većeg interesa kao potencijalni terapijski lijek za inhibiciju ili čak smanjenje upalne aktivnosti.

11.4. Bioaktivni spojevi biljnog podrijetla kao antikancerogeni

Rak je poremećaj koji rigorozno pogađa ljudsku populaciju diljem svijeta. To je ekstremni metabolički poremećaj koji je doživio značajan napredak u planovima liječenja i preventivnim lijekovima. Također se naziva neoplastična bolest, koju karakterizira nekontrolirana proliferacija praćena stalnim umnažanjem ljudskih stanica. Ljekovite biljke, kroz raznolikost svojih kemijskih sastojaka, imaju potencijal regulirati puteve matičnih stanica raka. Najpoznatiji antikancerogeni spojevi biljnog podrijetla od medicinske važnosti uključuju one koji su posebno dobri u napadu na sustav citoskeleta staničnih mikrotubula koji uključuju alkaloida Vinca i taksane, npr. docetaksel (Taxotere), paklitaksel (Taxol) i druge. Izuzetno je važno znati o različitim



vrstama karcinoma zajedno s ciljevima koji su odgovorni za njih kako bi se pronašla terapijska opcija za njihovo liječenje (Slika 11.5).



Slika 11.5. Vrste karcinoma [Roy et al., 2022].

Da zaključimo, prirodni proizvodi dobiveni iz ljekovitog bilja imaju širok raspon farmakoloških djelovanja. Različiti aspekti zdravlja mogu imati koristi od njihovog terapijskog potencijala, u rasponu od kontrole upale do zaštite od infekcija i oksidativnog stresa. Kako u tradicionalnoj tako i u modernoj medicini, ti su prirodni proizvodi odigrali važnu ulogu u razvoju farmaceutskih lijekova. Kako bi se osigurala sigurnost i učinkovitost, njihova uporaba trebala bi biti vođena znanstvenim dokazima i medicinskom ekspertizom.

Literatura

Chen, Q., & Davis, K. R. (2016). *The potential of plants as a system for the development and production of human biologics*. *F1000Research*, 5, F1000 Faculty Rev-912.



- Desjardins, Y. (2014). *Fruit and Vegetables and Health: An Overview*. In *Horticulture: Plants for People and Places*; Dixon, G. R., Aldous, D. E., Eds.; Springer Science+Business Media Dordrecht, 3, 965–1000.
- Dzobo, K. (2022). *The role of natural products as sources of therapeutic agents for innovative drug discovery*. *Comprehensive Pharmacology*, 408.
- Gad, H. A., El-Ahmady, S. H., Abou-Shoer, M. I., & Al-Azizi, M. M. (2013). *Application of chemometrics in authentication of herbal medicines: a review*. *Phytochemical analysis : PCA*, 24(1), 1–24.
- Krishnamurti, C., Rao, S.C. (2016). *The isolation of morphine by Serturmer*. *Indian J Anaesth.*, 60(11), 861-862.
- Jideani, A. I., Silungwe, H., Takalani, T., Omolola, A. O., Udeh, H. O., & Anyasi, T. A. (2021). *Antioxidant-rich natural fruit and vegetable products and human health*. *International Journal of Food Properties*, 24(1), 41-67.
- Kotha, R. R., Tareq, F. S., Yildiz, E., & Luthria, D. L. (2022). *Oxidative stress and antioxidants—A critical review on in vitro antioxidant assays*. *Antioxidants*, 11(12), 2388.
- Kumar, M., Prakash, S., Radha, Kumari, N., Pundir, A., Punia, S., ... & Mekhemar, M. (2021). *Beneficial role of antioxidant secondary metabolites from medicinal plants in maintaining oral health*. *Antioxidants*, 10(7), 1061.
- Lepri, A., Longo, C., Messori, A., Kazmi, H., Madia, V. N., Di Santo, R., Costi, R., & Vittorioso, P. (2023). *Plants and Small Molecules: An Up-and-Coming Synergy*. *Plants (Basel, Switzerland)*, 12(8), 1729.
- Nasim, N., Sandeep, I. S., & Mohanty, S. (2022). *Plant-derived natural products for drug discovery: current approaches and prospects*. *The Nucleus : an international journal of cytology and allied topics*, 65(3), 399–411.
- Nunes, C. D. R., Barreto Arantes, M., Menezes de Faria Pereira, S., Leandro da Cruz, L., de Souza Passos, M., Pereira de Moraes, L., ... & Barros de Oliveira, D. (2020). *Plants as sources of anti-inflammatory agents*. *Molecules*, 25(16), 3726.
- Rosales-Mendoza, S. (2020). *Will plant-made biopharmaceuticals play a role in the fight against COVID-19?* *Expert Opin Biol Ther.*, 20(6), 545-548.



Co-funded by
the European Union



Roy, A., Datta, S., Bhatia, K. S., Jha, P., & Prasad, R. (2022). *Role of plant derived bioactive compounds against cancer. South African Journal of Botany*, 149, 1017-1028.

Samtiya, M., Aluko, R. E., Dhewa, T., & Moreno-Rojas, J. M. (2021). *Potential health benefits of plant food-derived bioactive components: An overview. Foods*, 10(4), 839.

Thomford, N. E., Senthebane, D. A., Rowe, A., Munro, D., Seele, P., Maroyi, A., & Dzobo, K. (2018). *Natural Products for Drug Discovery in the 21st Century: Innovations for Novel Drug Discovery. International journal of molecular sciences*, 19(6), 1578.



Poglavlje 12. Ljekovito bilje i prehrambene referentne vrijednosti (Dehelean CA, Șoica CM, Pînzaru IA)

Prehrambene referentne vrijednosti i ljekovito bilje dva su različita, ali međusobno povezana aspekta zdravlja i prehrane. Dijetetske referentne vrijednosti utvrđene su kako bi vodile pojedince u održavanju uravnotežene i zdrave prehrane, dajući mjerila za optimalan unos hranjivih tvari potrebnih za pravilno funkcioniranje tijela. S druge strane, bilje može pomoći u postizanju ovih prehrambenih ciljeva, donoseći dodatne zdravstvene prednosti.

Globalno gledano, prehrana igra ključnu ulogu u sprječavanju smrtnosti i poboljšanju kvalitete života [Engleski et al., 2021]. Zbog toga dijetalna intervencija zahtijeva značajan napor i od strane zdravstvenih djelatnika i od strane pacijenata. Utvrđeno je da se mnogo puta nutricionističko savjetovanje pacijenata tretira površno, s većinom fokusa na farmakološke intervencije [Hever, 2017].

Glavne dobrobiti biljne prehrane također su istaknute u odnosu na znanstveni napredak u tom području. Prehrana cjelovitom hranom, koja uključuje povrće, voće, mahunarke, cjelovite žitarice, orašaste plodove, sjemenke, bilje i začine, poznata je po svojoj sposobnosti sprječavanja kroničnih bolesti poput kardiovaskularnih bolesti i raka. Nekoliko udruga posvećenih prevenciji ovih bolesti, kao i Ministarstvo poljoprivrede Sjedinjenih Država, istaknuli su važnost osiguravanja odgovarajućeg unosa vlakana, minerala i vitamina, preporučujući da polovicu tanjura čini povrće i voće [McGuire , 2016.; USDA, 2020.].

Osim toga, sve je veći interes za korištenje ljekovitog bilja kao sastavnog dijela zdravog načina života. Biljke poput đumbira, kurkume, ehinaceje i mnogih drugih tradicionalno se koriste zbog svojih terapijskih i preventivnih svojstava. Ove biljke sadrže bioaktivne spojeve koji mogu pružiti antioksidativne, protuupalne i antimikrobne učinke, pridonoseći cjelokupnom zdravlju i prevenciji bolesti [Pan et al., 2013].

U današnjem kontekstu sve je veći interes za integrativna istraživanja koja spajaju tradicionalna znanja o ljekovitom bilju sa suvremenim znanstvenim metodama istraživanja. Tako se mogu dobiti čvršći dokazi o učinkovitosti i sigurnosti korištenja



ovih biljaka u terapijske svrhe. Kako sve više studija naglašava dobrobiti i mehanizme djelovanja ljekovitih biljaka, one se sve više integriraju u protokole liječenja i prehrambene preporuke [Tapsell i sur., 2006.].

Zaključno, holistički pristup koji uključuje i prehrambene referentne vrijednosti i korištenje ljekovitog bilja može dovesti do poboljšanja zdravlja i prevencije kroničnih bolesti, pružajući čvrste temelje za zdrav i uravnotežen način života.

12.1. Biljni makronutrijenti

Idealan omjer makronutrijenata u hrani još uvijek je tema o kojoj se žestoko raspravlja. Postoje brojni dokazi koji naglašavaju zdravstvene dobrobiti biljne prehrane [Yokose et al., 2021]. Najvažniji makronutrijenti koji se mogu naći u biljnom carstvu uključuju ugljikohidrate, proteine i masne kiseline.

Ugljikohidrati

Preporučeni dnevni unos ugljikohidrata u normalnim uvjetima je približno 130 grama, isključujući trudnoću i dojenje [Clemente-Suárez et al., 2021]. Postoji niz optimalnih izvora ugljikohidrata, uključujući povrće, voće i žitarice. Uobičajeno je označavati određene biljne namirnice kao primarne izvore ugljikohidrata, poput cijelih gomolja i krumpira. Sadržaj proteina u ovim proizvodima je zadovoljavajući, unatoč činjenici da se smatraju visokoenergetski, ali nisko proteinskim. Zamjenom riže npr. piletinom održava se ravnoteža dušika. Ovi rezultati pokazuju da izvori hrane temeljeni na povrću mogu zadovoljiti prehrambene potrebe na zdrav i uravnotežen način [Alcorta et al., 2021].

Ugljikohidrati su esencijalni makronutrijenti koji tijelu daju energiju, a posebno su važni za optimalno funkcioniranje mozga i živčanog sustava [Slavin, 2013]. Izvori složenih ugljikohidrata poput cjelovitih žitarica, povrća i mahunarki preferiraju se u odnosu na jednostavne ugljikohidrate koji se nalaze u rafiniranim šećerima i prerađenoj hrani zbog njihovih zdravstvenih prednosti. Oni postupno oslobađaju energiju, održavajući stabilnu razinu šećera u krvi i osiguravajući dugotrajnu sitost [Mann i Truswell, 2012].



Osim toga, prehrambena vlakna, važna kategorija ugljikohidrata, igraju ključnu ulogu u zdravlju probavnog sustava. Vlakna pomažu regulirati crijevni tranzit, sprječavajući zatvor i smanjujući rizik od probavnih stanja kao što su divertikuloza i rak debelog crijeva [Anderson i sur., 2009.]. Vlakna također pridonose snižavanju razine kolesterola u krvi i kontroli težine, promičući zdravlje kardiovaskularnog sustava [Soliman, 2019].

Konzumacija različitih izvora ugljikohidrata, uključujući povrće, voće, cjelovite žitarice i mahunarke, osigurava adekvatan unos vitamina, minerala i fitonutrijenata, bitnih za održavanje općeg zdravlja [Bach-Faig i sur., 2011.]. Prilagođavanje unosa ugljikohidrata individualnim potrebama i načinu života može pridonijeti uravnoteženoj prehrani i prevenciji kroničnih bolesti, a pritom osigurati energiju potrebnu za svakodnevne aktivnosti [Marriott i sur., 2010.].

Proteini

Preporučeni unos proteina je 0,8 g/kg/dan za odrasle. Nekoliko nedavnih studija preporučuje povećanje ovog unosa na 1,2 g/kg/dan za osobe starije od 65 godina [Lonnie et al., 2018]. Iako se marketing hrane uglavnom fokusirao na životinjske bjelančevine, sve esencijalne aminokiseline sintetiziraju bakterije ili biljke, pa se mogu lako dobiti iz biljnih proizvoda [Hertzler i sur., 2020.]. Hrana biljnog podrijetla bogata proteinima uključuje orašaste plodove, mahunarke, sjemenke, soju i cjelovite žitarice. Unatoč činjenici da ove biljke obično sadrže manju količinu esencijalnih aminokiselina od životinjskih proizvoda, neke studije sugeriraju da ta razlika može biti korisna [Gorissen et al., 2018].

Na primjer, biljna hrana često je popraćena vlaknima, vitaminima i fitonutrijentima koji mogu pridonijeti boljem općem zdravlju i smanjenju rizika od kroničnih bolesti [Satija et al., 2016]. Ovi aspekti naglašavaju važnost uravnotežene i raznolike prehrane koja uključuje biljne i životinjske bjelančevine, ovisno o individualnim potrebama i načinu života.

Nadalje, kombinacija biljnih izvora proteina može nadoknaditi pojedinačne nedostatke esencijalnih aminokiselina. Na primjer, kombinirana konzumacija mahunarki i cjelovitih žitarica kao što su riža i grah može pružiti potpuni profil



Co-funded by
the European Union



esencijalnih aminokiselina. Ova metoda je poznata kao "proteinska suplementacija" i neophodna je za vegane i vegetarijance kako bi osigurali odgovarajući unos proteina [Young i Pellett, 1994].

Za sportaše i osobe s intenzivnom razinom tjelesne aktivnosti, potrebe za proteinima mogu biti veće nego što se obično preporučuje. Mogli bi imati koristi od do 1,6-2,2 g/kg/dan za podršku oporavku mišića i performansama [Phillips i Van Loon, 2011.]. Proteinski dodaci poput proteina u prahu sirutke, graška ili konoplje mogu biti od pomoći u zadovoljavanju ovih povećanih potreba.

Također je važno uzeti u obzir kvalitetu konzumiranih proteina. Visokokvalitetni proteini su oni koji sadrže sve esencijalne aminokiseline u primjerenom omjeru za potrebe organizma. Visokokvalitetni izvori proteina uključuju jaja, mliječne proizvode, nemasno meso i određene biljne proteine kao što su soja i kvinoja [Hoffman i Falvo, 2004.].

Stoga je adekvatan i kvalitetan unos proteina, prilagođen individualnim potrebama i prehrambenim preferencijama, ključan za očuvanje zdravlja i optimalno funkcioniranje organizma tijekom cijelog života [Brouns i sur., 2003.].

Dijetalne masne kiseline

Masne kiseline imaju širi preporučeni raspon unosa od ostalih makronutrijenata, u rasponu od 20% do 35% ukupnih kalorija za odrasle osobe starije od 19 godina [Poli et al., 2023]. U prehrani postoje samo dvije esencijalne masne kiseline: omega-3 i omega-6. Omega-3 masne kiseline uglavnom se nalaze u sjemenkama lana, chia sjemenkama, sjemenkama konoplje, sjemenkama soje, orasima i pšeničnim klicama. Omega 3 dobivena iz biljaka ima mnoge prednosti u odnosu na morske proizvode jer ne sadrži teške metale poput žive, olova ili drugih industrijskih zagađivača [Liu et al., 2022].

Omega-6 masna kiselina, s druge strane, nalazi se u većini biljaka i esencijalna je masna kiselina. Iz tog razloga, određene moderne dijete imaju tendenciju da budu pretjerane u omega-6 mastima jer jedu hranu bogatu tim mastima, ali siromašnu omega-3 mastima. Upalne i kronične bolesti imale su veću vjerojatnost za razvoj kao rezultat ovog povećanog omjera omega-6/omega-3 [Nur Mahendra et al., 2023].



Kako bi se uravnotežio ovaj omjer i smanjio rizik povezan s prekomjernim unosom omega-6, preporučuje se povećati konzumaciju namirnica bogatih omega-3 i smanjiti izvore bogate omega-6, poput rafiniranih biljnih ulja. Učinkovit način poboljšanja ove ravnoteže je uključivanje masne ribe u vašu prehranu, poput lososa, skuše i sardina, koje su izvrsni izvori dugolančanih omega-3 masnih kiselina kao što su EPA (eikozapentaenska kiselina) i DHA (dokozaheksaenska kiselina) . Ti oblici omega-3 izravno su upotrebljivi u tijelu i imaju blagotvoran učinak na zdravlje kardiovaskularnog sustava i rad mozga [Calder et al., 2020].

Osim toga, mogu se razmotriti dodaci omega-3 bazirani na ribljem ulju ili ulju krila kako bi se osigurao odgovarajući unos, posebno za osobe koje ne konzumiraju dovoljno ribe. Važno je pratiti kvalitetu ovih dodataka kako bi se izbjegli kontaminanti i osigurala učinkovitost [Innes i Calder, 2020.].

Također se preporučuje obratiti pozornost na izvore omega-6. Na primjer, suncokretovo, kukuruzno i sojino ulje, koje se obično koristi u prerađenim proizvodima, bogato je omega-6 masnim kiselinama i treba ih konzumirati umjereno. Njihova zamjena uljima s većim udjelom omega-3 ili uljima s uravnoteženijim omjerom, kao što je maslinovo ulje, može pomoći u održavanju zdrave ravnoteže ovih esencijalnih masnih kiselina [Simopoulos, 2016].

Stoga je održavanje zdravog omjera omega-6/omega-3 ključno za prevenciju upala i kroničnih bolesti, a uravnotežena prehrana bogata prirodnim izvorima omega-3 i umjerenim udjelom omega-6 može pružiti brojne zdravstvene dobrobiti [Simopoulos, 2002.].

12.2. Biljni mikroelementi

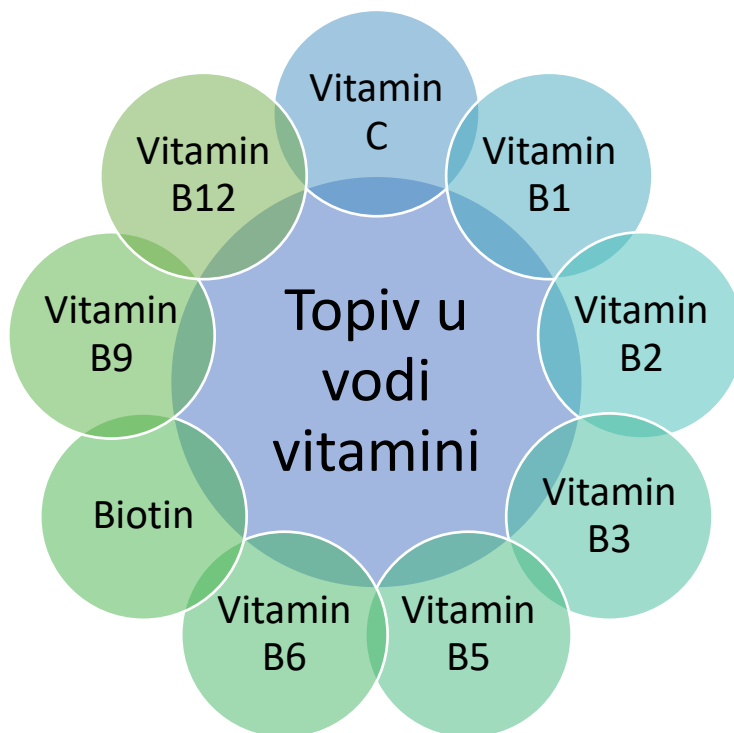
Važno je napomenuti da iako su se studije usredotočile na sadržaj makronutrijenata u biljkama, novije studije su istaknule korisnu ulogu drugih mikronutrijenata u proizvodima biljnog podrijetla. Zdrava prehrana treba sadržavati niz mikronutrijenata kao što su vitamini, minerali i fitonutrijenti [Assunção et al., 2022].



Vitamini

Vitamini i minerali definirani su kao "esencijalni" jer se ne mogu sintetizirati u ljudskom organizmu te se stoga moraju unositi prehranom. Oni su potrebni u različitim količinama tijekom života za koordinaciju različitih fizioloških funkcija za održavanje zdravlja. Vitamini su organski spojevi koji se mogu podijeliti u dvije kategorije, na temelju njihove relativne topljivosti u vodi i uljima:

- vitamini topljivi u vodi: topljivi su u vodi, ali ne i u mastima;
- vitamini topljivi u mastima: topljivi su u mastima (i organskim otapalima), ali ne i u vodi.

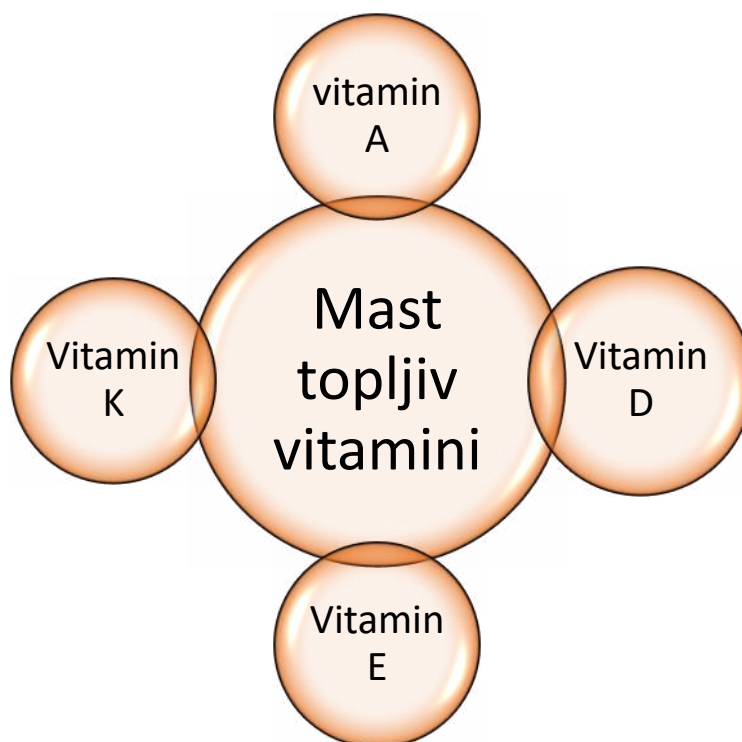


Slika 12.1. Vitamini topljivi u vodi.

Vitamini su neophodni mikronutrijenti za održavanje zdravlja i optimalno funkcioniranje organizma. Vitamini topljivi u vodi, poput vitamina C i vitamina B-kompleksa, topljivi su u vodi i moraju se unositi svakodnevno jer ih tijelo ne može skladištiti u velikim količinama. Vitamin C je snažan antioksidans, podržava imunološki sustav i zdravlje kože, dok su vitamini B ključni za energetske metabolizam i zdravlje



živaca [Mahan i Raymond, 2016]. S druge strane, vitamini toplivi u mastima, poput vitamina A, D, E i K, otapaju se u mastima i pohranjuju u tijelu.



Slika 12.2. Vitamini toplivi u mastima.

Vitamin A je bitan za vid i imunitet, vitamin D za zdravlje kostiju, vitamin E kao antioksidans, a vitamin K za zgrušavanje krvi i zdravlje kostiju [Gropper et al., 2018]. Uravnotežena i raznolika prehrana, bogata biljnim izvorima, može osigurati potreban unos vitamina za optimalno zdravlje.

Vitamini se dobivaju iz hrane, no neki se dobivaju putem mikroorganizama u crijevnoj flori koji stvaraju biotin i vitamin K. Manjak vitamina kao i prekomjerni unos mogu uzrokovati poremećaje i kroničnu ili akutnu toksičnost. Povrće i voće su bogat izvor mikronutrijenata. Nedostatak vitamina može dovesti do raznih zdravstvenih problema. Na primjer, nedostatak vitamina C može uzrokovati skorbut, stanje karakterizirano slabošću, anemijom i problemima s kožom [Carr i Maggini, 2017.].

Nedostaci vitamina B mogu dovesti do različitih stanja kao što su beriberi (nedostatak vitamina B1), pelagra (nedostatak vitamina B3) i megaloblastična anemija (nedostatak vitamina B12) [Kennedy, 2016]. Vitamin D neophodan je za apsorpciju



kalcija, a njegov nedostatak može dovesti do rahitisa kod djece i osteomalacije kod odraslih [Holick, 2007.]. Vitamin A ključan je za zdravlje vida, a nedostatak može dovesti do kseroftalmije i noćnog sljepila [Sommer, 2008.]. Nedostaci vitamina K mogu uzrokovati probleme s zgrušavanjem krvi, što može dovesti do prekomjernog krvarenja [Shearer, 2009].

Osim što sprječavaju nedostatak, vitamini također imaju preventivnu i terapijsku ulogu. Na primjer, pokazalo se da vitamin E može pomoći u zaštiti stanica od oksidativnog oštećenja, a suplementacija vitaminom D može poboljšati zdravlje kostiju i smanjiti rizik od osteoporoze [Traber i Stevens, 2011.]. Vitamin C ne samo da podržava imunološki sustav, već također potiče zacjeljivanje rana i sintezu kolagena [Carr i Maggini, 2017]. Kompleks vitamina B neophodan je za funkcioniranje živčanog sustava i za proizvodnju energije, ima važnu ulogu u održavanju mentalnog zdravlja i prevenciji depresije i anksioznosti [Kennedy, 2016].

Prirodni izvori vitamina su raznoliki i mogu se pronaći u mnogim namirnicama. Svježe voće i povrće izvrsni su izvori vitamina topivih u vodi, dok su orašasti plodovi, sjemenke i biljna ulja bogati vitaminima topivim u mastima [Gropper et al., 2018]. Osim toga, životinjski proizvodi kao što su jetra, masna riba i mliječni proizvodi su dobri izvori vitamina A i D [Mahan i Raymond, 2016].

Kako bismo osigurali dovoljan unos vitamina, važno je jesti raznoliku prehranu koja uključuje širok raspon namirnica. Vitaminski dodaci mogu biti potrebni u određenim okolnostima, kao što je u slučaju dijagnosticiranog nedostatka, određenih zdravstvenih stanja ili tijekom razdoblja rasta i razvoja [Traber i Stevens, 2011.]. Međutim, bitno je posavjetovati se sa zdravstvenim djelatnikom prije početka bilo kakvog režima suplementacije kako bi se izbjegla hipervitaminoza ili neželjene interakcije s drugim lijekovima [Kennedy, 2016].

Osim toga, za osobe s posebnim potrebama ili specifičnim zdravstvenim stanjima može biti potreban dodatak mineralima i elementima u tragovima pod nadzorom zdravstvenog radnika. Na primjer, trudnice, starije osobe i sportaši mogu imati povećane prehrambene potrebe i mogu imati koristi od odgovarajuće suplementacije kako bi se osigurao dovoljan unos esencijalnih nutrijenata.

Vitamini topljivi u vodi – ključne točke:



- ❖ *Vitamin C (askorbinska kiselina)*: snažan antioksidans, podržava imunološki sustav, zdravlje kože i apsorpciju željeza. Izvori: citrusno voće, jagode, paprika.
- ❖ *B vitamini (B1, B2, B3, B5, B6, B7, B9, B12)*: neophodni za energetski metabolizam, zdravlje živaca i proizvodnju krvnih stanica. Izvori: cjelovite žitarice, mahunarke, orašasti plodovi, sjemenke, zeleno lisnato povrće.

Vitamini topivi u mastima – ključne točke:

- ❖ *Vitamin A*: neophodan za vid, imunološki sustav i zdravlje kože. Izvori: mrkva, slatki krumpir, špinat.
- ❖ *Vitamin D*: pomaže u apsorpciji kalcija i fosfora, bitnih za zdravlje kostiju. Izvori: izloženost suncu (u slučaju biljaka posredno kroz prehranu životinja koje ih konzumiraju).
- ❖ *Vitamin E* : antioksidans, štiti stanice od oštećenja. Izvori: orašasti plodovi, sjemenke, špinat.
- ❖ *Vitamin K* : važan za zgrušavanje krvi i zdravlje kostiju. Izvori: zeleno lisnato povrće (kelj, špinat), brokula, prokulice.

Minerali

Minerali i elementi u tragovima neophodni su za održavanje zdravlja i pravilno funkcioniranje organizma. Minerali poput kalcija, željeza, magnezija, kalija i cinka igraju ključnu ulogu u procesima kao što su zdravlje kostiju, prijenos kisika, funkcija mišića i živaca, regulacija ravnoteže vode i imunitet. Biljni izvori ovih minerala uključuju zeleno lisnato povrće, mahunarke, orašaste plodove i sjemenke.

Kalcij je temeljan za izgradnju i održavanje jakih kostiju i zuba, sprječavajući stanja poput osteoporoze. Bogati izvori kalcija uključuju brokulu, bademe i obogaćeni tofu [Weaver, 2014]. Željezo je neophodno za proizvodnju hemoglobina i prijenos kisika u krvi. Nedostatak željeza može dovesti do anemije, koja se očituje umorom i slabošću. Mahunarke, špinat i sjemenke bundeve izvrsni su izvori biljnog željeza [Abbaspour i sur., 2014.].

Magnezij doprinosi normalnoj funkciji mišića i živaca, sintezi proteina i kontroli šećera u krvi. Bogati izvori magnezija su sjemenke bundeve, bademi i špinat [Rosanoff



i sur., 2012.]. Kalij je ključan za održavanje ravnoteže vode i pravilan rad stanica i živaca. Banane, krumpir i avokado su izvrsni izvori kalija [He i MacGregor, 2008]. Cink ima ključnu ulogu u funkcioniranju imunološkog sustava i procesu zacjeljivanja rana. Orašasti plodovi, sjemenke sezama i slanutak su bogati izvori cinka [Prasad, 2013].

Elementi u tragovima poput bakra, mangana, selena i joda potrebni su u manjim količinama, ali su vitalni za proizvodnju energije, metabolizam ugljikohidrata i lipida, zaštitu stanica i funkciju štitnjače. Bakar je neophodan za stvaranje crvenih krvnih stanica i funkciju imunološkog sustava, a kao bogati izvori su orašasti plodovi, sjemenke i tamna čokolada [Harvey i sur., 2003.]. Mangan igra ključnu ulogu u metabolizmu ugljikohidrata i lipida, a nalazi se u cjelovitim žitaricama, orašastim plodovima i čaju [Aschner i Aschner, 2005].

Selen je snažan antioksidans koji štiti stanice od oksidativnog oštećenja i podržava rad štitnjače. Izvori selena uključuju brazilske orahe, sjemenke suncokreta i gljive [Rayman, 2000.]. Jod je neophodan za sintezu hormona štitnjače, koji reguliraju metabolizam. Bogati izvori joda uključuju morske alge, ribu i mliječne proizvode [Zimmermann i Boelaert, 2015].

Raznolika i uravnotežena prehrana može osigurati dovoljan unos minerala i elemenata u tragovima za optimalno zdravlje. Redovita konzumacija hrane bogate ovim esencijalnim nutrijentima može spriječiti nedostatke i podržati pravilno funkcioniranje tijela. Važno je pripaziti na raznolikost prehrane te u svakodnevnu prehranu uključiti širok izbor povrća, voća, cjelovitih žitarica, orašastih plodova i sjemenki.

Minerali – ključne točke:

- ❖ *Kalcij:* neophodan za zdrave kosti i zube, zgrušavanje krvi i normalno funkcioniranje mišića i živaca. Izvori: zeleno lisnato povrće (npr. špinat, kelj), brokula.
- ❖ *Željezo:* potrebno za proizvodnju hemoglobina i prijenos kisika u krvi. Izvori: mahunarke (grah, leća), chia sjemenke, kvinoja.



- ❖ *Magnezij*: važan za rad mišića i živaca, regulaciju šećera u krvi i sintezu proteina. Izvori: orašasti plodovi, sjemenke, špinat.
- ❖ *Kalij*: regulira ravnotežu vode i krvni tlak. Izvori: banane, krumpir, avokado.
- ❖ *Cink*: doprinosi imunološkom sustavu i zacjeljivanju rana. Izvori: sjemenke bundeve, indijski orah, slanutak.
- ❖ *Fosfor*: neophodan za izgradnju kostiju i zuba te za proizvodnju energije. Izvori: riba, piletina, leća.
- ❖ *Selen*: ima antioksidativna svojstva i podržava rad štitnjače. Izvori: brazilski orasi, sjemenke suncokreta, gljive.

Elementi u tragovima – ključne točke:

- ❖ *Bakar*: potreban za proizvodnju energije i stvaranje vezivnog tkiva. Izvori: gljive, orasi, sjemenke.
- ❖ *Mangan*: uključen u metabolizam ugljikohidrata i lipida. Izvori: orašasti plodovi, zeleno lisnato povrće, ananas.
- ❖ *Selen*: antioksidans koji štiti stanice od oštećenja. Izvori: brazilski orasi, sjemenke suncokreta, gljive.
- ❖ *Jod*: neophodan za rad štitnjače. Izvori: morske alge, borovnice, grah.

Namirnice biljnog podrijetla bogati su izvori vitamina i esencijalnih mikronutrijenata. Ispod su namirnice koje sadrže neke vitamine i minerale (slika 12.3).



Nutrient	PRI/AI	Content (per 100 g)	Bioavailability (%)
•(Pro)-vitamin A	•650 µg/d	•Carrot 694 µg •Kale 335 µg •Mango 26 µg •Orange 8 µg	•0-36%
•Folate	•330 µg/d	•Spinach 300 µg •Broccoli 230 µg	•60-98%
•Vitamin C	•95 mg/d	•Kale 100 mg •Broccoli 47 mg •Orange 51 mg •Kiwi 79 mg	•89-90%
•Vitamin K	•70 µg/d	•Kale 623 µg •Spinach 394 µg •Kiwi 79 µg	•5%
•Potassium	•3500 mg/d	•Spinach 539 mg •Kale 400 mg •Banana 374 mg •Kiwi 312 mg	•60-85%
•Calcium	•950 mg/d	•Kale 180 mg •Spinach 105 mg •Kiwi 30 mg •Orange 23 mg	•20-40%

Slika 12.3. Vitamini i minerali koji se nalaze u različitom voću i povrću.

Fitonutrijenti

Fitonutrijenti, također poznati kao fitokemikalije, bioaktivni su spojevi prisutni u biljkama koji pružaju značajne zdravstvene prednosti. Ne smatraju se esencijalnim nutrijentima, ali pomažu u prevenciji bolesti i održavanju zdravlja. Fitonutrijenti između ostalog imaju antioksidativna, protuupalna i antikancerogena svojstva.

Među fitonutrijentima, polifenoli su klasa spojeva prirodnog podrijetla koji su privukli pozornost. S njim je povezan niz korisnih bioloških djelovanja, poput antioksidativnih svojstava i sposobnosti reguliranja funkcije stanica [Zhang et al., 2022]. Brojni drugi spojevi, poput flavonoida, stilbena i kurkuminoida, igraju važnu ulogu u



prevenciji kardiovaskularnih bolesti, neurodegenerativnih bolesti i raka. Osim toga, ovi mikronutrijenti često su kofaktori enzima i imaju pleiotropne i sinergističke učinke, smanjujući rizik od kroničnih bolesti [Monjotin, 2022].

1. Flavonoidi

Flavonoidi su važna klasa fitonutrijenata prisutnih u biljkama, prepoznatih po svojim višestrukim dobrobitima za ljudsko zdravlje. Ovi bioaktivni spojevi nalaze se u različitom voću, povrću, čajevima i drugoj hrani biljnog podrijetla, dajući im ne samo njihove živopisne boje, već i antioksidativna, protuupalna i antivirusna svojstva [Manach et al., 2004]. Ovim svojstvima flavonoidi pridonose zaštiti stanica od oksidativnog stresa, smanjuju upalu i podržavaju imunološki sustav [Panche et al., 2016].

Istraživanja su pokazala da redovita konzumacija flavonoida može smanjiti rizik od kroničnih bolesti kao što su kardiovaskularne bolesti, dijabetes i određene vrste raka [Hollman et al., 1999; Arts i Hollman, 2005.]. Stoga uključivanje hrane bogate flavonoidima u svakodnevnu prehranu može donijeti značajne dobrobiti cjelokupnom zdravlju i dugoročnom blagostanju [Bondonno et al., 2019].

Vrste flavonoida i njihovi izvori:

- *Kvercetin*: pomaže smanjiti upalu i može imati antivirusne učinke. Izvori: luk, jabuke, bobičasto voće.
- *Katehini* : snažni antioksidansi koji štite stanice od oštećenja. Izvori: zeleni čaj, tamna čokolada, jabuke.
- *Antocijanini*: doprinose zdravlju srca i imaju antioksidativna svojstva. Izvori: borovnice, kupine, patlidžan.
- *Luteolin*: djeluje protuupalno i antioksidativno, pomaže u zaštiti stanica. Izvori: peršin, zeleni papar, kamilica.
- *Flavonoli* : dobrobiti za zdravlje kardiovaskularnog sustava i smanjenje rizika od raka. Izvori: čaj, luk, brokula.
- *Izoflavoni*: doprinose hormonalnoj ravnoteži i zdravlju kostiju. Izvori: soja, tofu, slanutak.



2. Karotenoidi

Karotenoidi su klasa esencijalnih fitonutrijenata prisutnih u mnogim biljkama i hrani biljnog podrijetla. Ovi bioaktivni spojevi prirodni su pigmenti koji voću i povrću daju jarke boje od žute i narančaste do tamnocrvene [Fraser i Bramley, 2004]. Karotenoidi su poznati po svojim višestrukim zdravstvenim prednostima, uključujući antioksidativna svojstva i važnu ulogu u održavanju zdravih očiju, kože i imunološkog sustava [Krinsky i Johnson, 2005]. Prehrana hranom bogatom karotenoidima povezana je sa smanjenim rizikom od kroničnih bolesti kao što su kardiovaskularne bolesti i određene vrste raka [van Poppel et al., 1993; Rao i Rao, 2007.]. Zbog ovih dobrobiti, uključivanje raznolikog šarenog voća i povrća u vašu svakodnevnu prehranu može značajno doprinijeti cjelokupnom zdravlju i dobrobiti [Johnson, 2002].

- *Beta-karoten*: prekursor vitamina A, bitan za vid i imunitet. Izvori: mrkva, slatki krumpir, bundeva.

- *Lutein i zeaksantin*: štite oči od makularne degeneracije. Izvori: špinat, kelj, kukuruz.

3. Glukozinolati

Glukozinolati su prirodni spojevi koji se nalaze u raznim vrstama povrća poznatih po svojim korisnim svojstvima za zdravlje. Ovi fitonutrijenti igraju ključnu ulogu u zaštiti tijela od raznih bolesti, uključujući rak. Glukozinolati pridonose detoksikaciji organizma te imaju protuupalno, antioksidativno i antikancerogeno djelovanje [Traka i Mithen, 2009.]. Redovita konzumacija povrća bogatog glukozinolatima poput brokule, kupusa, cvjetače i prokulica može pomoći u očuvanju zdravlja i spriječiti kronične bolesti [Higdon et al., 2007].

Studije su pokazale da glukozinolati i proizvodi njihove hidrolize, kao što je sulforafan, mogu inducirati enzime faze II detoksikacije, koji pomažu neutralizirati potencijalne karcinogene i eliminirati ih iz tijela [Zhang et al., 1992]. Također, ovi spojevi mogu inhibirati upalu moduliranjem upalnih puteva i smanjenjem proizvodnje proupalnih citokina [Herr i Büchler, 2010.].

Glukozinolati i njihovi izvedeni izotiocijanati intenzivno su proučavani zbog svojih antikancerogenih učinaka. Utvrđeno je da mogu inhibirati rast tumorskih stanica



i inducirati apoptozu u različitim vrstama stanica raka [Clarke et al., 2008]. Na primjer, konzumacija povrća iz skupine cruciferasa povezana je sa smanjenim rizikom od raka debelog crijeva, pluća i prostate [Verhoeven et al., 1996].

Osim toga, antioksidativni učinci glukozinolata pridonose zaštiti stanica od oksidativnog stresa, glavnog čimbenika u razvoju kroničnih bolesti i starenju [Fahey et al., 2001]. Stoga uključivanje križanog povrća u vašu svakodnevnu prehranu ne samo da pruža prehrambene prednosti, već nudi i dugoročnu zaštitu od raznih bolesti.

- *Sulforafan*: doprinosi detoksikaciji organizma i ima antikancerogena svojstva.

Izvori: brokula, prokulica, cvjetača.

- *Glukorafanin* : prekursor sulforafana, s antioksidativnim i protuupalnim učincima. Izvori: brokula, cvjetača, kelj.

- *Glucobrassicin*: pretvara se u indol-3-carbinol, koji podržava hormonalno zdravlje i ima svojstva protiv raka. Izvori: kupus, cvjetača, kelj.

- *Glukoiberin*: doprinosi zaštiti od kardiovaskularnih bolesti i podržava rad jetre.

Izvori: brokula, prokulica, kelj.

4. Fitosteroli

Fitosteroli su bioaktivni spojevi koji se nalaze u biljkama, a strukturno nalikuju kolesterolu i poznati su po dobrobitima za kardiovaskularno zdravlje. Ove hranjive tvari mogu pomoći u smanjenju razine LDL kolesterola ("lošeg" kolesterola) u krvi, čime doprinose prevenciji kardiovaskularnih bolesti [Katan et al., 2003]. Fitosteroli također imaju protuupalna i antioksidativna svojstva, podržavajući cjelokupno zdravlje tijela [Awad i Fink, 2000.]. Glavni izvori fitosterola uključuju orašaste plodove, sjemenke, mahunarke i biljna ulja [Jones & AbuMweis, 2009.]. Redovita konzumacija hrane bogate fitosterolima može pozitivno utjecati na zdravlje srca i krvožilnog sustava [Plat i Mensink, 2005].

Istraživanja su pokazala da fitosteroli smanjuju crijevnu apsorpciju kolesterola, uzrokujući tako smanjenje razine LDL kolesterola u serumu. Meta-analiza koju su proveli Katan et al. (2003.) pokazali su da dnevni unos 2-3 grama fitosterola može smanjiti razinu LDL kolesterola za oko 10%. Ovo smanjenje je značajno i može doprinijeti smanjenju rizika od kardiovaskularnih bolesti.



Fitosteroli su također povezani s protuupalnim svojstvima. Awad i Fink (2000.) pokazali su da ti spojevi mogu smanjiti upalne markere u različitim eksperimentalnim modelima, što ukazuje na potencijalnu korist u prevenciji i liječenju kroničnih upalnih bolesti.

Osim toga, fitosteroli imaju antioksidativno djelovanje, štiteći stanice od oksidativnog stresa. Oksidativni stres glavni je čimbenik u patogenezi kroničnih bolesti, uključujući kardiovaskularne bolesti i rak [Moghadasian, 2000.]. Stoga konzumacija hrane bogate fitosterolima ne samo da pomaže u kontroli razine kolesterola, već i štiti od oksidativnih i upalnih oštećenja.

Izvori fitosterola u prehrani su raznoliki i uključuju orašaste plodove (bademi, pistacije), sjemenke (suncokret, bundeva), mahunarke (grah, grašak) i biljna ulja (maslinovo ulje, ulje uljane repice) [Jones i AbuMweis, 2009]. Uključivanje ovih namirnica u vašu svakodnevnu prehranu može biti učinkovita strategija za poboljšanje kardiovaskularnog zdravlja i smanjenje rizika od kroničnih bolesti.

- *Beta-sitosterol*: pomaže u snižavanju razine kolesterola i podržava zdravlje kardiovaskularnog sustava. Izvori: orašasti plodovi, sjemenke, mahunarke.
- *Kampesterol* : doprinosi održavanju zdravlja kardiovaskularnog sustava i ima protuupalno djelovanje. Izvori: biljna ulja, avokado, bademi.
- *Stigmasterol*: podržava zdravlje zglobova i može imati antikancerogene učinke. Izvori: soja, grah, kikiriki.
- *Brassicasterol* : ima antioksidativna svojstva i može pomoći u održavanju zdravlja kože. Izvori: sjemenke gorušice, kupus, kelj.

5. Polifenoli

Polifenoli su raznolika skupina prirodnih spojeva pronađenih u biljkama, poznatih po svojim snažnim antioksidativnim i protuupalnim svojstvima. Ovi fitonutrijenti igraju ključnu ulogu u zaštiti stanica od oksidativnog stresa i kroničnih upala, pridonoseći tako prevenciji kardiovaskularnih bolesti, raka i drugih degenerativnih stanja [Scalbert et al., 2005]. Polifenoli se nalaze u mnogim namirnicama, uključujući voće, povrće, čaj, kavu i crno vino. Redovita konzumacija



hrane bogate polifenolima može podržati zdravlje srca, mozga i imunološkog sustava, promičući dugovječnost i opću dobrobit [Williamson, 2017].

Studije su pokazale da polifenoli imaju korisne učinke kroz različite mehanizme, uključujući neutralizaciju slobodnih radikala, smanjenje upale i moduliranje ekspresije gena uključenih u antioksidativne i protuupalne procese [Pandey i Rizvi, 2009]. Na primjer, flavonoidi, podskupina polifenola, pokazali su sposobnost poboljšanja funkcije endotela i smanjenja krvnog tlaka, čime doprinose prevenciji kardiovaskularnih bolesti [Hollman i Katan, 1999].

Resveratrol, polifenol koji se nalazi u crnom vinu, povezuje se s djelovanjem protiv raka i zaštitnim učincima na kardiovaskularni sustav. Resveratrol može inducirati apoptozu stanica raka i inhibirati proliferaciju stanica, čime osigurava zaštitu od razvoja tumora [Baur i Sinclair, 2006].

Osim toga, proučavani su neuroprotektivni učinci polifenola zelenog čaja poput epigalokatehin galata (EGCG). Ove tvari mogu smanjiti rizik od neurodegenerativnih bolesti kao što su Alzheimerova i Parkinsonova bolest smanjenjem oksidativnog stresa i upale u mozgu [Mandel et al., 2011].

Izvori polifenola u hrani su različiti i uključuju bobičasto voće, agrume, jabuke, luk, špinat, tamnu čokoladu i razne vrste čajeva [Manach et al., 2004]. Uključivanje ovih namirnica u vašu svakodnevnu prehranu može pomoći u očuvanju zdravlja i spriječiti kronične bolesti.

- *Resveratrol*: ima protuupalna i antioksidativna svojstva, korisna za zdravlje srca. Izvori: crno grožđe, crno vino, borovnice.

- *Kurkumin*: protuupalni i snažan antioksidans. Izvori: kurkuma.

- *Kvercetin*: doprinosi smanjenju upale i djeluje antivirusno. Izvori: jabuke, luk, zeleni čaj.

- *Epikatehin*: koristan za zdravlje kardiovaskularnog sustava i rad mozga. Izvori: tamna čokolada, zeleni čaj, jabuke.

- *Elaginska kiselina*: ima antikancerogena svojstva i podržava zdravlje kože. Izvori: šipak, jagode, orasi.



6. Terpenoidi

Terpenoidi, također poznati kao izoprenoidi, velika su klasa organskih spojeva koji se nalaze u mnogim biljkama i određenim životinjama. Ove aromatične molekule odgovorne su za karakteristične mirise i okuse mnogih biljaka i imaju širok raspon zdravstvenih prednosti. Terpenoidi imaju protuupalna, antioksidativna, antimikrobna i antikarcinogena svojstva, doprinoseći zaštiti organizma od raznih bolesti i infekcija [Thoppil i Bishayee, 2011.]. Uobičajeni izvori terpenoida uključuju agrume, paprenu metvicu, eukaliptus, origano i lavandu. Konzumacija i uporaba terpenoida može podržati cjelokupno zdravlje i dobrobit, pružajući unutarnje i vanjske koristi [Gershenzon i Dudareva, 2007].

Terpenoidi su uključeni u različite biološke i terapijske procese. Na primjer, limonen, glavni terpenoid koji se nalazi u kori citrusa, poznat je po svojim antikancerogenim svojstvima i sposobnosti moduliranja enzima uključenih u detoksikaciju tijela [Crowell, 1999]. Karvakrol, prisutan u origanu, pokazao je jake antimikrobne učinke protiv širokog spektra bakterija i gljivica [Burt, 2004].

Drugi važan terpenoid je mentol, koji se nalazi u paprenoj metvici, koji ima analgetska i protuupalna svojstva i obično se koristi u proizvodima za osobnu njegu i topikalnim lijekovima za ublažavanje boli i upale [Eccles, 1994.]. Eukaliptol, glavna komponenta u ulju eukaliptusa, poznat je po svojim antioksidativnim učincima i sposobnosti poboljšanja respiratorne funkcije [Juergens et al., 2003].

Terpenoidi također igraju ključnu ulogu u zaštiti biljaka od patogena i biljojeda, pridonoseći njihovoj prirodnoj obrani [Gershenzon i Dudareva, 2007]. Ovi spojevi naširoko se koriste u aromaterapiji i farmaceutskoj industriji zbog svojih terapijskih prednosti.

- *Limonen* : djeluje protuupalno i antikarcinogeno. Izvori: citrusno voće (limunova korica, naranča).
- *Mentol* : koristi se zbog umirujućeg i protuupalnog učinka. Izvori: metvica, eukaliptus.
- *Carvacrol* : ima antimikrobna i protuupalna svojstva. Izvori: origano, majčina dušica.



- *Linalool* : poznat po svojim sedativnim i anksiolitičkim učincima. Izvori: lavanda, korijander.

- *Beta-kariofilen* : pomaže u smanjenju upale i podržava zdravlje živčanog sustava. Izvori: crni papar, klinčići.

7. Ostali fitonutrijenti

- *Alicin*: ima antibakterijska i antivirusna svojstva. Izvori: češnjak, luk.

- *Kapsaicin* : može pomoći u smanjenju boli i ima protuupalna svojstva. Izvori: ljute papričice.

- *Apigenin*: doprinosi smanjenju upale i može djelovati protiv raka. Izvori: peršin, kamilica, celer.

- *Lutein*: koristan za zdravlje očiju i smanjuje rizik od makularne degeneracije. Izvori: špinat, kelj, žumanjak.

- *Antocijanini*: snažni antioksidansi koji podržavaju zdravlje kardiovaskularnog i imunološkog sustava. Izvori: borovnice, kupine, crne trešnje.

12.3. Zdravstvene prednosti fitonutrijenata

Fitonutrijenti igraju ključnu ulogu u prevenciji i liječenju raznih kroničnih bolesti. Na primjer, karotenoidi i polifenoli su snažni antioksidansi koji štite stanice od oksidativnog stresa i oštećenja DNA, čime se smanjuje rizik od raka i kardiovaskularnih bolesti [Liu, 2004]. Flavonoidi u zelenom čaju i crnom vinu povezani su s poboljšanim zdravljem srca smanjenjem upale i poboljšanjem endotelne funkcije [Arts i Hollman, 2005].

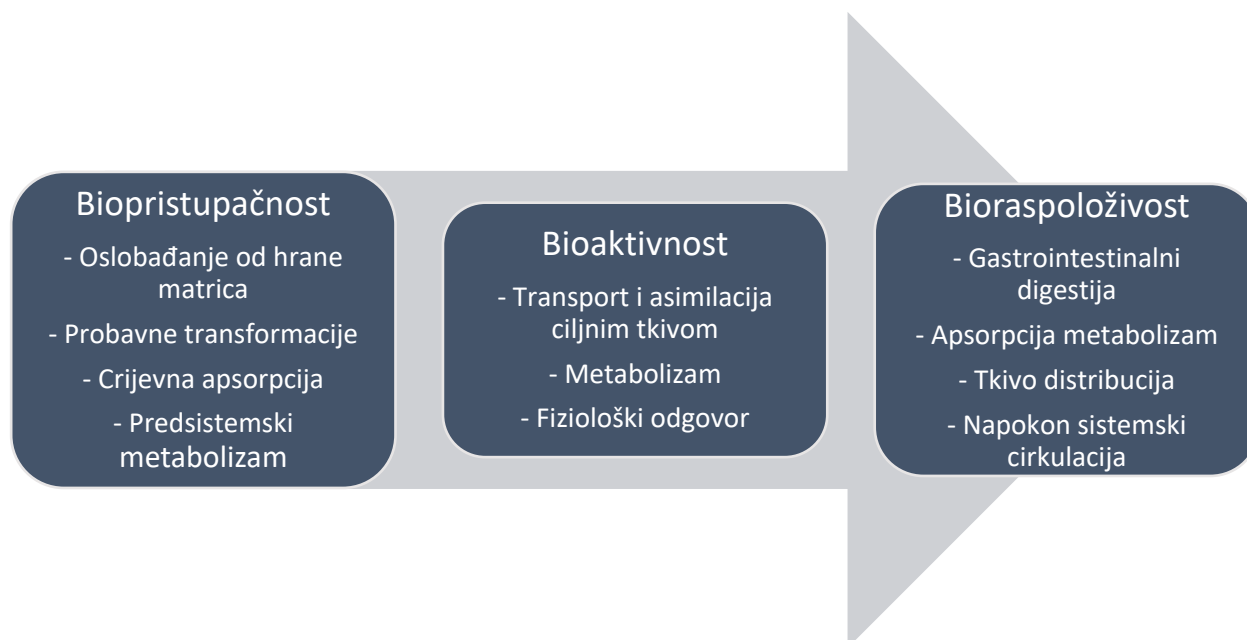
Također, glukozinolati u kruciferom povrću mogu aktivirati enzime detoksikacije u jetri, pridonoseći eliminaciji kancerogenih tvari iz tijela [Higdon et al., 2007]. Fitosteroli u orašastim plodovima i sjemenkama mogu smanjiti razinu LDL kolesterola, čime se poboljšava lipidni profil i smanjuje rizik od ateroskleroze [Plat i Mensink, 2005.].

Biljna prehrana ima brojne zdravstvene prednosti, a znanstveni dokazi pokazuju da redovita konzumacija povrća, voća, cjelovitih žitarica, orašastih plodova i sjemenki može značajno smanjiti rizik od kroničnih bolesti, poput kardiovaskularnih bolesti.



Mahunarke i grah mogu se smatrati i povrćem i alternativom mesu zahvaljujući usporedivom nutritivnom profilu, bogatom proteinima, željezom i cinkom. *Phaseolus vulgaris* (grah) izvor je niskog glikemijskog indeksa složenih ugljikohidrata, vitamina, minerala, proteina, vlakana i fitokemijskih spojeva s raznim bioaktivnim svojstvima. Njihovo uključivanje u ishranu korisno je za poboljšanje stanja bolesti kao što su kardiovaskularne bolesti i dijabetes tipa 2, raznolikost crijevnih mikroba, zdravlje debelog crijeva i kronične upale niskog stupnja [Mullins, 2021]. Antocijanini, uglavnom delfinidin, petunidin i malvidin, neke su od najzastupljenijih fitokemikalija koje se nalaze u grahu i pokazalo se da poboljšavaju kontrolu glikemije i smanjuju rizik od kardiovaskularnih bolesti.

Nekoliko ključnih čimbenika utječe na bioraspoloživost fitonutrijenata u ljudskom metaboličkom sustavu. Tijekom probave, fitonutrijenti prolaze kroz enzimatsku razgradnju u gastrointestinalnom traktu prije nego što se apsorbiraju kroz stijenku crijeva i uđu u krvotok. Međutim, učinkovitost probave može varirati ovisno o specifičnom fitonutrijentu i probavnim enzimima pojedinca [Siddiqui, 2023].



Slika 12.4. Procesi fitonutrijenata u ljudskom tijelu.

Pojam 'bioaktivnost' uključuje sve fiziološke učinke koje stvara [Takur, 2020].



12.4. Uključivanje fitonutrijenata u prehranu

Da biste imali koristi od zaštitnih učinaka fitonutrijenata, ključno je jesti raznoliku i uravnoteženu prehranu bogatu voćem, povrćem, orašastim plodovima i sjemenkama. Redovita konzumacija hrane bogate fitonutrijentima ne samo da pruža zaštitu od kroničnih bolesti, već također podupire cjelokupno zdravlje poboljšanjem imunološke funkcije, smanjenjem upale i zaštitom od oksidativnog stresa [Williamson, 2017].

Suplementacija fitonutrijentima također se može uzeti u obzir, ali poželjno je te spojeve dobiti iz cjelovite hrane jer interakcije između različitih fitonutrijenata i drugih bioaktivnih spojeva u hrani mogu pojačati blagotvorne učinke.

Među fitonutrijentima, polifenoli su klasa prirodnih spojeva koji su privukli pozornost. Brojna korisna biološka djelovanja povezana su s njim, poput antioksidativnih svojstava i sposobnosti reguliranja funkcije stanica [Zhang et al., 2022]. Brojni drugi spojevi poput flavonoida, stilbena i kurkuminoida imaju važnu ulogu u prevenciji kardiovaskularnih bolesti, neurodegenerativnih bolesti i raka. Osim toga, ovi mikronutrijenti često su kofaktori enzima te imaju pleiotropne i sinergističke učinke, smanjujući rizik od kroničnih bolesti [Monjotin, 2022].

Ovi fitonutrijenti pridonose cjelokupnom zdravlju štiteći tijelo od slobodnih radikala, smanjujući upale i podržavajući imunološki sustav. Konzumiranje raznovrsnog voća, povrća, orašastih plodova i sjemenki osigurava adekvatan unos fitonutrijenata, čime potiče uravnoteženu prehranu i višestruke zdravstvene dobrobiti.

stilbeni

Stilbeni su važna klasa organskih spojeva koji se nalaze u prirodi i u raznim industrijskim primjenama. Poznati su po svojoj strukturi koja se temelji na dvije benzenske jezgre povezane etilenskim mostom (C=C), što im daje jedinstvena fizikalna i kemijska svojstva [Hecht, 2001]. Stilbeni su od velikog interesa u organskoj kemiji zbog svoje sposobnosti podvrgavanja različitim fotokemijskim reakcijama i stvaranja derivata s različitim primjenama [Brimiouille et al., 2015].

U prirodi se stilbeni nalaze u biljkama, gdje igraju bitnu ulogu u obrambenim mehanizmima protiv patogena. Značajan primjer je resveratrol, prirodni stilben prisutan u grožđu i drugom voću, koji je privukao pozornost istraživača zbog svojih potencijalnih



dobrobiti za ljudsko zdravlje, uključujući antioksidativna i protuupalna svojstva [Baur i Sinclair, 2006]. Resveratrol je opsežno proučavan zbog svojih zaštitnih učinaka protiv kardiovaskularnih bolesti i njegove sposobnosti da spriječi određene vrste raka [Afaq i Mukhtar, 2003].

Osim prisutnosti u prirodi, stilbeni imaju široku primjenjivost u industriji. Koriste se kao prekursori u sintezi polimera, boja i optoelektroničkih materijala [Ravindranath et al., 2002]. Također, zbog svojih fluorescentnih svojstava i sposobnosti stvaranja tekućih kristala, stilbeni se koriste u razvoju materijala za zaslone i druge napredne tehnologije [Miller et al., 1992].

Kurkuminoidi

Kurkuminoidi su klasa polifenolnih spojeva koji se nalaze uglavnom u biljci *Curcuma longa*, poznatoj kao kurkuma. Ovi spojevi odgovorni su za živopisnu žutu boju kurkume i privukli su pozornost istraživača zbog svojih potencijalnih zdravstvenih prednosti [Aggarwal et al., 2007].

Kurkuminoidi su poznati po svojim antioksidativnim, protuupalnim i antikancerogenim svojstvima, te se intenzivno proučavaju radi njihove primjenjivosti u modernoj medicini [Goel i sur., 2008.]. Najpoznatiji kurkuminoid je kurkumin, koji je pokazao obećavajuće učinke u brojnim predkliničkim i kliničkim studijama. Osim kurkumina, kurkuma također sadrži demetoksikurkumin i bisdemetoksikurkumin, koji pridonose ukupnoj biološkoj aktivnosti ekstrakta kurkume [Anand i sur., 2007.].

Ove se tvari tradicionalno koriste u ayurvedskoj i kineskoj medicini za liječenje različitih stanja, uključujući upale, bolove i probavne poremećaje [Gupta i sur., 2013.]. Trenutno su istraživanja usmjerena na razjašnjavanje molekularnih mehanizama pomoću kojih kurkuminoidi ispoljavaju svoje terapijske učinke i na razvoj formulacija koje poboljšavaju njihovu bioraspoloživost [Anand et al., 2007].

Industrija hrane i prehrambenih dodataka također kapitalizira kurkuminoide zbog njihovih prirodnih boja i svojstava konzervansa, pružajući zdravu alternativu sintetskim aditivima [Priyadarsini, 2014.]. Stoga su kurkuminoidi i dalje predmet intenzivnih i inovativnih istraživanja, s potencijalom značajnog doprinosa poboljšanju zdravlja ljudi i razvoju proizvoda s dodanom vrijednošću [Lao et al., 2006].



Biljna prehrana ima brojne zdravstvene prednosti, a znanstveni dokazi pokazuju da redovita konzumacija povrća, voća, cjelovitih žitarica, orašastih plodova i sjemenki može značajno smanjiti rizik od kroničnih bolesti poput kardiovaskularnih bolesti. Studije pokazuju da biljna prehrana pomaže smanjiti upalu, poboljšati imunološku funkciju i regulirati tjelesnu težinu. Također mogu pomoći u prevenciji dijabetesa tipa 2 i snižavanju krvnog tlaka, zahvaljujući visokom sadržaju vlakana, vitamina, minerala i antioksidansa prisutnih u biljnoj hrani.

Osim dobrobiti za zdravlje pojedinca, biljna prehrana može imati pozitivan utjecaj na okoliš. Intenzivna poljoprivreda za proizvodnju mesa i mliječnih proizvoda značajno pridonosi emisijama stakleničkih plinova, krčenju šuma i prekomjernoj potrošnji vode. Smanjenje potrošnje životinjskih proizvoda i povećanje potrošnje hrane biljnog podrijetla može pomoći u smanjenju globalnog ekološkog otiska, pridonoseći održivijem okolišu.

Zaključno, ljekovito bilje i prehrambene referentne vrijednosti usko su povezane u kontekstu promicanja prehrane i zdravlja. Zaokružena i uravnotežena prehrana može imati koristi od konzumacije ljekovitih biljaka, jer sadrže esencijalne hranjive tvari, antioksidanse i dijetalna vlakna. Unatoč tome, njihova uporaba trebala bi biti vođena znanstvenim dokazima, a pojedinci bi trebali biti svjesni mogućih interakcija i doza kako bi se osigurala njihova sigurnost i učinkovitost. Bitno je da se ljudi zainteresirani za uključivanje ljekovitog bilja u svoju prehranu posavjetuju sa zdravstvenim djelatnikom za odgovarajuće i personalizirane preporuke. Osim toga, edukacija potrošača o sigurnim i etičkim izvorima ljekovitog bilja ključna je za sprječavanje kontaminacije i zlouporabe. Stoga informirani i integrirani pristup može maksimizirati dobrobiti biljne prehrane i upotrebe ljekovitog bilja, pridonoseći ukupnom poboljšanju zdravlja i dobrobiti.

Literatura

Abbaspour, N., Hurrell, R., & Kelishadi, R. (2014). *Review on iron and its importance for human health. Journal of Research in Medical Sciences*, 19(2), 164-174.

Aggarwal, B. B., Kumar, A., & Bharti, A. C. (2003). *Anticancer potential of curcumin: preclinical and clinical studies. Anticancer Research*, 23(1A), 363-398.



- Alcorta, A., Porta, A., Tárrega, A., Alvarez, M. D., & Vaquero, M. P. (2021). *Foods for Plant-Based Diets: Challenges and Innovations*. *Foods*, 10(2), 293.
- Anand, P., Kunnumakkara, A. B., Newman, R. A., & Aggarwal, B. B. (2007). *Bioavailability of curcumin: problems and promises*. *Molecular Pharmaceutics*, 4(6), 807-818.
- Anderson, J. W., Baird, P., Davis Jr, R. H., Ferreri, S., Knudtson, M., Koraym, A., ... & Williams, C. L. (2009). *Health benefits of dietary fiber*. *Nutrition Reviews*, 67(4), 188-205.
- Arts, I. C., & Hollman, P. C. (2005). *Polyphenols and disease risk in epidemiologic studies*. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 81(1), 317S-325S.
- Aschner, J. L., & Aschner, M. (2005). *Nutritional aspects of manganese homeostasis*. *Molecular Aspects of Medicine*, 26(4-5), 353-362.
- Awad, A. B., & Fink, C. S. (2000). *Phytosterols as anticancer dietary components: evidence and mechanism of action*. *The Journal of Nutrition*, 130(9), 2127-2130.
- Bach-Faig, A., Berry, E. M., Lairon, D., Reguant, J., Trichopoulou, A., Dernini, S., ... & Serra-Majem, L. (2011). *Mediterranean diet pyramid today. Science and cultural updates*. *Public Health Nutrition*, 14(12A), 2274-2284.
- Baur, J. A., & Sinclair, D. A. (2006). *Therapeutic potential of resveratrol: the in vivo evidence*. *Nature Reviews Drug Discovery*, 5(6), 493-506.
- Bondonno, N. P., Bondonno, C. P., Hodgson, J. M., & Croft, K. D. (2019). *Flavonoids and cardiovascular health*. *Current Opinion in Lipidology*, 30(1), 39-44.
- Brimioulle, R., Lenhart, D., Maturi, M. M., & Bach, T. (2015). *Enantioselective catalysis of photochemical reactions*. *Angewandte Chemie International Edition*, 54(14), 3872-3890.
- Brouns, F., Bjorck, I., Frayn, K. N., Gibbs, A. L., Lang, V., Slama, G., & Wolever, T. M. (2003). *Glycaemic index methodology*. *Nutrition Research Reviews*, 16(1), 3-33.
- Burt, S. (2004). *Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods—a review*. *International Journal of Food Microbiology*, 94(3), 223-253.
- Calder, P. C., Dangour, A. D., Diekman, C., Eilander, A., Koletzko, B., Meijer, G. W., ... & van Loo, J. (2020). *Nutritional roles of n-3 fatty acids in primary and secondary prevention of cardiovascular disease*. *Atherosclerosis*, 300, 1-8.



- Carr, A. C., & Maggini, S. (2017). *Vitamin C and immune function*. *Nutrients*, 9(11), 1211.
- Clarke, J. D., Dashwood, R. H., & Ho, E. (2008). *Multi-targeted prevention of cancer by sulforaphane*. *Cancer Letters*, 269(2), 291-304.
- Clemente-Suárez, V. J., Ramos-Campo, D. J., Mielgo-Ayuso, J., Hormeño-Holgado, A., Tornero-Aguilera, J. F., Redondo-Flórez, L., ... & de la Vega, R. (2021). *Nutrition in the actual COVID-19 pandemic. A narrative review*. *Nutrients*, 13(6), 1924.
- Crowell, P. L. (1999). *Prevention and therapy of cancer by dietary monoterpenes*. *The Journal of Nutrition*, 129(3), 775S-778S.
- Eccles, R. (1994). *Menthol and related cooling compounds*. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 46(8), 618-630.
- English, L. K., Ard, J. D., Bailey, R. L., Bates, M., Bazzano, L. A., & Brown, C. (2021). *Dietary Guidelines for Americans, 2020-2025: Evidence-Based Recommendations to Promote Health and Prevent Chronic Disease*. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 121(6), 1098-1111.
- Fahey, J. W., Zhang, Y., & Talalay, P. (2001). *Broccoli sprouts: an exceptionally rich source of inducers of enzymes that protect against chemical carcinogens*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 94(19), 10367-10372.
- Fraser, P. D., & Bramley, P. M. (2004). *The biosynthesis and nutritional uses of carotenoids*. *Progress in Lipid Research*, 43(3), 228-265.
- Gershenzon, J., & Dudareva, N. (2007). *The function of terpene natural products in the natural world*. *Nature Chemical Biology*, 3(7), 408-414.
- Goel, A., Kunnumakkara, A. B., & Aggarwal, B. B. (2008). *Curcumin as "Curecumin": From kitchen to clinic*. *Biochemical Pharmacology*, 75(4), 787-809.
- Gorissen, S. H., Crombag, J. J., Senden, J. M., Waterval, W. A., Bierau, J., Verdijk, L. B., & Van Loon, L. J. (2018). *Protein content and amino acid composition of commercially available plant-based protein isolates*. *Amino Acids*, 50(12), 1685-1695.
- Gropper, S. S., Smith, J. L., & Carr, T. P. (2018). *Advanced nutrition and human metabolism*. Cengage Learning.
- Gupta, S. C., Patchva, S., & Aggarwal, B. B. (2013). *Therapeutic roles of curcumin: lessons learned from clinical trials*. *AAPS Journal*, 15(1), 195-218.



- Harvey, L. J., Ashton, K., Hooper, L., Casgrain, A., & Fairweather-Tait, S. J. (2003). *Methods of assessment of copper status in humans: a systematic review. American Journal of Clinical Nutrition*, 88(1), 200-205.
- He, F. J., & MacGregor, G. A. (2008). *Beneficial effects of potassium on human health. Physiologia Plantarum*, 133(4), 725-735.
- Hecht, S. M. (2001). *Stilbenes as anti-cancer agents. Journal of Natural Products*, 64(12), 1662-1665.
- Herr, I., & Büchler, M. W. (2010). *Dietary constituents of broccoli and other cruciferous vegetables: implications for prevention and therapy of cancer. Cancer Treatment Reviews*, 36(5), 377-383.
- Hertzler, S. R., Lieblein-Boff, J. C., Weiler, M., & Allgeier, C. (2020). *Plant proteins: Assessing their nutritional quality and effects on health and physical function. Nutrients*, 12(12), 3704.
- Hever, J. (2017). *Plant-Based Diets: A Physician's Guide. The Permanente Journal*, 21, 17-017.
- Higdon, J. V., Delage, B., Williams, D. E., & Dashwood, R. H. (2007). *Cruciferous vegetables and human cancer risk: epidemiologic evidence and mechanistic basis. Pharmacological Research*, 55(3), 224-236.
- Hoffman, J. R., & Falvo, M. J. (2004). *Protein—which is best?. Journal of Sports Science & Medicine*, 3(3), 118-130.
- Holick, M. F. (2007). *Vitamin D deficiency. New England Journal of Medicine*, 357(3), 266-281.
- Hollman, P. C., & Katan, M. B. (1999). *Dietary flavonoids: intake, health effects and bioavailability. Food and Chemical Toxicology*, 37(9-10), 937-942.
- Innes, J. K., & Calder, P. C. (2020). *Omega-6 fatty acids and inflammation. Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids*, 132, 101-104.
- Johnson, E. J. (2002). *The role of carotenoids in human health. Nutrition in Clinical Care*, 5(2), 56-65.
- Jones, P. J., & AbuMweis, S. S. (2009). *Phytosterols as functional food ingredients: linkages to cardiovascular disease and cancer. Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care*, 12(2), 147-151.



- Juergens, U. R., Stöber, M., Vetter, H., & Wagner, F. (2003). *Inhibition of cytokine production and arachidonic acid metabolism by eucalyptol (1,8-cineole) in human blood monocytes in vitro. European Journal of Medical Research*, 8(9), 447-453.
- Katan, M. B., Grundy, S. M., Jones, P., Law, M., Miettinen, T., & Paoletti, R. (2003). *Efficacy and safety of plant stanols and sterols in the management of blood cholesterol levels. Mayo Clinic Proceedings*, 78(8), 965-978.
- Kennedy, D. O. (2016). *B vitamins and the brain: mechanisms, dose and efficacy—a review. Nutrients*, 8(2), 68.
- Krinsky, N. I., & Johnson, E. J. (2005). *Carotenoid actions and their relation to health and disease. Molecular Aspects of Medicine*, 26(6), 459-516.
- Lao, C. D., Ruffin, M. T., Normolle, D., Heath, D. D., Murray, S., Bailey, J. M., ... & Brenner, D. E. (2006). *Dose escalation of a curcuminoid formulation. BMC Complementary and Alternative Medicine*, 6(1), 1-4.
- Liu, A. G., Ford, N. A., Hu, F. B., Zelman, K. M., Mozaffarian, D., & Kris-Etherton, P. M. (2022). *A healthy approach to dietary fats: understanding the science and taking action to reduce consumer confusion. Nutrition Journal*, 21, 22.
- Liu, R. H. (2004). *Potential synergy of phytochemicals in cancer prevention: mechanism of action. The Journal of Nutrition*, 134(12), 3479S-3485S.
- Lonnie, M., Hooker, E., Brunstrom, J. M., Corfe, B. M., Green, M. A., Watson, A. W., ... & Johnstone, A. M. (2018). *Protein for life: Review of optimal protein intake, sustainable dietary sources and the effect on appetite in ageing adults. Nutrients*, 10(3), 360.
- Mahan, L. K., & Raymond, J. L. (2016). *Krause's food & the nutrition care process. Elsevier Health Sciences*.
- Manach, C., Scalbert, A., Morand, C., Rémésy, C., & Jiménez, L. (2004). *Polyphenols: food sources and bioavailability. The American Journal of Clinical Nutrition*, 79(5), 727-747.
- Manach, C., Scalbert, A., Morand, C., Rémésy, C., & Jiménez, L. (2004). *Polyphenols: food sources and bioavailability. The American Journal of Clinical Nutrition*, 79(5), 727-747.



- Mandel, S. A., Amit, T., Weinreb, O., & Youdim, M. B. (2011). *Cell signaling pathways in the neuroprotective actions of the green tea polyphenol (-)-epigallocatechin-3-gallate: implications for neurodegenerative diseases*. *Journal of Neurochemistry*, 88(6), 1555-1569.
- Mann, J., & Truswell, A. S. (Eds.). (2012). *Essentials of Human Nutrition*. Oxford University Press.
- Marriott, B. P., Cole, N., & Lee, E. (2010). *National estimates of dietary fructose intake increased from 1977 to 2004 in the United States*. *The Journal of Nutrition*, 140(2), 366-371.
- McGuire, S. (2016). *USDA Report: A Half-Century of Change in America's Eating Patterns*. *Advances in Nutrition*, 7(4), 679-680.
- Miller, J. R., Spangler, C. W., & Mason, M. G. (1992). *Fluorescence of stilbene and its derivatives: Effects of methyl and methoxy substitution*. *Journal of Physical Chemistry*, 96(4), 1234-1240.
- Moghadasian, M. H. (2000). *Phytosterols and modulation of atherosclerosis: current perspectives and future directions*. *Life Sciences*, 67(6), 605-615.
- Mullins, A. P., & Arjmandi, B. H. (2021). *Health benefits of plant-based nutrition: focus on beans in cardiometabolic diseases*. *Nutrients*, 13(2), 519.
- Nur Mahendra, M. S., Nagahara, R., & Hara, Y. (2023). *The impact of omega-6/omega-3 fatty acid ratio on inflammation and chronic diseases*. *Journal of Nutrition and Metabolism*, 2023, 1-9.
- Pan, M. H., Lai, C. S., & Ho, C. T. (2013). *Anti-inflammatory activity of natural dietary flavonoids*. *Food & Function*, 4(6), 819-825.
- Panche, A. N., Diwan, A. D., & Chandra, S. R. (2016). *Flavonoids: an overview*. *Journal of Nutritional Science*, 5, e47.
- Pandey, K. B., & Rizvi, S. I. (2009). *Plant polyphenols as dietary antioxidants in human health and disease*. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2(5), 270-278.
- Phillips, S. M., & Van Loon, L. J. (2011). *Dietary protein for athletes: from requirements to optimum adaptation*. *Journal of Sports Sciences*, 29(sup1), S29-S38.



- Plat, J., & Mensink, R. P. (2005). *Plant stanol and sterol esters in the control of blood cholesterol levels: mechanism and safety aspects. The American Journal of Cardiology*, 96(1), 15-22.
- Poli, A., Visioli, F., Sirtori, C. R., & Corsini, A. (2023). *Dietary fats and cardiovascular risk: A review of the evidence. Pharmacological Research*, 186, 106551.
- Prasad, A. S. (2013). *Discovery of human zinc deficiency: its impact on human health and disease. Advances in Nutrition*, 4(2), 176-190.
- Priyadarsini K. I. (2014). *The chemistry of curcumin: from extraction to therapeutic agent. Molecules (Basel, Switzerland)*, 19(12), 20091–20112.
- Rao, A. V., & Rao, L. G. (2007). *Carotenoids and human health. Pharmacological Research*, 55(3), 207-216.
- Ravindranath, K., Ganesh, K., & Adinarayana, R. (2002). *Stilbene based dendritic macromolecules. Journal of Polymer Science Part A: Polymer Chemistry*, 40(7), 1028-1036.
- Rayman, M. P. (2000). *The importance of selenium to human health. Lancet*, 356(9225), 233-241.
- Rosanoff, A., Weaver, C. M., & Rude, R. K. (2012). *Suboptimal magnesium status in the United States: are the health consequences underestimated?. Nutrition Reviews*, 70(3), 153-164.
- Satija, A., Bhupathiraju, S. N., Rimm, E. B., Spiegelman, D., Chiuve, S. E., Borgi, L., ... & Hu, F. B. (2016). *Plant-based dietary patterns and incidence of type 2 diabetes in US men and women: results from three prospective cohort studies. PLoS Medicine*, 13(6), e1002039.
- Scalbert, A., Manach, C., Morand, C., Rémésy, C., & Jiménez, L. (2005). *Dietary polyphenols and the prevention of diseases. Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 45(4), 287-306.
- Shearer, M. J. (2009). *Vitamin K deficiency bleeding (VKDB) in early infancy. Blood Reviews*, 23(2), 49-35.
- Siddiqui, S. A., Azmy Harahap, I., Suthar, P., Wu, Y. S., Ghosh, N., & Castro-Muñoz, R. (2023). *A comprehensive review of phytonutrients as a dietary therapy for obesity. Foods*, 12(19), 3610.



- Simopoulos, A. P. (2002). *The importance of the ratio of omega-6/omega-3 essential fatty acids. Biomedicine & Pharmacotherapy*, 56(8), 365-379.
- Simopoulos, A. P. (2016). *An increase in the omega-6/omega-3 fatty acid ratio increases the risk for obesity. Nutrition*, 32(5), 495-502.
- Slavin, J. L. (2013). *Carbohydrates, dietary fiber, and resistant starch in white vegetables: links to health outcomes. Advances in Nutrition*, 4(3), 351S-355S.
- Soliman, G. A. (2019). *Dietary fiber, atherosclerosis, and cardiovascular disease. Nutrients*, 11(5), 1155.
- Sommer, A. (2008). *Vitamin A deficiency and clinical disease: an historical overview. Journal of Nutrition*, 138(10), 1835-1839.
- Tapsell, L. C., Hemphill, I., Cobiac, L., Patch, C. S., Sullivan, D. R., Fenech, M., ... & Inge, K. E. (2006). *Health benefits of herbs and spices: the past, the present, the future. The Medical Journal of Australia*, 185(S4), S4-S24.
- Thakur, N., Raigond, P., Singh, Y., Mishra, T., Singh, B., Lal, M. K., & Dutt, S. (2020). *Recent updates on bioaccessibility of phytonutrients. Trends in Food Science & Technology*, 97, 366-380.
- Thoppil, R. J., & Bishayee, A. (2011). *Terpenoids as potential chemopreventive and therapeutic agents in liver cancer. World Journal of Hepatology*, 3(9), 228-249.
- Traber, M. G., & Stevens, J. F. (2011). *Vitamins C and E: beneficial effects from a mechanistic perspective. Free Radical Biology and Medicine*, 51(5), 1000-1013.
- Traka, M., & Mithen, R. (2009). *Biology and nutritional impact of glucosinolates and isothiocyanates in human health. Advances in Botanical Research*, 50, 1-36.
- USDA. (2020). *Dietary Guidelines for Americans, 2020-2025. U.S. Department of Agriculture*.
- van Poppel, G., Spanhaak, S., & Ockhuizen, T. (1993). *Effect of beta-carotene on immune function in healthy male smokers. The American Journal of Clinical Nutrition*, 57(3), 407-412.
- Verhoeven, D. T., Verhagen, H., Goldbohm, R. A., van den Brandt, P. A., & van Poppel, G. (1996). *A review of mechanisms underlying anticarcinogenicity by brassica vegetables. Chemico-Biological Interactions*, 103(2), 79-129.



Co-funded by
the European Union



- Weaver, C. M. (2014). *Calcium in health and disease. Proceedings of the Nutrition Society*, 73(2), 274-277.
- Williamson, G. (2017). *The role of polyphenols in modern nutrition. Nutrition Bulletin*, 42(3), 226-235.
- Young, V. R., & Pellett, P. L. (1994). *Plant proteins in relation to human protein and amino acid nutrition. The American Journal of Clinical Nutrition*, 59(5), 1203S-1212S.
- Zhang, Z., Li, X., Sang, S., McClements, D. J., Chen, L., Long, J., Jiao, A., Jin, Z., & Qiu, C. (2022). *Polyphenols as Plant-Based Nutraceuticals: Health Effects, Encapsulation, Nano-Delivery, and Application. Foods (Basel, Switzerland)*, 11(15), 2189.
- Zhang, Y., Talalay, P., Cho, C. G., & Posner, G. H. (1992). *A major inducer of anticarcinogenic protective enzymes from broccoli: isolation and elucidation of structure. Proceedings of the National Academy of Sciences*, 89(6), 2399-2403.
- Zimmermann, M. B., & Boelaert, K. (2015). *Iodine deficiency and thyroid disorders. The Lancet Diabetes & Endocrinology*, 3(4), 286-295.



Poglavlje 13. Aktualna pitanja u vezi sa sigurnošću nove hrane i izvora hranjivih tvari - interakcije između dodataka/hrane i lijekova (Conforti F, Statti G)

Nedavno se znatna pozornost pridaje sigurnosti nove hrane i hranjivih tvari, osobito u kontekstu interakcija između dodataka/hrane i lijekova. Nova hrana je hrana ili sastojci koji su "novi" u usporedbi s onima koji se tradicionalno shvaćaju. Definiraju se kao hrana koja se nije konzumirala u značajnijoj mjeri u Europskoj uniji prije 15. svibnja 1997., kada je na snagu stupila prva uredba o novoj hrani. To može biti nova hrana, hrana proizvedena novim tehnologijama i proizvodnim procesima ili hrana koja se tradicionalno konzumira izvan EU [Grimsby, 2020]. Hrana ili sastojci hrane obuhvaćeni ovom uredbom ne smiju: (i) predstavljati rizik za potrošača; (ii) dovesti potrošača u zabludu; (iii) razlikovati od druge hrane ili sastojaka hrane čijoj su zamjeni namijenjeni, u tolikoj mjeri da bi njihova normalna konzumacija bila nutritivno nepovoljna za potrošača [Fortin, 2022].

Koncept "nove hrane" nije novijeg datuma. Nove vrste hrane, sastojci ili načini proizvodnje hrane uvijek su dolazili u Europu iz cijelog svijeta: kukuruz, krumpir i rajčice iz Amerike uvoze se u Europu od 15. stoljeća, kao i riža i tjestenina koje se uvoze iz Azije, ili kava iz istočne Afrike do novijih Chia sjemenki i kvinoje. Do prije nekoliko desetljeća nove namirnice na tržištu bile su uglavnom zastupljene koncentriranim ekstraktima prirodnih aktivnih sastojaka različitog podrijetla (fitosteroli, likopen, ulja bogata omega-3), posljednjih godina fokus se postupno prebacuje na upotrebu specifične izvore za dobivanje nutritivno zdrave hrane, formulirane čak i bez pribjegavanja tradicionalno korištenim sirovinama i sastojcima [Siegrist i Hartmann, 2020.]. Zapravo, trenutačno se istraživanje usredotočuje na različite kategorije izvora hrane i proizvodnih procesa.

Nova hrana može biti alternativni izvor proteina, ugljikohidrata ili dodataka prehrani. Nedovoljno iskorišteni usjevi mahunarki, jestive gljive, kopnene i vodene biljke te mikroalge i kukci važni su izvori proteina s manjim utjecajem na okoliš [



Co-funded by
the European Union

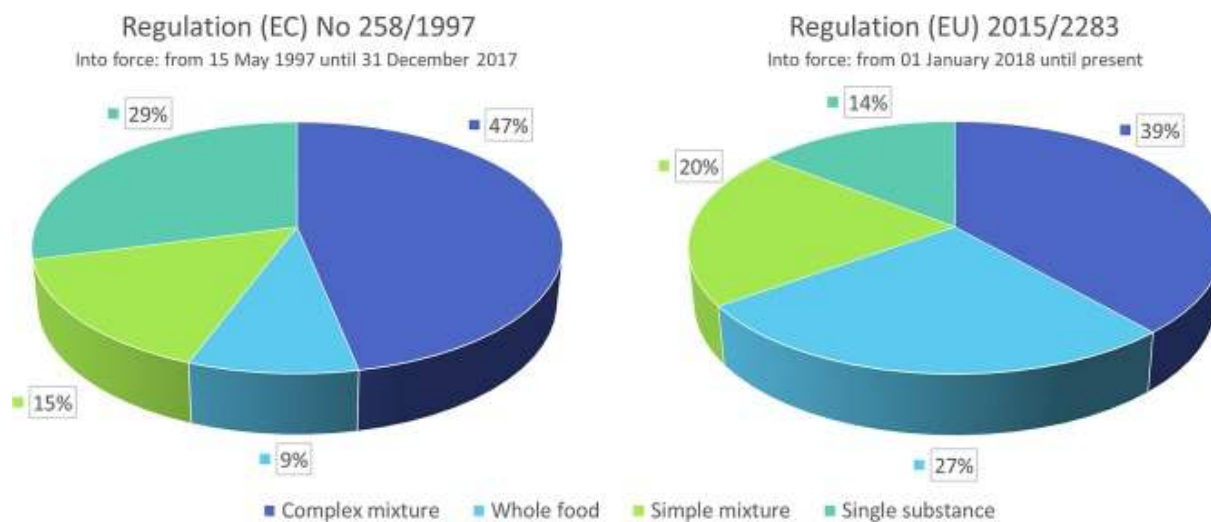


Quintieri et al., 2023]. Na primjer, uzgoj insekata ima manje emisije stakleničkih plinova i stoga može biti održiva alternativa izvorima životinjskih proteina [Van Huis i Oonincx, 2017].

Yarrowia lipolytica veliki je izvor proteina, egzogenih aminokiselina, esencijalnih minerala u tragovima i lipidnih spojeva, uglavnom nezasićenih masnih kiselina, kao i izvor vitamina B [Jach i Malm, 2022]. Od 26 ekstrakata koje je Europska unija odobrila kao novu hranu, 23 su odobrena za upotrebu u dodacima prehrani (FS). To uključuje: ekstrakte gljivičnog podrijetla, životinjske ekstrakte, ekstrakte algi i biljne ekstrakte [Ververis et al., 2020]. Korištenje tvari biljnog podrijetla uobičajena je praksa u proizvodnji dodataka prehrani, a posebice oni dobiveni iz botaničkih proizvoda i biljnih ekstrakata bilježe značajan porast. Ovo brzo širenje potaknulo je opsežna znanstvena istraživanja s ciljem ispitivanja potencijalnih prednosti i nedostataka povezanih s njihovom konzumacijom.

Europska agencija za sigurnost hrane (EFSA) ima ulogu identificirati i karakterizirati sve opasnosti povezane s konzumacijom nove hrane i procijeniti rizik povezan s njezinom konzumacijom u predloženim uvjetima uporabe. EFSA je počela s radom 2003., a 2018., provedbom Uredbe (EU) 2015/2283 (koja stavlja izvan snage i zamjenjuje Uredbu br. 258/97), postala je jedino tijelo EU-a odgovorno za provođenje takvih procjena rizika. Sva nova hrana koju je EFSA primila grupirana je prema izvoru kako bi se dodatno skrenula pozornost na vrlo heterogen profil ovih reguliranih proizvoda.

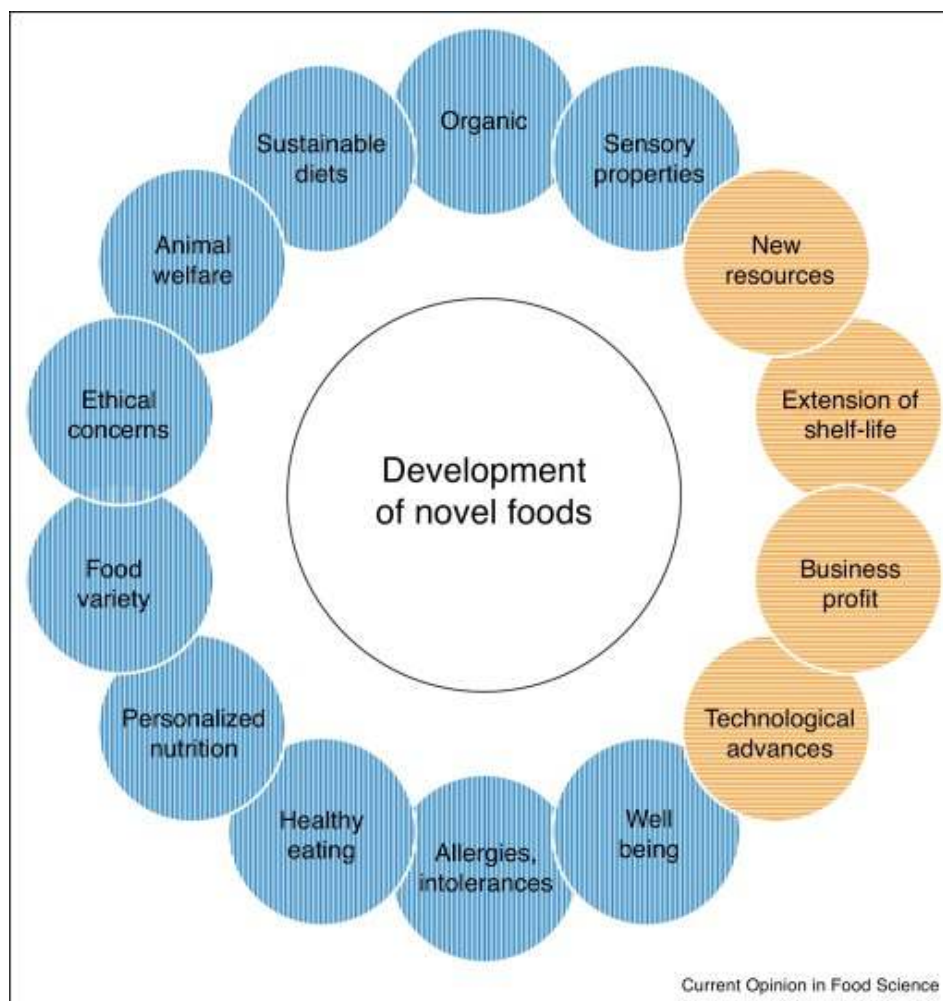
Nova hrana grupirana je u pojedinačne tvari, jednostavne mješavine, složene mješavine i cjelovitu hranu, prema odgovarajućim definicijama koje daje EFSA-in dokument Smjernice za novu hranu [[EFSA NDA Panel, 2016a](#)]. U studiji Ververisa i suradnika [Ververis et al., 2020.] dubinska analiza iskustva stečenog od strane EFSA-e u procjeni rizika nove hrane i razloga koji stoje iza najčešćih znanstvenih zahtjeva EFSA-e podnositeljima zahtjeva je napravio. Studija je analizirala sve zahtjeve za novu hranu koje je EFSA primila od siječnja 2003. do kraja 2019. Rezultati su pokazali da je broj zahtjeva za novu hranu koje je EFSA primila između 2003. i 2017. bio nizak (u prosjeku 5 zahtjeva godišnje), dok je 2018. , primjenom nove uredbe dosegao je vrhunac na 40 u 2018. i 39 u 2019. godini.



Slika 13.1. Vrsta nove hrane koja je ušla u EFSA-inu procjenu rizika (% primjene nove hrane) [Ververis et al., 2020].

Složene mješavine predstavljaju značajan udio nove hrane koju je ocijenila EFSA. Udio nove cjelovite hrane porastao je od primjene nove uredbe, dok se udio novih pojedinačnih tvari smanjio.

Motivi za razvoj nove hrane različiti su iz perspektive potrošača i industrije. Dva međusobno povezana trenda dominiraju znanstvenim istraživanjima o novoj hrani u zapadnim zemljama: i) utjecaj proizvodnje hrane na okoliš, klimatske promjene i dobrobit životinja potaknuo je ljude da izbjegavaju jesti meso, a alternative i zamjene za meso prave se od biljnog bazirane alternative, kukci i umjetno meso; ii) svijest o povezanosti hrane i zdravlja stvorila je tržište za proizvode sa svojstvima koja poboljšavaju zdravlje.



Slika 13.2. Motivi za razvoj nove hrane iz perspektive potrošača (plavo) i industrije (žuto) [Tourila i Hartmann, 2020].

Interakcije lijekova velika su briga i za farmaceutske tvrtke i za regulatorne agencije. Europska agencija za lijekove razvila je i naknadno ažurirala posebne smjernice u 2013., poznate kao "Smjernice o ispitivanju interakcija lijekova", koje ocrtavaju sveobuhvatan pristup procjeni potencijala interakcije lijeka. Studije interakcije lijek-lijek, lijek-hrana i lijek-klasični dodatak provode se za svaki lijek u razvoju. Uprava za hranu i lijekove (FDA) ne zahtijeva od proizvođača dodataka prehrani da pokažu njihovu sigurnost i učinkovitost, iako takvi dodaci i dalje moraju podnijeti sigurnosnu evidenciju. Proizvođači i distributeri dodataka prehrani dužni su FDA-i prijaviti sve ozbiljne nuspojave putem sustava "MedWatch", programa posvećenog izvješćivanju o sigurnosti medicinskih proizvoda. Kliničke studije o



dodacima, s obzirom na njihov sve veći porast, značajno su se povećale posljednjih godina. Za informacije o studijama koje su trenutno u tijeku, možete konzultirati NIH National Center for Complementary and Integrative Health (NCCIH) [Iwatsubo, 2020].

Lijekovi, hrana i suplementi mogu interferirati jedni s drugima u kinetici i dinamici. U farmakodinamičkim interakcijama, tvar (liječnik, hrana ili dodaci) modificira osjetljivost tkiva na druge tvari, ispoljavajući isti učinak (agonist) ili blokirajući učinak (antagonist). Ti se učinci uobičajeno javljaju na razini receptora, ali se mogu pojaviti i na unutarstaničnoj razini. U farmakokinetičkim interakcijama, primjena tvari može promijeniti apsorpciju, distribuciju, metabolizam ili izlučivanje druge tvari. Stoga se mijenja količina i postojanost lijeka tamo gdje je receptor eksprimiran.

Tijekom faze apsorpcije, istodobna primjena lijekova ili biljnih proizvoda može smanjiti ili povećati apsorpciju jedne ili obje primijenjene tvari djelovanjem, na primjer, na želučani pH ili interakcijom s intestinalnim glikoproteinom P. Tijekom faze distribucije oni mogu ometati vežući se za proteine plazme dok u fazi metabolizma mogu djelovati kao induktori enzima smanjujući učinkovitost tvari. Konačno, u fazi eliminacije mogu povećati ili inhibirati bubrežno izlučivanje, što dovodi do smanjene učinkovitosti ili pojave toksičnih učinaka [Sprouse i Van Breemen, 2019].

Ključni preduvjet uspješne terapije je učinkovitost i sigurnost korištenih lijekova. Ovi se parametri testiraju u velikim kliničkim ispitivanjima prije nego što se odobre novi lijekovi. No, mora se uzeti u obzir da nekoliko čimbenika može promijeniti karakteristike lijekova kada se koriste u općoj populaciji poput mutacija u meti lijeka, što dovodi do promjena u ekspresiji proteina ili mehanizmima rezistencije.

Wiesner i suradnici proučavali su interakcije levotiroksina s hranom i dodacima prehrani [Wiesner i sur., 2021.]. Levotiroksin (l-tiroksin, l-T4) je lijek izbora za liječenje kongenitalne i primarne hipotireoze. Rezultati su dokazali da je uzimanje l-T4 ujutro i prije spavanja jednako učinkovito, kao i da istodobna primjena l-T4 s hranom ovisi o formulaciji lijeka. Kava, proizvodi od soje, vlakna, dodaci kalcija ili željeza i enteralna prehrana rezultirali su smanjenom apsorpcijom l-T4.

U studiji Duda-Chodak i Tarko dokazane su moguće nuspojave polipohenola i njihova interakcija s lijekovima i dodacima prehrani [Duda-Chodak i Tarko, 2023].



Polifenoli su velika skupina spojeva koja uključuje fenolne kiseline, flavonoide, lignane, stilbene itd. Njihova aktivnost ovisi i o njihovoj biopristupačnosti (količina unesene hranjive tvari koja je dostupna za apsorpciju u crijevima nakon probave) i njihovoj bioraspoloživosti (udio unesene hranjive tvari koji dopijeva u sustavnu cirkulaciju i specifičnim mjestima na kojima može ispoljiti svoju biološku akciju).

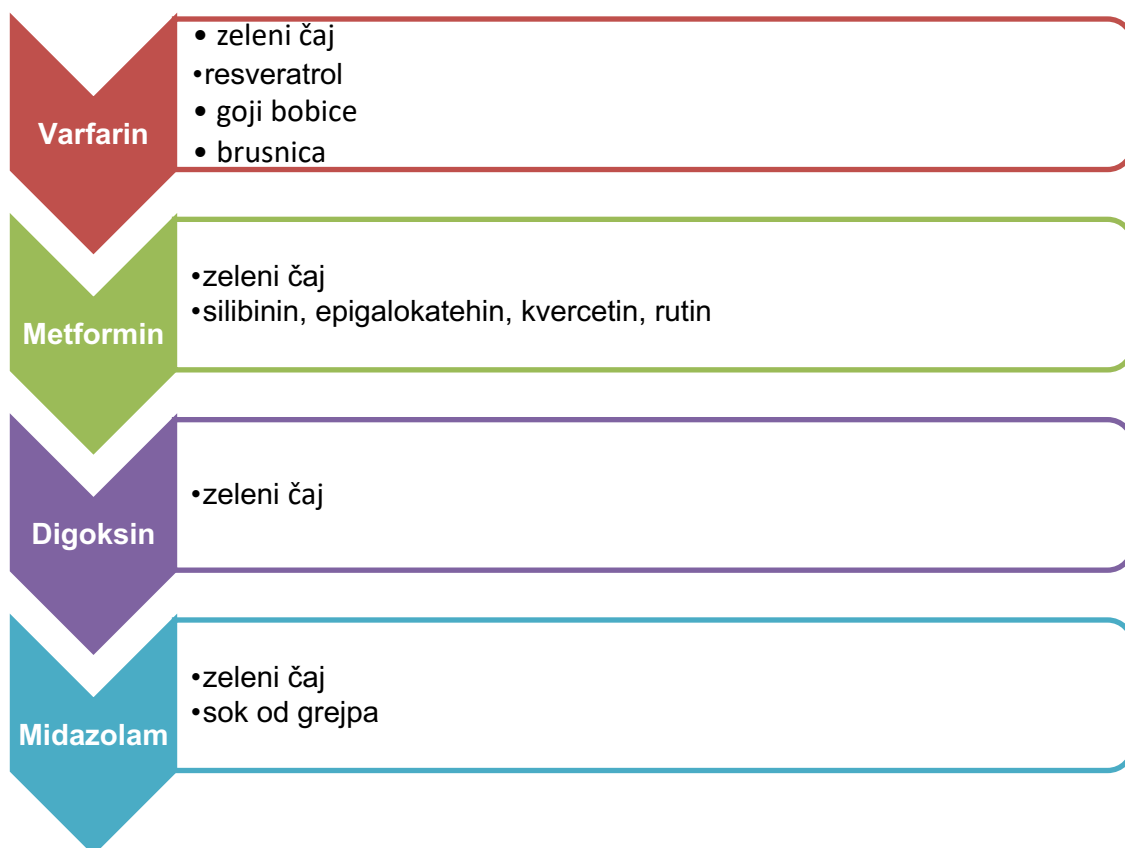
Glavni čimbenici koji utječu na bioraspoloživost/biodostupnost polifenola su matrica hrane, obrada hrane i probavni enzimi. Štoviše, neki polifenolni spojevi mogu ispoljiti svoju biološku aktivnost tek nakon biotransformacije crijevne mikrobiote. Polifenoli zbog svojih antioksidativnih svojstava i sposobnosti gašenja slobodnih radikala i reaktivnih spojeva kisika povoljno utječu na ljudsko zdravlje, a vjeruje se da usporavaju proces starenja te da su korisni u prevenciji razvoja mnoge bolesti. Zbog toga su postale popularne dijete koje su bogate polifenolima, kao i dodaci prehrani koji ih sadrže. No, ne treba zaboraviti da konzumacija polifenolnih spojeva, posebice u velikim količinama u pročišćenom obliku (suplementi umjesto voća i povrća), može izazvati nuspojave ili čak negativno utjecati na naše zdravlje.

Polifenoli mogu kelirati ione prijelaznih metala (npr. Fe) u crijevima tako da se ne mogu apsorbirati, što dovodi do razvoja anemije. Među snažnim inhibitorima apsorpcije željeza su različiti čajevi koji su bogati katehinima. Flavonoidi mogu stvarati komplekse s proteinima i to dovodi do inhibicije specifičnih enzima poput probavnih enzima. Kod nekih bolesti može biti od koristi, npr. u liječenju šećerne bolesti, ali kod n zdravih osoba bilo kakvi poremećaji u aktivnosti probavnih enzima su nepovoljni, jer uzrokuju neugodne simptome u probavnom sustavu, kao i poremećenu asimilaciju nekih hranjivih tvari.

Hesperetin, luteolin, kvercetin, katehin i rutin su flavonoidi koji proizvode inhibiciju α -amilaze. Polifenoli čaja, ekstrakti sirove afričke kruške, biljni ekstrakti koji sadrže ružmarinsku kiselinu i ekstrakti iz *Rubus corchorifolius* inhibiraju α -glukozidazu i α -amilazu. Epigalokatehin-3-galat (EGCG) inhibira laktazu. Polifenoli mogu promijeniti apsorpciju, distribuciju i metabolizam lijeka. Kada je metabolizam lijeka ograničen, njegova koncentracija u krvi ili tkivima se povećava, uzrokujući različite učinke koji su ponekad vrlo opasni. Osim toga, polifenoli također mogu utjecati na transport lijeka kroz njihovu interakciju s transporterima lijeka, npr. P-glikoproteinom.



To znači da postoji značajan rizik od štetnog utjecaja interakcija lijek-polifenol, posebno za lijekove s uskim terapijskim indeksom kao što su varfarin, ciklosporin A i digoksin.



Slika 13.3. Interakcija polifenola i lijekova.

Zaključno, jasno je da je sigurnost nove hrane i izvora hranjivih tvari složeno pitanje, osobito u smislu interakcija s lijekovima. Neophodno je steći bolje razumijevanje ovih interakcija kako bi se optimizirali ishodi zdravstvene skrbi. Odgovornost je pružatelja zdravstvenih usluga, vladinih tijela i pacijenata da se pozabave ovim izazovima, osiguravajući da su prehrambene navike i upotreba dodataka usklađeni s režimima uzimanja lijekova kako bi se povećala sigurnost i učinkovitost. Individualizirani pristupi zdravstvenoj skrbi mogu pružiti prilagođenija rješenja za pojedince, uzimajući u obzir njihove jedinstvene reakcije.



Literatura

- Duda-Chodak, A., & Tarko, T. (2023). *Possible side effects of polyphenols and their interactions with medicines*. *Molecules*, 28(6), 2536.
- Fortin, N.D. (2022). *Food regulation: law, science, policy, and practice*. John Wiley & Sons.
- Grimsby, S. (2020). New novel food regulation and collaboration for innovation. *British Food Journal*, 123(1), 245-59.
- Iwatsubo, T. (2020). *Evaluation of drug–drug interactions in drug metabolism: Differences and harmonization in guidance/guidelines*. *Drug metabolism and pharmacokinetics*, 35(1), 71-5.
- Jach, M. E., & Malm, A. (2022). *Yarrowia lipolytica as an Alternative and Valuable Source of Nutritional and Bioactive Compounds for Humans*. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 27(7), 2300.
- Quintieri, L., Nitride, C., De Angelis, E., Lamonaca, A., Pilolli, R., Russo, F., & Monaci, L. (2023). *Alternative Protein Sources and Novel Foods: Benefits, Food Applications and Safety Issues*. *Nutrients*, 15(6), 1509.
- Siegrist, M., Hartmann, C. (2020). *Consumer acceptance of novel food technologies*. *Nature Food*, 1(6), 343-50.
- Sprouse, A.A., Van Breemen, R.B. (2016). *Pharmacokinetic interactions between drugs and botanical dietary supplements*. *Drug Metabolism and Disposition*, 44(2), 162-71.
- Tuorila, H., & Hartmann, C. (2020). *Consumer responses to novel and unfamiliar foods*. *Current Opinion in Food Science*, 33, 1-8.
- Van Huis, A., Oonincx, D.G. (2017). *The environmental sustainability of insects as food and feed. A review*. *Agronomy for Sustainable Development*, 37, 1-4.
- Ververis, E., Ackerl, R., Azzollini, D., Colombo, P. A., de Sesmaisons, A., Dumas, C., Fernandez-Dumont, A., Ferreira da Costa, L., Germini, A., Goumperis, T., Kouloura, E., Matijevic, L., Precup, G., Roldan-Torres, R., Rossi, A., Svejstil, R., Turla, E., & Gelbmann, W. (2020). *Novel foods in the European Union: Scientific requirements and challenges of the risk assessment process by the European Food Safety Authority*. *Food research international (Ottawa, Ont.)*, 137, 109515.



Co-funded by
the European Union



Wiesner, A., Gajewska, D., & Paško, P. (2021). *Levothyroxine interactions with food and dietary supplements—a systematic review. Pharmaceuticals, 14(3), 206.*



Co-funded by
the European Union



Poglavlje 14. Priprema proizvoda iz biljaka (ekstrakta, eteričnih ulja), fitokemijska karakterizacija i utjecaj geolokacije na sastav fitokompleksa (Conforti F, Statti G)

Industrije koje se temelje na biljkama ovise o pripremi proizvoda iz biljaka, uključujući ekstrakte i eterična ulja, kao i o fitokemijskoj karakterizaciji tih proizvoda. Kao rezultat geografskog podrijetla biljaka, fitokompleksi (složena mješavina fitokemikalija u biljkama) su pod značajnim utjecajem njihove geolokacije. Mnogi elementi okoliša mogu utjecati na kvalitetu, rast i distribuciju ljekovitog bilja. Za neke biljke, primjerice sladić, uzgoj je često neproduktivan. Poznato je da kemijski profil biljaka odražava otpornost biljaka unutar iste vrste zbog različitih klimatskih uvjeta, datuma sakupljanja, alelopatije i mnogih drugih uvjeta okoliša. Na primjer, *H. officinalis* subsp. *aristatus* prikupljeni u različitim područjima obilježenim različitim ekološkim i klimatskim uvjetima te u različitim godinama, otkrili su važne razlike u sastavu eteričnog ulja [Guerrini et al., 2021].

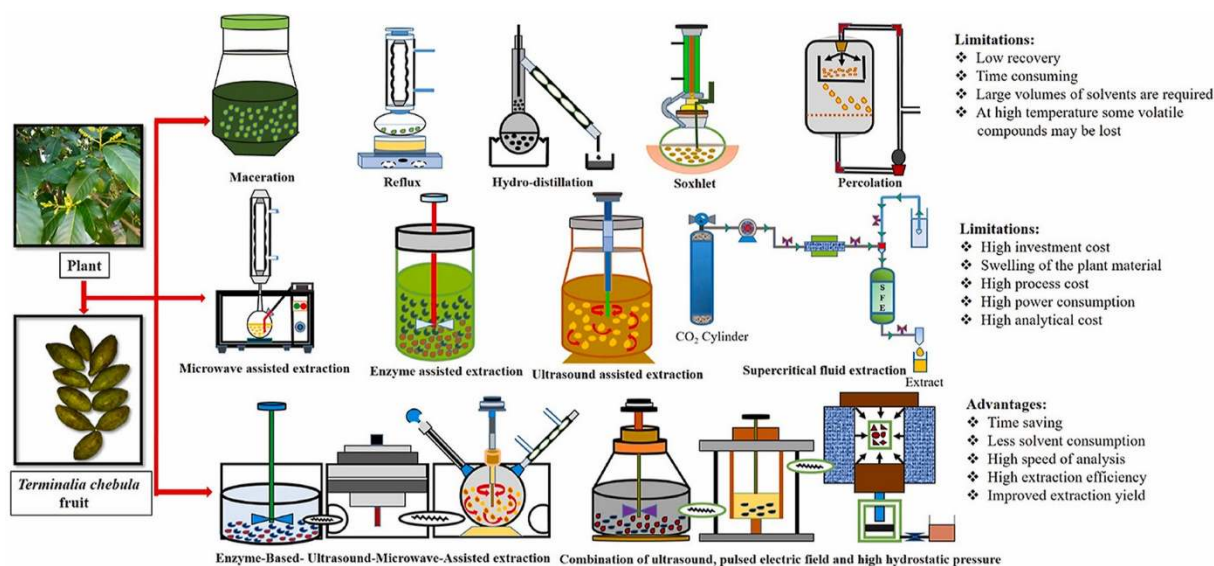
Koncept pripreme ljekovitog bilja podrazumijeva pravilno i pravovremeno sakupljanje biljke, ovjeru od strane stručnjaka, odgovarajuće sušenje i mljevenje. Nakon toga slijedi ekstrakcija, frakcioniranje i izolacija bioaktivnog spoja gdje je primjenjivo. Pripravci koji se mogu dobiti od biljaka su brojni.

Ekstrakti su pripravci koji mogu biti tekući, polukruti ili kruti po konzistenciji, dobiveni različitim tehnikama ekstrakcije (maceracija, infuzija, dekokcija, perkolacija, digestija i Soxhlet ekstrakcija, površinska ekstrakcija, ekstrakcija potpomognuta ultrazvukom i mikrovalnom pećnicom) (Slika 14.1).

Ekstrakti su pripravci dobiveni potpunim ili djelomičnim isparavanjem otopina dobivenih iscrpljivanjem osušenih biljnih droga, korištenjem odgovarajućih otapala [Azwanida, 2015].



Co-funded by
the European Union



Slika 14.1. Tehnike ekstrakcije bioaktivnih spojeva [Jha, 2022].

Odabir odgovarajuće metode ekstrakcije ovisi o prirodi biljnog materijala, upotrijebljenom otapalu, pH otapala, temperaturi i omjeru otapala u uzorku. To također ovisi o namjeni gotovih proizvoda. Otapalo koje se koristi za ekstrakciju ljekovitog bilja poznato je i kao *menstruum*. Izbor otapala ovisi o vrsti biljke, dijelu biljke koji se ekstrahira i prirodi bioaktivnih spojeva.

Korištenjem procesa maceracije ili perkolacije mogu se dobiti ekstrakti koji se mogu klasificirati na sljedeći način: (i) tekući ekstrakti: ti ekstrakti sadrže istu količinu aktivnog sastojka koji se nalazi u početnoj biljnoj drogi; (ii) meki ekstrakti: tijekom procesa koncentriranja postiže se konzistencija poput meda i 2 do 6 puta su koncentriraniji od tekućih ekstrakata; (iii) suhi ekstrakti: to su čvrsti prahovi dobiveni potpunim isparavanjem otapala korištenog za ekstrakciju [Abubakar 2020].

Ostali pripravci dobiveni maceracijom ili perkolacijom su tinkture. To su tekuće otopine dobivene preradom biljnih droga odgovarajućim otapalom. Obično se koristi hidroalkoholna otopina (mješavina vode i alkohola), čiji se sadržaj alkohola bira prema topljivosti aktivnih sastojaka koji se ekstrahiraju.

Glavna razlika između ekstrakata i tinktura leži u činjenici da se kod prvih provodi proces isparavanja kako bi se povećala koncentracija aktivnih sastojaka u pripravku. Nasuprot tome, tinkture se također mogu dobiti jednostavnim razrjeđivanjem odgovarajućeg tekućeg ekstrakta. Još jedna tvar iz ekstrahiranih biljnih materijala je



uljna smola, koja sadrži mješavinu eteričnih ulja (hlapljive aromatične komponente) i smole (nehlapljive komponente). Ova se ekstrakcija obično provodi procesima ekstrakcije otapalom ili pod visokim pritiskom [Hudz et al., 2020].



Slika 14.2. Svojstva otapala ekstrakcija.

Jedan od naprednih postupaka ekstrakcije u pripremi ljekovitog bilja je ekstrakcija potpomognuta mikrovalovima koja koristi mehanizam rotacije dipola i ionskog prijenosa istiskivanjem nabijenih iona prisutnih u otapalu i materijalu lijeka. Ekstrakcija potpomognuta mikrovalnom pećnicom ima posebne prednosti kao što je minimiziranje otapala i vremena ekstrakcije, ali ova je metoda prikladna samo za specifične fenolne spojeve dok se neki spojevi poput tanina i antocijana mogu razgraditi zbog visoke temperature.

Ekstrakcija potpomognuta ultrazvukom još je jedan napredni postupak ekstrakcije. Ova metoda uključuje primjenu zvučne energije poremetiti sve biljne



stanice i povećati površinu lijeka za prodiranje otapala uz realizaciju sekundarnih metabolita. Prednosti ovog procesa su: primjenjiv je na malom uzorku; smanjuje vrijeme ekstrakcije i količinu upotrijebljenog otapala i maksimizira prinos, ali ovu je metodu teško reproducirati; također, velika količina primijenjene energije može degradirati fitokemikalije stvaranjem slobodnih radikala [Abubakar i Haque, 2020].

Konačno, imamo eterična ulja koja se mogu dobiti iz biljnog materijala koji se podvrgava parnoj destilaciji, hidrodestilaciji ili hladnom prešanju, ovisno o biljci i vrsti ulja koje se želi dobiti. Sastoje se od složene mješavine kemijskih spojeva, uključujući terpene, aldehide, ketone, alkohole i druge, koji im daju i njihovu prepoznatljivu aromu i potencijalna terapijska svojstva [Aziz et al., 2018].

Kako bi se uhvatili u koštac s problemima povezanim s kemijskom složenošću biljnog ekstrakta, istraživači su usvojili pristup biljnog otiska prsta. Budući da cjelokupni uzorak spojeva (fitokompleks) karakterizira kemijski sastav biljne droge, kromatografski otisak prsta predstavlja sveobuhvatnu kvalitativnu metodologiju, u kojoj su cjelokupni kromatogrami procijenjeni tijekom analize podataka kako bi se razlikovali različiti genotipovi.

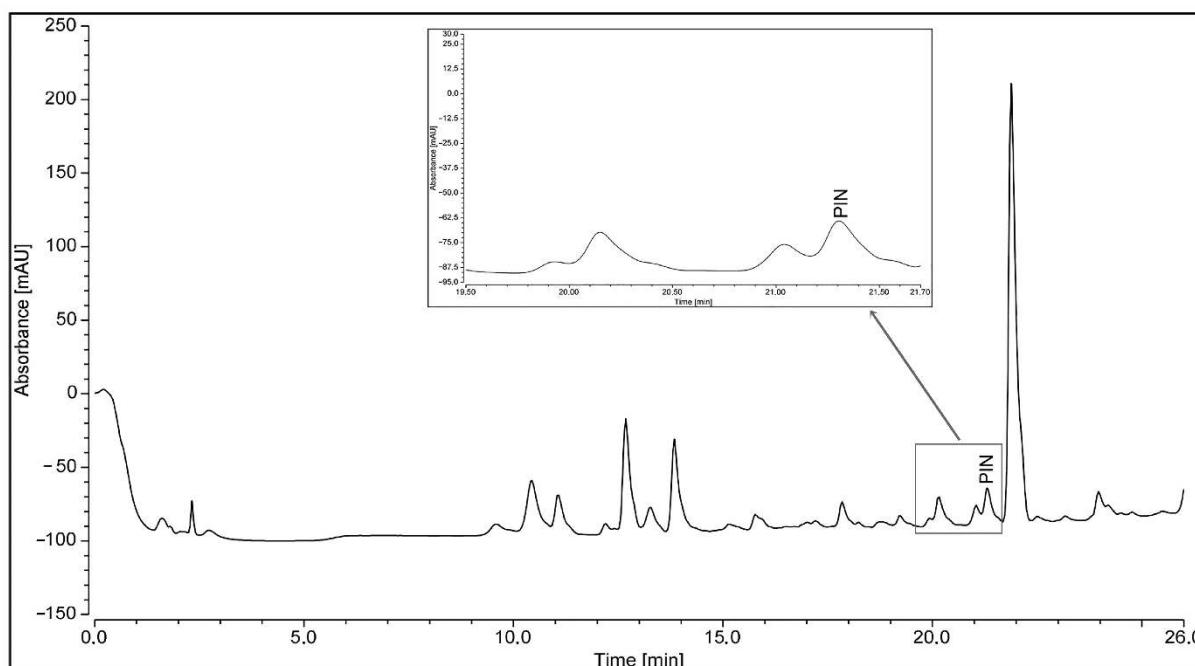
Kromatografske tehnike, koje se oslanjaju na interakcije sa stacionarnom fazom (kruta ili tekuća) i mobilnom fazom (tekućina ili plin), obično se koriste za odvajanje, identifikaciju i kvantificiranje fitokompleksa [Coskun, 2016]. Postoje mnoga izvješća o tehnikama otiska prsta za utvrđivanje identiteta i kvalitete biljaka, a to su uglavnom kromatografske analize, uključujući tekućinsku kromatografiju visoke učinkovitosti (HPLC), plinsku kromatografiju (GC), tekućinsku kromatografiju ultraučinkovitosti (UPLC) i kapilarnu elektroforezu (CE).). Metode spektroskopije također se primjenjuju za dobivanje otisaka prstiju [Donno et al., 2016].

- 1) Kromatografija na stupcu: je tehnika odvajanja koja se temelji na različitoj raspodjeli komponenata smjese između mobilne faze (otapala) i stacionarne faze (kolona napunjena krutim materijalom ili gelom. Obično se koristi za pročišćavanje i odvajanje smjesa organskih spojevi [Revathy et al., 2011].
- 2) Plinska kromatografija (GC): u ovom slučaju, mobilna faza je plin, a nepokretna faza je prevlaka ili kolona napunjena čvrstim materijalom.



Uzorci se isparavaju i ubrizgavaju u kolonu za odvajanje. To je široko korištena tehnika za analizu smjesa hlapljivih i toplinski stabilnih spojeva [McNair et al., 2019].

- 3) Tekućinska kromatografija visoke učinkovitosti (HPLC): mobilna faza je tekućina koja se pumpa kroz kolonu ispunjenu malim nepokretnim česticama. Razdvajanje se temelji na kemijskim i fizičkim interakcijama između komponenti smjese i stacionarne faze [Rahimi et al., 2020]. Identifikacija pinosilvina u *Pinus nigra* subsp. *laricio*, prirodni stilbenoid koji potiskuje ekspresiju proupalnih citokina i medijatora izazvanu LPS-om i inhibira JAK/STAT signalni put prikazan je u nastavku [Perri et al., 2023].



Slika 14.3. HPLC kromatogram *Pinus nigra* subsp. ekstrakt *laricio* knotwood: identifikacija pinosilvina (PIN).

- 4) Visokoučinkovita tankoslojna kromatografija (HPTLC - High-Performance Thin-Layer Chromatography): je varijanta tankoslojne kromatografije (TLC) koja koristi vrlo ujednačene tanke slojeve nepokretnog materijala (silika) na staklenoj ili aluminijskoj ploči kao

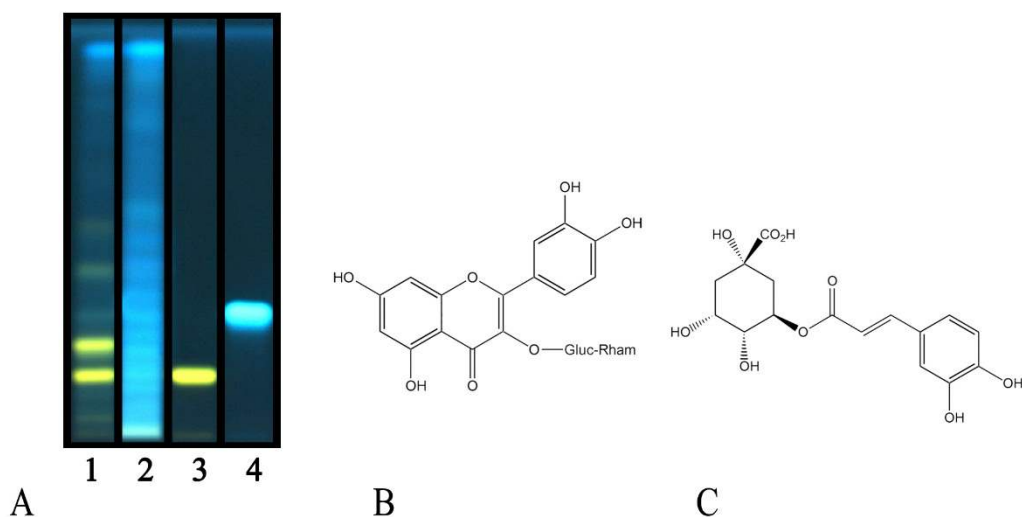


Co-funded by
the European Union



stacionarna faza i tekuća mobilna faza za odvajanje. Za razliku od TLC-a, sijanje se ne radi ručno, već posebnim strojem, rad se odvija u komori (Automatic Development Chamber) na kontroliranoj temperaturi, vlažnosti i zasićenju. Vizualizacija se radi pomoću specifičnog instrumenta (Visualizer) koji omogućuje dobivanje slike na računalu [Ramu i Chittela, 2018].

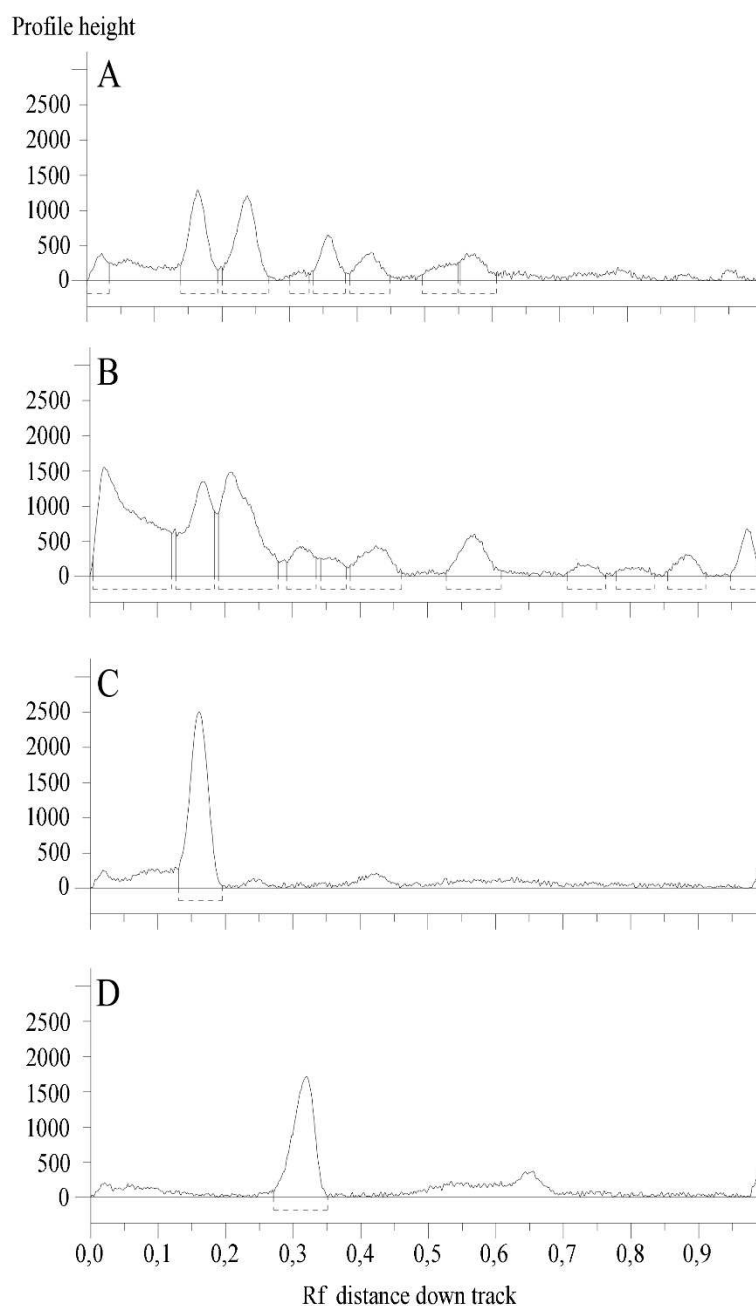
Ispod je primjer HPTLC analize [Amodeo et al., 2019].



Slika 14.4. (A) HPTLC analiza frakcija etil acetata *Chenopodium album* L. (Amaranthaceae) i *Sisymbrium officinale* (L.) Scop. (Brassicaceae). Skladbe: 1, *C. album* L.; 2, *S. officinale* (L.) Scop.; 3, rutina; 4, klorogenska kiselina. (B) rutina. (C) klorogenska kiselina.



Co-funded by
the European Union



Slika 14.5. HPTLC kromatogrami analiziranih uzoraka i standarda. A, *C. album* L.; B, *S. officinale* (L.) Scop.; C, rutin ($R_f = 0,16$); D, klorogenska kiselina ($R_f = 0,32$).

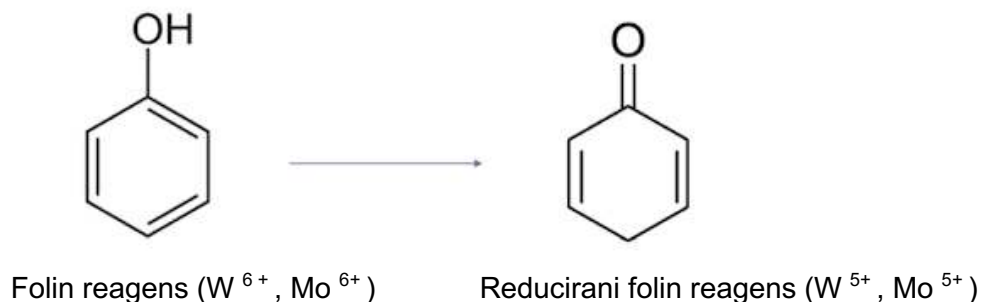
Ukupni sadržaj polifenola može se odrediti Folin-Ciocalteu metodom, koristeći klorogensku kiselinu kao standard. Folin-Ciocalteuov reagens sastoji se od mješavine dviju kiselina: fosfomolibdinske ($H_3PMo_{12}O_{40}$) i fosfovolframove ($H_3PW_{12}O_{40}$). U bazičnim uvjetima kemijska reakcija dovodi do redukcije ovog reagensa, a



Co-funded by
the European Union

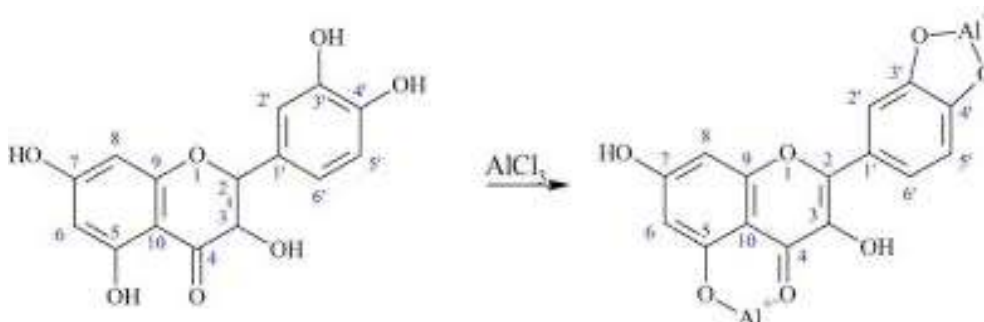


makroskopski se može uočiti intenzivna plava boja koja ukazuje na količinu polifenola prisutnih u uzorku.



Slika 14.6. Princip Folin-Ciocalteu metode .

Ukupni sadržaj flavonoida može se procijeniti kolorimetrijskim testom koji se temelji na stvaranju kompleksa flavonoid-aluminij s maksimalnom apsorpcijom na 430 nm.



Slika 14.7. Reakcija flavonoid-aluminijev klorid ($AlCl_3$).

Fitokemijski sastav prirodnog ekstrakta može uvelike varirati ovisno o biljci podrijetla, načinu ekstrakcije, uvjetima uzgoja i dijelu biljke koji se koristi. Na sadržaj djelatne tvari u biljci utječe nekoliko čimbenika okoliša, kao što su klimatski uvjeti, nadmorska visina, geografska širina i sastav tla, kao i biotički čimbenici. Svjetlost i temperatura ključni su za fotosintezu biljaka, što zauzvrat utječe na proizvodnju sekundarnih spojeva. Temperatura također može utjecati na brzinu enzimskih reakcija. Nadmorska visina i geografska širina imaju značajan utjecaj na kemijski sastav ljekovitog bilja, pri čemu se često bilježe varijacije između biljaka koje rastu u planinskim područjima i onih koje rastu u nizinama [Altemimi i sur., 2017.].



Co-funded by
the European Union



Biotički čimbenici, kao što su interakcije između različitih biljnih vrsta ili prisutnost obližnjih organizama, mogu utjecati na proizvodnju sekundarnih metabolita u biljkama. Međusobno djelovanje biljaka i drugih organizama može dovesti do promjena u fitokemijskom sastavu. Ukratko, sadržaj aktivnih sastojaka u biljkama pod utjecajem je složenog niza okolišnih i biotičkih čimbenika, zbog čega je važno uzeti u obzir te utjecaje u fitokemijskoj analizi i proizvodnji ljekovitog bilja [Shan et al., 2023].

Kao rezultat toga, priprema proizvoda iz biljaka, uključujući ekstrakte i eterična ulja, kao i fitokemijska karakterizacija ovih proizvoda su vitalni za razne industrije. Geografski položaj ima značajnu ulogu u određivanju sastava fitokompleksa, kao i kvalitete, autentičnosti i ljekovitosti proizvoda biljnog podrijetla. Ključno je razumjeti ove zemljopisne utjecaje kako bismo standardizirali, osigurali kontrolu kvalitete i razvili proizvode na bazi biljaka koji su sigurni i učinkoviti.

U provjeri kvalitete, čistoće i cjelovitosti biljnog bilja primjenjuju se posebne tehnike i strategije zbog složene prirode komponenti biljnog bilja (Slika 14.3). Toplinska stabilnost uzoraka, određivanje varijacije mase i entalpije, visoka osjetljivost, ponovljivost i brz odgovor na varijacije rezultata odlike su termičkih tehnika kao što su termogravimetrijska analiza i diferencijalna termička analiza. U toplinskoj analizi, funkcije vremena i temperature koriste se kao definirajući parametri.

U toplinskim analitičkim postupcima koriste se temperaturni rasponi od 25 do 1000 °C. Maseni signali se dobivaju tijekom procesa zagrijavanja analize koji otkrivaju gubitak mase (masa izgubljena u procesu toplinske razgradnje) u različitim definirajućim koracima (endotermni i egzotermni). Za uspostavu farmakopejskih standarda formulacija ljekovitog bilja korišten je HPTLC profil otiska prsta, mogu se otkriti fitokemijske komponente formulacija i može se osigurati učinkovitost, sigurnost i kvaliteta [Balekundri i Mannur, 2020.].



Slika 14.8. Metode biljne standardizacije.

Literatura

- Abubakar, A. R., & Haque, M. (2020). *Preparation of medicinal plants: Basic extraction and fractionation procedures for experimental purposes. Journal of Pharmacy and Bioapplied Sciences*, 12(1), 1-10.
- Altemimi, A., Lakhssassi, N., Baharlouei, A., Watson, D.G., Lightfoot, D.A. (2017). *Phytochemicals: Extraction, Isolation, and Identification of Bioactive Compounds from Plant Extracts. Plants (Basel)*., 6(4), 42.
- Amodeo, V., Marrelli, M., Pontieri, V., Cassano, R., Trombino, S., Conforti, F., & Statti, G. (2019). *Chenopodium album L. and Sisymbrium officinale (L.) Scop.: phytochemical content and in vitro antioxidant and anti-inflammatory potential. Plants*, 8(11), 505.
- Aziz, Z.A.A., Ahmad, A., Setapar, S.H.M., Karakucuk, A., Azim, M.M., Lokhat, D., Rafatullah, M., Ganash, M., Kamal, M.A., Ashraf, G.M. (2018). *Essential Oils:*



Extraction Techniques, Pharmaceutical And Therapeutic Potential - A Review. Curr Drug Metab., 19(13), 1100-1110.

Azwanida, N.N. (2015). *A review on the extraction methods use in medicinal plants, principle, strength and limitation. Med Aromat Plants.*, 4(196), 2167-0412.

Balekundri, A., & Mannur, V. (2020). *Quality control of the traditional herbs and herbal products: a review. Future Journal of Pharmaceutical Sciences*, 6, 1-9.

Coskun, O. (2016). *Separation techniques: Chromatography. North Clin Istanbul.*, 3(2), 156-160.

Donno, D., Boggia, R., Zunin, P., Cerutti, A. K., Guido, M., Mellano, M. G., ... & Beccaro, G. L. (2016). *Phytochemical fingerprint and chemometrics for natural food preparation pattern recognition: an innovative technique in food supplement quality control. Journal of food science and technology*, 53, 1071-1083.

Guerrini, A., Sacchetti, G., Echeverria Guevara, M. P., Paganetto, G., Grandini, A., Maresca, I., Menghini L., Di Martino L., Marengo A. & Tacchini, M. (2021). *Wild Italian Hyssopus officinalis subsp. aristatus (Godr.) Nyman: from morphological and phytochemical evidences to biological activities. Plants*, 10(4), 631.

Hudz, N., Makowicz, E., Shanaida, M., et al. (2020). *Phytochemical Evaluation of Tinctures and Essential Oil Obtained from Satureja montana Herb. Molecules*, 25(20), 4763.

McNair, H.M., Miller, J.M., Snow, N.H. (2019). *Basic gas chromatography. John Wiley & Sons.*

Perri, M. R., Pellegrino, M., Marrelli, M., Aquaro, S., Cavaliere, F., Grande, F., ... & Statti, G. (2023). *Identification of Pinosylvin in Pinus nigra subsp. laricio: A Naturally Occurring Stilbenoid Suppressing LPS-Induced Expression of Pro-Inflammatory Cytokines and Mediators and Inhibiting the JAK/STAT Signaling Pathway. Pharmaceuticals*, 16(5), 718.

Rahimi, F., Chatzimichail, S., Saifuddin, A., Surman, A.J., Taylor-Robinson, S.D., Salehi-Reyhani, A. (2020). *A review of portable high-performance liquid chromatography: the future of the field?. Chromatographia*. 83, 1165-95.

Ramu, B., Chittela, K.B. (2018). *High Performance Thin Layer Chromatography and Its Role Pharmaceutical Industry. Open Sci. J. Biosci. Bioeng*, 5(3), 29-34.



Co-funded by
the European Union



Revathy, S., Elumalai, S., Antony, M.B. (2011). *Isolation, purification and identification of curcuminoids from turmeric (Curcuma longa L.) by column chromatography. Journal of Experimental sciences, 27, 2(7).*

Shan, Z., Zhou, S., Shah, A., Arafat, Y., Arif Hussain Rizvi, S., Shao, H. (2023). *Plant Allelopathy in Response to Biotic and Abiotic Factors. Agronomy, 13(9), 2358.*



Co-funded by
the European Union



Poglavlje 15. Tvari u dodacima prehrani između učinkovitosti i toksičnosti - biljke i biljni ekstrakti (Pînzaru IA, Macașoi IG, Dehelean CA)

15.1. Uvod

Dodaci prehrani su proizvodi koji se konzumiraju uz redovnu prehranu kako bi se osigurali dodatni hranjivi sastojci koji su korisni za zdravlje i dobrobit tijela. S tim u vezi, dodaci prehrani namijenjeni su nadopuni prehrane, sadrže sastojke poput vitamina, minerala, aminokiselina, biljaka ili botaničkih tvari i mogu se davati u obliku pilula, kapsula ili različitih tekućih farmaceutskih oblika [Wierzejska, 2021].

Tradicionalna medicina temelji se na biljkama koje su primarni i važan izvor mnogih lijekova koji se danas koriste, a najčešći primjeri su aspirin i morfij. Osim toga, brojni proizvodi na biljnoj bazi koriste se u proizvodnji dodataka prehrani. Popularnost biljnih proizvoda nedavno je porasla, trend koji se može objasniti dugom poviješću njihove upotrebe. Prema anketama, otprilike 20% odraslih redovito konzumira biljne dodatke prehrani [Bailey et al., 2011.; Wierzejska, 2021.].

Važno je napomenuti da je jedan od najznačajnijih problema povezanih s tako visokim unosom dodataka prehrani to što se većina ljudi ne javlja svojim liječnicima, a mnogi dodaci mogu ometati njihovo liječenje. Ovi su dodaci stekli popularnost zbog svojih percipiranih prirodnih i holističkih kvaliteta, nudeći širok raspon zdravstvenih dobrobiti. Međutim, bitno je razumjeti da samo zato što je nešto prirodno ne znači nužno da je sigurno, a učinkovitost ovih tvari može biti usko povezana s njihovim potencijalom toksičnosti [Ronis et al., 2018; Bailey i sur., 2011.].

Osim toga, kemijska složenost biljaka može pridonijeti njihovim korisnim učincima, ali i njihovom potencijalnom riziku od izazivanja nuspojava. Aktivne tvari u biljkama mogu značajno varirati ovisno o biljnoj vrsti, korištenom dijelu (lišće, korijen, cvjetovi), načinu obrade i uvjetima uzgoja. Zbog toga je standardizacija i kontrola kvalitete biljnih dodataka nužna kako bi se osigurala njihova sigurnost i učinkovitost. Također je važno razmotriti moguće interakcije između dodataka prehrani i propisanih



lijekova, jer mogu negativno utjecati na liječenje ili uzrokovati neočekivane nuspojave [Ronis et al., 2018; Bailey i sur., 2011.].

S druge strane, uočene dobrobiti biljnih dodataka prehrani, poput jačanja imunološkog sustava, poboljšanja probave, smanjenja upale i borbe protiv stresa, pridonose njihovom kontinuiranom rastu popularnosti. Neophodno je promicati edukaciju potrošača o odgovornoj upotrebi dodataka prehrani i poticati savjetovanje sa zdravstvenim stručnjacima prije početka bilo kakvog novog režima suplementacije. Samo na taj način mogu se maksimizirati dobrobiti ovih proizvoda, a istovremeno minimizirati potencijalni rizici povezani s njihovom neprikladnom upotrebom [Wierzejska, 2021; Bailey i sur., 2011.; Ronis i sur., 2018.].

15.2. Tvari biljnog podrijetla koje se koriste u dodacima prehrani

Tvari biljnog podrijetla koje se koriste u dodacima prehrani uključuju širok raspon spojeva dobivenih iz različitih dijelova biljaka, kao što su listovi, cvjetovi, korijenje i sjemenke. Ove tvari često se cijene zbog svojih korisnih svojstava za zdravlje. Neke od najčešćih tvari biljnog podrijetla koje se koriste u dodacima prehrani prikazane su u tablici 15.1.

Tablica 15.1. Tvari biljnog podrijetla koje se koriste u dodacima prehrani i njihova korisna svojstva.

KATEGORIJA	PRIMJERI	SVOJSTVA	IZVORI
POLIFENOLI	Flavonoidi, resveratrol, elaginska kiselina	Antioksidans, protuupalno	Voće, povrće, zeleni čaj, crno vino
ALKALOIDI	Kofein, teobromin, morfij	Snažna farmakološka aktivnost	Kava, čaj, kakao, opijati mak
TERPENOIDI	Karotenoidi (beta-karoten), fitosteroli	Zdravlje očiju, smanjenje kolesterola	Menta, bosiljak, majčina dušica
GLIKOZIDI	Srčani glikozidi (digitalis), saponini (juka, quillaja)	Razna ljekovita svojstva	Digitalis, juka, quillaja



TANINI	Tanini	Antioksidansi, zdravlje probave	Čaj, vino
FITONUTRIJENTI	Likopen, sulforafan, antocijanini	Povoljno djelovanje na zdravlje	Rajčice, brokula, bobičasto voće
ESENCIJALNE MASNE KISELINE	Omega-3, Omega-6	Ključni za pravilan rad organizma	Biljna ulja, laneno sjeme, orasi, masna riba
POLISAHARIDI	Beta-glukani	Stimulacija imunološkog sustava	Gljive, zob
LIGNANI	Lignani	Antioksidans, fitoestrogen	Sjemenke lana, susam, cjelovite žitarice
ETERIČNA ULJA	Lavanda, eukaliptus, čajevac	Aromaterapija, razne dobrobiti za zdravlje	Lavanda, eukaliptus, čajevac

15.3. Učinkovitost tvari biljnog podrijetla

Što se tiče učinkovitosti tvari koje se nalaze u dodacima prehrani, posebnu pozornost treba posvetiti sljedećim temama: gustoća nutrijenata, tradicionalna medicina, sinergija i bioraspoloživost te adaptogena svojstva.

Gustoća hranjivih tvari

Mnogi biljni dodaci prehrani, poput onih koji sadrže vitamine, minerale i antioksidanse, mogu osigurati esencijalne hranjive tvari koje često nedostaju u standardnoj prehrani. Ove su hranjive tvari ključne za različite tjelesne funkcije, uključujući proizvodnju energije, imunološku potporu i cjelokupno zdravlje [Drewnowski i sur., 2014.; Nicklas i sur., 2014.; Fekete i sur., 2023]. Na primjer, vitamin C iz ekstrakata acerole ili vitamin E iz ulja pšeničnih klica prepoznati su po svojoj ulozi u zaštiti stanica i potpori imunološkim funkcijama. Vitamin C neophodan je za sintezu kolagena i funkciju imunološkog sustava, dok vitamin E djeluje kao snažan antioksidans koji štiti stanice od oksidativnog stresa [Lehoczki et al., 2023; Fekete i sur., 2023.] .

Minerali poput magnezija u dodacima spiruline neophodni su za pravilan rad živčanog i mišićnog sustava. Magnezij doprinosi preko 300 biokemijskih reakcija u tijelu, uključujući regulaciju mišićnog tonusa i živčanih impulsa [Ward, 2014].



Multivitaminski i mineralni dodaci također su povezani s različitim zdravstvenim prednostima, uključujući smanjeni rizik od raka i poboljšano opće zdravlje. Studije su pokazale da određene kombinacije vitamina i minerala mogu smanjiti učestalost raka i ukupnu smrtnost, osobito u populaciji s nedostatkom prehrane [Nicklas et al., 2014.; Ward, 2014.].

Međutim, važno je napomenuti da učinci dodataka prehrani mogu varirati ovisno o specifičnoj dozi i kombinaciji hranjivih tvari, kao i o zdravstvenom stanju pojedinca. Stoga se preporučuje konzultirati se sa stručnjakom prije početka bilo kakvog režima suplementacije [Lehoczki et al., 2023; Drewnowski i sur., 2014.; Nicklas i sur., 2014.; Fekete i sur., 2023].

Tradicionalna medicina

Mnogi biljni ekstrakti imaju dugu povijest upotrebe u sustavima tradicionalne medicine diljem svijeta. Na primjer, biljke poput ginsenga, ehinaceje i kurkume stoljećima su korištene zbog svojih potencijalnih zdravstvenih prednosti, uključujući imunološku potporu i protuupalna svojstva [Boy, 2018; Wang i sur., 2018.; Singh i sur., 2017 .; Nicklas i sur., 2014.; Fekete i sur., 2023.] .

U tradicionalnoj kineskoj medicini ginseng se koristi za poboljšanje energije i vitalnosti. Prepoznat je po svojoj sposobnosti da poveća otpornost na stres i poboljša fizičku i mentalnu izvedbu [Wang et al., 2018]. Osim toga, ginseng se smatra adaptogenom, pomaže tijelu da se prilagodi različitim vrstama stresa i poboljšava cjelokupno funkcioniranje tijela [Kiefer & Pantuso, 2003; Fekete i sur., 2023].

Echinacea je popularna u tradicionalnoj sjevernoameričkoj medicini za prevenciju i liječenje prehlade. Istraživanja su pokazala da ekstrakti ehinaceje mogu ojačati imunološki sustav i smanjiti trajanje simptoma prehlade. Jedno je istraživanje pokazalo da uzimanje ehinaceje može smanjiti ozbiljnost i trajanje respiratornih simptoma [Barrett, 2003; Hudson, 2011.; Fekete i sur., 2023].

Kurkuma, poznata po svojim aktivnim kurkuminoidima, koristi se u ayurvedskoj medicini za smanjenje upale i poboljšanje zdravlja zglobova. Kurkumin, glavni aktivni spoj kurkume, ima snažna protuupalna i antioksidativna svojstva [Singh et al., 2017.; Aggarwal i sur., 2007.; Nicklas i sur., 2014.]. Istraživanje je pokazalo da kurkumin



može inhibirati upalne molekule u tijelu, pružajući zaštitu od kroničnih upalnih stanja [Gupta et al., 2013; Fekete i sur., 2023].

Kurkuma se, osim u ajurvedskoj medicini, također koristi u drugim kulturama za liječenje probavnih tegoba i zbog svojih antioksidativnih svojstava [Singh et al., 2017.; Aggarwal i sur., 2007]. Kurkumin u kurkumi opsežno je proučavan zbog njegovog potencijala u prevenciji i liječenju kroničnih upalnih bolesti kao što su reumatoidni artritis i upalna bolest crijeva [Gupta i sur., 2013.; Fekete i sur., 2023.] .

Ginseng se koristi u raznim tradicionalnim pripravcima za liječenje umora, poboljšanje kognitivnih funkcija i jačanje imunološkog sustava. Ekstrakti ginsenga proučavani su zbog njihovih potencijalnih učinaka na poboljšanje kognitivnih funkcija i fizičke izdržljivosti [Wang et al., 2018; Reay i sur., 2005.; Fekete i sur., 2023.] . U tradicionalnoj sjevernoameričkoj medicini ehinacea se koristila ne samo za prehlade, već i za razne infekcije i upale, zauzimajući važno mjesto u tradicionalnoj biljnoj medicini [Barrett, 2003; Fekete i sur., 2023.] .

Sinergija i bioraspoloživost

Smatra se da neki biljni spojevi djeluju sinergistički s drugim komponentama u svom prirodnom obliku, povećavajući njihovu bioraspoloživost i potencijalne zdravstvene dobrobiti. To se često naziva "učinak okruženja", gdje više spojeva u biljci radi zajedno za značajniji učinak [Nair, 2018; Singh i sur., 2017.; Bertuccioli i sur., 2019.; Nicklas i sur., 2014.; Fekete i sur., 2023.] .

Na primjer, resveratrol u grožđu može biti učinkovitiji ako se konzumira s drugim antioksidansima prisutnim u voću. Studije su pokazale da antioksidansi u grožđu, poput kvercetina i katehina, mogu sinergistički djelovati na poboljšanje bioraspoloživosti resveratrola i potencirati njegove korisne učinke na zdravlje kardiovaskularnog sustava [Nair, 2018; Baur i Sinclair, 2006.; Nicklas i sur., 2014.; Fekete i sur., 2023.] .

Kurkumin u kurkumi povećao je bioraspoloživost u kombinaciji s piperinom u crnom papru. Piperin, aktivni spoj u crnom papru, može povećati apsorpciju kurkumina do 2000%, olakšavajući njegov prolaz kroz crijevnu barijeru i smanjujući metabolizam u jetri [Shoba et al., 1998; Gupta i sur., 2013.; Nicklas i sur., 2014.; Fekete i sur., 2023.] .



] . Ova se kombinacija često koristi u dodacima prehrani kako bi se maksimizirale protuupalne i antioksidativne prednosti kurkume [Bertuccioli et al., 2019.; Fekete i sur., 2023.] .

Stoga sinergija i bioraspoloživost igraju ključnu ulogu u učinkovitosti biljnih dodataka prehrani, osiguravajući da tijelo apsorbira i učinkovito koristi hranjive tvari. Ovaj koncept je ključan u razvoju dodataka koji maksimiziraju zdravstvene dobrobiti korištenjem prirodnih spojeva u njihovom optimalnom obliku.

Adaptogena svojstva

Određeni biljni ekstrakti, kao što su adaptogeni (npr. ashwagandha i rhodiola), povezani su sa smanjenjem stresa, poboljšanom izdržljivošću i poboljšanom mentalnom jasnoćom, nudeći potencijalno prirodno rješenje za zahtjeve modernog života [Todorova, 2021.; Panossian i Wikman, 2010.; Chandrasekhar i sur., 2012.; Nicklas i sur., 2014.; Fekete i sur., 2023].

Adaptogeni pomažu tijelu da se prilagodi stresu i održavaju homeostazu. Ovi biljni spojevi djeluju modulirajući odgovor na stres, uravnotežujući biološke procese i poboljšavajući sposobnost tijela da se nosi s fizičkim, kemijskim i biološkim stresom. To znači da adaptogeni mogu pomoći u smanjenju negativnih učinaka produljenog stresa i spriječiti stanja povezana s kroničnim stresom, kao što su umor, tjeskoba i poremećaji spavanja [Panossian i Wikman, 2010.; Todorova, 2021.; Nicklas i sur., 2014.; Fekete i sur., 2023.] .

Ashwagandha (*Withania somnifera*) je poznata po svojoj sposobnosti da smanji razinu hormona stresa kortizola i poboljša kvalitetu sna. Studije su pokazale da ashwagandha može značajno smanjiti razinu stresa i tjeskobe, pridonoseći mirnijem snu i općem blagostanju. Randomizirano, dvostruko slijepo, placebo kontrolirano ispitivanje pokazalo je da visoka koncentracija ekstrakta ashwagandhe značajno smanjuje rezultate stresa i anksioznosti u usporedbi s placeboom [Chandrasekhar et al., 2012.; Fekete i sur., 2023]. Osim toga, ashwagandha je povezana s poboljšanom fizičkom izdržljivošću i kognitivnom izvedbom, što je čini korisnom u upravljanju zahtjevima modernog života [Auddy et al., 2008; Fekete i sur., 2023.] .



Rodiola (*Rhodiola rosea*) cijenjena je zbog svoje sposobnosti da poboljša mentalnu i fizičku izvedbu pod stresom. Istraživanja pokazuju da rodiola može povećati radnu sposobnost, smanjiti mentalni umor i poboljšati budnost i mentalnu bistrinu. Jedna je studija pokazala da rodiola može značajno smanjiti mentalni umor i poboljšati izvedbu u kognitivnim zadacima, pridonoseći boljem upravljanju stresom [Olsson et al., 2009; Fekete i sur., 2023.] . Rhodiola djeluje tako da utječe na sustave neurotransmitera i hormonski odgovor na stres, pomažući u održavanju homeostaze i prilagodbi tijela na stresne uvjete [Panossian i Wikman, 2010.; Fekete i sur., 2023] .

Uz ashwagandhu i rhodiolu, postoje i drugi adaptogeni koji pružaju slične dobrobiti. Na primjer, eleuter (*Eleutherococcus senticosus*), također poznat kao sibirski ginseng, koristi se za poboljšanje energije i izdržljivosti te za smanjenje umora [Panossian et al., 2008; Fekete i sur., 2023.] . Šisandra (*Schisandra chinensis*) još je jedan adaptogen poznat po svojim svojstvima poboljšanja fizičkih i mentalnih performansi i zaštite od oksidativnog stresa [Winston i Maimes, 2007; Fekete i sur., 2023] .

Adaptogeni su važna kategorija prirodnih dodataka koji mogu pomoći u upravljanju stresom i poboljšanju cjelokupnog zdravlja, pružajući holističko rješenje za zahtjeve modernog života.

Dodatne pogodnosti

Osim adaptogena, biljni dodaci prehrani mogu pružiti posebne dobrobiti za različite tjelesne sustave. Na primjer, poznato je da ekstrakt lista ginka bilobe poboljšava cirkulaciju krvi i podržava kognitivnu funkciju. Studije su pokazale da ginko biloba može poboljšati cerebralni protok krvi i imati blagotvoran učinak na pamćenje i kognitivnu funkciju, te je koristan u liječenju stanja kao što su demencija i Alzheimerova bolest [Weinmann i sur., 2010.; Gschwind i sur., 2017.; Nicklas i sur., 2014.; Fekete i sur., 2023] .

Sjemenke čička (*Silybum marianum*) koriste se za potporu funkcije jetre i detoksikaciju. Silimarin, glavni aktivni spoj u mlječici, poznat je po svojim hepatoprotektivnim i antioksidativnim svojstvima. Silimarin pomaže u zaštiti jetre od toksina i regeneraciji jetrenih stanica te se koristi u liječenju bolesti jetre kao što su



hepatitis i ciroza [Kren i Walterová, 2005; Loguercio i Festi, 2011.; Nicklas i sur., 2014.; Fekete i sur., 2023].

Također, biljke poput valerijane (*Valeriana officinalis*) i pasiflore (*Passiflora incarnata*) koriste se za poticanje opuštanja i ublažavanje simptoma tjeskobe i nesanice. Valerijana je poznata po svojim sedativnim i anksiolitičkim učincima, jer se stoljećima koristi za liječenje nesanice i tjeskobe. Studije su pokazale da ekstrakt valerijane može poboljšati kvalitetu sna i smanjiti vrijeme potrebno da se zaspi [Bent et al., 2006; Fernández-San-Martín i sur., 2010.; Nicklas i sur., 2014.; Fekete i sur., 2023]. Passiflora je također cijenjena zbog svojih sedativnih svojstava i tradicionalno se koristi za liječenje anksioznosti i poremećaja spavanja [Akhondzadeh et al., 2001.; Miyasaka i sur., 2007.; Nicklas i sur., 2014.; Fekete i sur., 2023.] .

15.4. Razmatranja prilagodbe dodataka prehrani

Važno je napomenuti da učinkovitost biljnih dodataka prehrani može varirati ovisno o biološkoj individualnosti svake osobe. Čimbenici poput dobi, zdravlja, prehrane i načina života mogu utjecati na to kako tijelo reagira na ove dodatke prehrani. Na primjer, dob može utjecati na apsorpciju i metabolizam dodataka prehrani, dok određena zdravstvena stanja mogu zahtijevati posebne prilagodbe u doziranju i vrsti korištenih dodataka [Todorova, 2021.; Liu i sur., 2018.; Hu i sur., 2019.; Nicklas i sur., 2014.; Fekete i sur., 2023].

Savjetovanje sa zdravstvenim djelatnikom ključno je za prilagođavanje dodataka specifičnim potrebama i optimiziranje njihovih prednosti. Zdravstveni djelatnici mogu provesti detaljne procjene kako bi odredili pojedinačne prehrambene potrebe i preporučili odgovarajuće dodatke za zadovoljenje tih potreba. Također mogu pratiti odgovor na dodatke prehrani i prilagoditi doze ili vrste dodataka prehrani na temelju individualnih reakcija i rezultata [Todorova, 2021; Liu i sur., 2018.; Nicklas i sur., 2014.; Fekete i sur., 2023].

Na primjer, stariji ljudi mogu imati drugačije prehrambene potrebe od mlađih odraslih osoba i mogu zahtijevati dodatke prehrani za podršku zdravlju kostiju, kognitivnoj funkciji i imunološkom sustavu. S druge strane, sportaši će možda trebati dodatke prehrani kako bi podržali svoje fizičke performanse i oporavak mišića. U oba



slučaja, savjetovanje sa stručnjakom može osigurati da su dodaci pravilno prilagođeni kako bi se maksimizirale koristi [Hu et al., 2019; Kreider i sur., 2010.; Nicklas i sur., 2014.; Fekete i sur., 2023].

Prehrana i stil života također igraju ključnu ulogu u tome kako tijelo apsorbira i koristi dodatke prehrani. Na primjer, prehrana bogata vlaknima može utjecati na apsorpciju određenih minerala, dok konzumacija alkohola i pušenje mogu utjecati na metabolizam i učinkovitost dodataka [Liu et al., 2018; Nicklas i sur., 2014.] .

15.5. Aspekti vezani uz toksičnost tvari biljnog podrijetla

Na suprotnom je polu toksičnost tvari koje se koriste u dodacima prehrani, na temelju čega se uglavnom utvrđuju: doziranje i koncentracija, alergene reakcije, interakcije, čistoća i kontaminacija te nedostatak regulacije.

Doziranje i koncentracija

Prirodne tvari u biljnim ekstraktima mogu biti moćne, a ako se konzumiraju u visokim koncentracijama, mogu dovesti do toksičnosti. Predoziranje nekim biljnim dodacima prehrani može dovesti do štetnih učinaka, uključujući probavne probleme, glavobolje ili teže zdravstvene probleme [Brima, 2017; Bent i sur., 2006.; Stickel i Shouval, 2015.; Nicklas i sur., 2014.; Fekete i sur., 2023]. Na primjer, pretjerana konzumacija vitamina A iz biljnih izvora kao što je ulje riblje jetre može uzrokovati hipervitaminozu A, što može dovesti do ozbiljnih zdravstvenih problema kao što su oštećenje jetre i vida [Hathcock, 1997; Fekete i sur., 2023].

Također, ekstrakti zelenog čaja, ako se konzumiraju u vrlo visokim dozama, mogu izazvati hepatotoksičnost, što dovodi do oštećenja jetre i drugih ozbiljnih komplikacija [Mazzanti i sur., 2015.; Nicklas i sur., 2014.; Fekete i sur., 2023.] . Korijen kave, koji se koristi zbog svojih anksiolitičkih svojstava, može izazvati hepatotoksičnost ako se konzumira u velikim količinama ili dugotrajno [Stickel i Shouval, 2015.; Nicklas i sur., 2014.] .

Važno je slijediti preporučene doze za svaki biljni dodatak jer čak i tvari koje se smatraju sigurnima mogu postati opasne u velikim količinama. Na primjer, češnjak, poznat po dobrobitima za zdravlje kardiovaskularnog sustava, može uzrokovati iritaciju



želuca i probleme s zgrušavanjem krvi ako se konzumira u prekomjernim količinama [Ried et al., 2016; Nicklas i sur., 2014.].

Neki biljni dodaci prehrani mogu sadržavati aktivne spojeve koji mogu stupiti u interakciju s lijekovima ili drugim dodacima prehrani, pojačavajući ili smanjujući njihove učinke. Stoga je ključno konzultirati se sa zdravstvenim djelatnikom prije početka uzimanja novog suplementa, osobito ako se koriste i drugi lijekovi [Izzo i Ernst, 2009.; Nicklas i sur., 2014.; Fekete i sur., 2023.].

Osim doziranja, način primjene može značajno utjecati na apsorpciju i djelovanje biljnih tvari. Na primjer, suplementi koji se daju u obliku kapsula ili tableta mogu imati različite stope apsorpcije u usporedbi s tekućinama ili prahovima, čime utječu na koncentracije aktivnih spojeva u plazmi i, implicitno, na njihove učinke na tijelo [Gaby, 2006; Nicklas i sur., 2014.].

Također je važno uzeti u obzir prirodnu varijabilnost koncentracija aktivnih spojeva u biljkama, koja može varirati ovisno o čimbenicima okoliša, načinu berbe i prerade. Standardizacija biljnih dodataka može pomoći u osiguravanju dosljednog i sigurnog doziranja [Gafner, 2018; Nicklas i sur., 2014.].

Primjeri izračuna za tvari biljnog podrijetla:

a) Vitamin A:

o Preporučena dnevna doza (RDD) za odrasle: 700-900 mikrograma (μg) ekvivalenta retinola (RE).

o Gornja sigurnosna granica: 3000 μg RE dnevno.

o Primjeri: 1 gram ulja jetre bakalara može sadržavati oko 1000 μg RE. Konzumacija 3 grama dosegla bi gornju sigurnu granicu (3 grama x 1000 $\mu\text{g}/\text{gram} = 3000 \mu\text{g}$ RE), riskirajući toksičnost.

b) Ekstrakt zelenog čaja:

o Katehini su glavni aktivni spojevi.

o RDD: nema specifične vrijednosti, ali konzumacija zelenog čaja smatra se sigurnom u količini od 3-5 šalica dnevno.

o Gornja sigurna granica za dodatke prehrani: oko 800 mg katehina dnevno.



o Primjeri: dodatak koji sadrži 400 mg katehina po kapsuli. Konzumacija dvije kapsule dnevno (2 kapsule x 400 mg/kapsula = 800 mg) doseže gornju sigurnosnu granicu, a konzumacija tri kapsule bi je premašila, riskirajući hepatotoksičnost.

c) Kava korijen:

o Glavni djelotvorni spojevi: kavalakton.

o Preporučena doza: 60-120 mg kavalaktona dnevno.

o Primjeri: dodatak koji sadrži 60 mg kavalaktona po kapsuli. Konzumacijom dvije kapsule dnevno (2 kapsule x 60 mg/kapsula = 120 mg) postiže se preporučena doza. Konzumacija četiri kapsule bi udvostručila preporučenu dozu, riskirajući hepatotoksičnost.

d) Češnjak (*Allium sativum*):

o Glavni aktivni spojevi: alicin.

o Preporučena doza za dobrobit kardiovaskularnog sustava: oko 600-1200 mg češnjaka u prahu dnevno.

o Primjeri: dodatak koji sadrži 300 mg češnjaka po tableti. Konzumacijom četiri tablete dnevno (4 tablete x 300 mg/tableta = 1200 mg) postiže se preporučena doza. Konzumacija osam tableta udvostručila bi preporučenu dozu, riskirajući nadraženosť želuca i probleme s zgrušavanjem.

Zaključno, doza i koncentracija ključni su čimbenici u korištenju biljnih dodataka prehrani. Pridržavanje uputa za doziranje i savjetovanje sa zdravstvenim radnicima ključni su za povećanje koristi ovih dodataka i smanjenje rizika od toksičnosti.

Alergijske reakcije

Alergijske reakcije na biljne spojeve čest su problem, čak i kada se ti spojevi općenito smatraju sigurnima. Te reakcije mogu značajno varirati od blage iritacije kože do teških, po život opasnih anafilaktičkih odgovora [Shahali, 2018; Asero, 2000.; Sicherer, 2011.; Pumphrey, 2004.; Haahtela i sur., 2013.].



Izloženost biljnim alergenima može izazvati različite alergijske simptome, uključujući kontaktni dermatitis, alergijski rinitis i gastrointestinalne simptome [Haahtela et al., 2013]. U nekim slučajevima, udisanje peludi ili drugih biljnih čestica može potaknuti teške astmatske simptome (Pumphrey, 2004.).

Tablica 15.2. Tablica s primjerima alergijskih reakcija na biljne spojeve

BILJNI SPOJEVI	UOBIČAJENI SIMPTOMI	OZBILJNOST
PELUD AMBROZA	Kihanje, curenje iz nosa, nadražene oči	Umjereno
OTROVNI BRŠLJAN	Osip, svrbež, oteklina	Umjerena do teška
LATEKS (OD GUMJENOG STABLA)	Osip, svrbež, anafilaksija	Teška
PROTEIN OD KIKIRIKIJA	Urtikarija, grčevi u želucu, anafilaksija	Teška
PROTEIN SOJE	Osip, svrbež, grčevi u želucu	Umjerena do teška
PŠENIČNI GLUTEN	Urtikarija, grčevi u želucu, anafilaksija	Teška
PROTEINI IZ ORAŠASTIH PLODOVA (PRIM. BADEM, ORAH)	Osip, svrbež, anafilaksija	Teška
SMLJENI PROTEIN	Urtikarija, grčevi u želucu, anafilaksija	Teška
POLEN TRAVE	Kihanje, curenje iz nosa, nadražene oči	Umjereno
SPORE PLIJESNI	Kihanje, kašljanje, hripanje	Umjerena do teška
MAČJA DLAKA (SADRŽI BILJNE PROTEINE)	Kihanje, curenje iz nosa, nadražene oči	Umjereno
PSEĆA DLAKA (SADRŽI BILJNE PROTEINE)	Kihanje, curenje iz nosa, nadražene oči	Umjereno
PROTEIN IZ SJEMENKI SUNCOKRETA	Urtikarija, svrbež, anafilaksija	Teška
PROTEIN SEZAMOVA	Urtikarija, svrbež, anafilaksija	Teška
PROTEIN SJEMENA GORČICE	Urtikarija, svrbež, anafilaksija	Teška
PROTEIN IZ KORIJENA CELERA	Osip, svrbež, grčevi u želucu	Umjerena do teška



PROTEIN IZ ČEŠNJAKA	Osip, svrbež, grčevi u želucu	Umjerena do teška
PROTEIN OD LUKA	Osip, svrbež, grčevi u želucu	Umjerena do teška
ENZIM PAPAJE (PAPAIN)	Osip, svrbež, grčevi u želucu	Umjerena do teška
PROTEIN IZ VOĆA KIVI	Osip, svrbež, grčevi u želucu	Umjerena do teška
PROTEIN IZ RAJČICE	Osip, svrbež, grčevi u želucu	Umjerena do teška
PROTEIN OD MRKVE	Osip, svrbež, grčevi u želucu	Umjerena do teška
BANANA PROTEIN	Osip, svrbež, grčevi u želucu	Umjerena do teška
PROTEIN OD JAGODE	Osip, svrbež, grčevi u želucu	Umjerena do teška
PROTEIN OD JABUKE	Osip, svrbež, grčevi u želucu	Umjerena do teška
PROTEIN IZ BRESKVE	Osip, svrbež, grčevi u želucu	Umjerena do teška
PROTEINI IZ VIŠNJA	Osip, svrbež, grčevi u želucu	Umjerena do teška
PROTEINI IZ GROŽĐA	Osip, svrbež, grčevi u želucu	Umjerena do teška
PROTEIN IZ NARANČE	Osip, svrbež, grčevi u želucu	Umjerena do teška
PROTEIN OD LIMUNA	Osip, svrbež, grčevi u želucu	Umjerena do teška
PROTEIN LIME	Osip, svrbež, grčevi u želucu	Umjerena do teška
PROTEIN IZ AVOKADA	Osip, svrbež, grčevi u želucu	Umjerena do teška
PROTEIN IZ ANANASA	Osip, svrbež, grčevi u želucu	Umjerena do teška
PROTEIN MANGA	Osip, svrbež, grčevi u želucu	Umjerena do teška



KOKOSOV PROTEIN	Osip, svrbež, grčevi u želucu	Umjerena do teška
PROTEIN IZ PAPRIKE	Osip, svrbež, grčevi u želucu	Umjerena do teška
PROTEIN IZ ŠPINATA	Osip, svrbež, grčevi u želucu	Umjerena do teška
PROTEIN IZ BROKULE	Osip, svrbež, grčevi u želucu	Umjerena do teška
PROTEIN IZ CVJETAČE	Osip, svrbež, grčevi u želucu	Umjerena do teška
PROTEIN IZ KUCICA	Osip, svrbež, grčevi u želucu	Umjerena do teška
KUPUS PROTEIN	Osip, svrbež, grčevi u želucu	Umjerena do teška
PROTEIN IZ SALATE	Osip, svrbež, grčevi u želucu	Umjerena do teška
ROTKVICA PROTEIN	Osip, svrbež, grčevi u želucu	Umjerena do teška
PROTEIN IZ KRASTAVACA	Osip, svrbež, grčevi u želucu	Umjerena do teška
PROTEIN BUNDEVE	Osip, svrbež, grčevi u želucu	Umjerena do teška
PROTEIN IZ TIKVICE	Osip, svrbež, grčevi u želucu	Umjerena do teška
PROTEIN IZ SLATKOG KRUMPIRA	Osip, svrbež, grčevi u želucu	Umjerena do teška
PROTEIN IZ TUPAKA	Osip, svrbež, grčevi u želucu	Umjerena do teška
PROTEIN IZ PERŠINA	Osip, svrbež, grčevi u želucu	Umjerena do teška
PROTEIN REPE	Osip, svrbež, grčevi u želucu	Umjerena do teška

Interakcije

Biljni dodaci prehrani mogu komunicirati s lijekovima ili drugim dodacima prehrani, što dovodi do neočekivanih nuspojava ili smanjene učinkovitosti. Neophodno je konzultirati se sa zdravstvenim djelatnikom prije dodavanja novih suplemenata



nečijem režimu, osobito ako se također koriste lijekovi na recept [Sprouse, 2016; Williamson, 2003.; Izzo i Ernst 2009.; Gurley i sur., 2012.; Bent, 2008.; Shi i Klotz, 2012.].

Na primjer, gospina trava (*Hypericum perforatum*) može smanjiti učinkovitost oralnih kontraceptiva i antikoagulansa, povećavajući rizik od neplanirane trudnoće i krvarenja [Izzo i Ernst, 2009.]. Ginkgo biloba može stupiti u interakciju s antikoagulansima i antitrombocitnim lijekovima, povećavajući rizik od krvarenja [Williamson, 2003]. Echinacea također može utjecati na metabolizam određenih lijekova, utječući na njihovu razinu u krvi i potencijalne učinke [Gurley et al., 2012].

Tablica 15.3. Primjeri interakcija između biljnih dodataka prehrani i lijekova

DODATAK NA BILJNOJ BAZI	UOBIČAJENE INTERAKCIJE	MOGUĆI EFEKTI
HYPERICUM PERFORATUM	Smanjuje učinkovitost oralnih kontraceptiva i antikoagulansa	Neplanirana trudnoća, pojačano krvarenje
GINKO BILOBA	Povećava rizik od krvarenja antikoagulansi i antitrombociti	Povećano krvarenje
ECHINACEA	Utječe na metabolizam određenih lijekova	Promjenjive razine lijekova u krvi
GINSENG	Može povećati stimulirajuće učinke kofeina	Uznemirenost, nesаница
KAVA	Može stupiti u interakciju s lijekovima za anksioznost i antidepresivima	Pospanost, pojačani nuspojave
ODOLJEN	Može pojačati djelovanje sedativa	Pretjerana sedacija
PILA PALMETTO	Može stupiti u interakciju s lijekovima za prostatu	Niska učinkovitost liječenja prostate
STOLISNIK	Može stupiti u interakciju s antikoagulansima	Povećano krvarenje
SLADIĆ (GLYCYRRHIZA GLABRA)	Može uzrokovati zadržavanje natrija i gubitak kalija u kombinaciji s diureticima	Hipertenzija, poremećaji ravnoteže elektrolita
ĐUMBIR (ZINGIBER OFFICINALE)	Može povećati rizik od krvarenja s antikoagulansima	Povećano krvarenje



KURKUMA (CURCUMA LONGA)	Može stupiti u interakciju s lijekovima za dijabetes	Hipoglikemija
MLIJEČNI ČIČAK (SILYBUM MARIANUM)	Može utjecati na metabolizam lijekova u jetri	Promjenjive razine lijekova za jetru
ČEŠNJAK (ALLIUM SATIVUM)	Antikoagulansi povećavaju rizik od krvarenja	Povećano krvarenje
ALOE VERA	Može smanjiti učinkovitost lijekova za dijabetes	Hipoglikemija
PISKAVICA	Može utjecati na apsorpciju željeza	Niska apsorpcija željeza
ULJE NOĆURKA	Može stupiti u interakciju s antikoagulansima	Povećano krvarenje
CRNI KOHOŠ	Može stupiti u interakciju s hormonskim lijekovima	Promjenjivi hormonalni učinci
ZLATNI PEČAT	Može utjecati na metabolizam lijekova	Promjenjive razine lijekova
PAPRENA METVICA	Može stupiti u interakciju s antacidima	Smanjenje učinkovitosti antacida
KAMILICA	Može pojačati djelovanje sedativa	Pretjerana sedacija
GOSPINA TRAVA	Može smanjiti učinkovitost oralnih kontraceptiva i antikoagulansa	Neplanirana trudnoća, pojačano krvarenje
GLOG	Može stupiti u interakciju s lijekovima za srce	Promjenjivi učinci na srce
HRIZANTEMA	Može stupiti u interakciju s antikoagulansima i antitrombocitima	Povećano krvarenje
EKSTRAKT ZELENOG ČAJA	Može stupiti u interakciju s lijekovima za krvni tlak	Varijabilni krvni tlak
BOROVNICA	Može stupiti u interakciju s antikoagulansima i antitrombocitima	Povećano krvarenje
BRUSNICA	Može stupiti u interakciju s lijekovima za infekcije mokraćnog sustava	Neučinkovitost liječenja infekcija mokraćnog sustava
MASLAČAK	Može utjecati na učinke diuretika	Povećana diureza
BAZGA	Može stupiti u interakciju s antivirusnim lijekovima	Niska učinkovitost antivirusnih lijekova
KOPRIVA	Može stupiti u interakciju s lijekovima protiv alergija	Niska učinkovitost liječenja alergija
RHODIOLA	Može stupiti u interakciju s lijekovima protiv depresije i tjeskobe	Varijabilna učinkovitost liječenja



Čistoća i kontaminacija

Izvor i kvaliteta biljnih dodataka prehrani ključni su. Loša kvaliteta ili kontaminirani proizvodi mogu unijeti toksine ili štetne tvari u tijelo, što dovodi do štetnih učinaka [Ratajczak, 2020; Ghosh i sur., 2013.; Posadzki i sur., 2013.; Navarro i sur., 2017.; Cohen, 2019.].

Neophodno je da suplementi potječu od pouzdanih dobavljača i testirani na čistoću i kontaminaciju. Uobičajeni kontaminanti uključuju teške metale, pesticide i patogene mikroorganizme, koji mogu ugroziti zdravlje korisnika [Navarro et al., 2017]. Na primjer, teški metali kao što su olovo, živa i kadmij mogu biti prisutni u biljnim dodacima prehrani i dovesti do ozbiljnog trovanja ako se konzumiraju dugoročno [Ghosh et al., 2013].

Neki biljni dodaci mogu biti kontaminirani sintetičkim lijekovima koji nisu navedeni na etiketi proizvoda. To može dovesti do opasnih interakcija s drugim lijekovima koje osoba uzima ili neočekivanih nuspojava [Posadzki i sur., 2013.]. Kontaminacija pesticidima također može uzrokovati ozbiljne alergijske reakcije i druge dugotrajne zdravstvene probleme [Cohen, 2019].

Štoviše, patogeni mikroorganizmi poput bakterija, gljivica i virusa mogu kontaminirati biljne dodatke prehrani, što dovodi do infekcija i drugih zdravstvenih problema [Navarro et al., 2017]. Na primjer, E. coli i salmonela uobičajeni su bakterijski kontaminanti koji mogu uzrokovati ozbiljno trovanje hranom.

Kako bi se izbjegli ovi rizici, važno je da se biljni dodaci prehrani proizvode i pakiraju u strogim higijenskim uvjetima i podvrgnu rigoroznom testiranju kontrole kvalitete. Regulatorne organizacije u različitim zemljama postavile su standarde za čistoću i sigurnost dodataka prehrani, ali usklađenost s tim standardima može varirati. Stoga bi potrošači trebali tražiti proizvode koje su certificirale neovisne organizacije kako bi se osiguralo da zadovoljavaju standarde kvalitete i sigurnosti.

Tablica 15.4. Primjeri kontaminanata u biljnim dodacima prehrani

DODATAK NA BILJNOJ BAZI	POTENCIJALNI KONTAMINANTI	ŠTETNI UČINCI
------------------------------------	--------------------------------------	----------------------



AYURVEDSKI DODACI	Teški metali (olovo, živa, arsen)	Trovanje olovom, živom ili arsenom; bolovi u trbuhu, slabost, anemija
GINKO BILOBA	PESTICIDI	Alergijske reakcije, toksičnost
GINSENG	PESTICIDI	Alergijske reakcije, toksičnost
ECHINACEA	Bakterije (E. coli, Salmonella)	Gastrointestinalne infekcije
ALOE VERA	Bakterije (E. coli, Salmonella)	Gastrointestinalne infekcije
KURKUMA (CURCUMA LONGA)	PESTICIDI	Alergijske reakcije, toksičnost
ČEŠNJAK (ALLIUM SATIVUM)	PESTICIDI	Alergijske reakcije, toksičnost
ST. KANTERIONA	Sintetske droge	Opasne interakcije lijekova
PILA PALMETTO	Teški metali	Trovanje teškim metalima
METVICA PAPRENA	Bakterije (E. coli, Salmonella)	Gastrointestinalne infekcije
KAMILICA	Bakterije (E. coli, Salmonella)	Gastrointestinalne infekcije
ODOLJEN	Bakterije (E. coli, Salmonella)	Gastrointestinalne infekcije
MLIJEČNI ČIČAK (SILYBUM MARIANUM)	PESTICIDI	Alergijske reakcije, toksičnost
CRNI KOHOŠ	Teški metali	Trovanje teškim metalima
GOLDENSEAL	PESTICIDI	Alergijske reakcije, toksičnost
ĐUMBIR (SLUŽBENI ZINGIBER)	Bakterije (E. coli, Salmonella)	Gastrointestinalne infekcije
PISKAVICA	PESTICIDI	Alergijske reakcije, toksičnost
ULJE NOKURA	PESTICIDI	Alergijske reakcije, toksičnost
SLADIĆ (GLYCYRRHIZA GLABRA)	Teški metali	Trovanje teškim metalima
KOPRIVA	Bakterije (E. coli, Salmonella)	Gastrointestinalne infekcije
BRUSNICA	PESTICIDI	Alergijske reakcije, toksičnost
MASLAČAK	PESTICIDI	Alergijske reakcije, toksičnost
BAZGA	PESTICIDI	Alergijske reakcije, toksičnost
RHODIOLA	PESTICIDI	Alergijske reakcije, toksičnost
ASHWAGANDHA	PESTICIDI	Alergijske reakcije, toksičnost
MACA	Teški metali	Trovanje teškim metalima
EKSTRAKT ZELENOG ČAJA	PESTICIDI	Alergijske reakcije, toksičnost
BOROVNICA	PESTICIDI	Alergijske reakcije, toksičnost
HRIZANTEMA	PESTICIDI	Alergijske reakcije, toksičnost



Nedostatak propisa

Industrija dodataka prehrani nije tako strogo regulirana kao farmaceutska industrija, što dovodi do razlika u kvaliteti i sigurnosti između različitih proizvoda. Važno je odabrati renomirane brendove koji slijede dobru proizvodnu praksu [Dwyer, 2018; Cohen, 2020.; Geller i sur., 2015.; Marcus i Grollman, 2016.; Navarro i sur., 2017.].

U mnogim su zemljama dodaci prehrani regulirani kao hrana, a ne kao lijekovi, što znači da ne moraju proći ista rigorozna testiranja učinkovitosti i sigurnosti prije stavljanja na tržište. Na primjer, u Sjedinjenim Državama Uprava za hranu i lijekove (FDA) ne odobrava dodatke prehrani prije nego što se prodaju na tržištu. Umjesto toga, odgovornost za osiguranje sigurnosti i kvalitete proizvoda leži na proizvođačima. To stvara okruženje u kojem proizvodi na tržištu mogu uvelike varirati u smislu čistoće, snage i sigurnosti.

Proizvođači dodataka prehrani trebaju slijediti dobru proizvodnu praksu (GMP) kako bi smanjili rizik od kontaminacije i osigurali konzistentnost proizvoda. GMP uključuje standarde za tvorničku higijenu, kontrolu sirovina, testiranje gotovih proizvoda i rješavanje pritužbi potrošača [Geller et al., 2015]. Međutim, usklađenost s ovim praksama nije uvijek strogo nadzirana ili provođena, što može rezultirati proizvodima koji ne zadovoljavaju potrebne standarde sigurnosti i učinkovitosti.

Tablica 15.5. Regulatorna pitanja dodataka prehrani

REGULATORNA PITANJA	OPIS
ZAGAĐENJE	Proizvodi mogu biti kontaminirani teškim metalima, pesticidima, patogenim mikroorganizmima ili drugim nepoželjnim tvarima. To može dovesti do ozbiljnih štetnih učinaka na zdravlje korisnika [Navarro et al., 2017].
PATVORENJE	Dodaci prehrani mogu sadržavati nedeklarirane sastojke ili sintetičke lijekove koji nisu navedeni na etiketi. To može dovesti do opasnih interakcija lijekova ili neočekivanih nuspojava [Cohen, 2020].



**VARIJABILNOST
SADRŽAJA**

Proizvodi se mogu razlikovati u koncentraciji aktivnih sastojaka. To može značiti da proizvod ne pruža željene dobrobiti ili, u ekstremnim slučajevima, može biti toksičan [Marcus i Grollman, 2016].

**OBMANJUJUĆE
OGLAŠAVANJE**

Suplementi se mogu promovirati uz zdravstvene tvrdnje koje nisu potkrijepljene čvrstim znanstvenim dokazima, dovodeći potrošače u zabludu [Dwyer, 2018].

Kako bi se sigurno kretali tržištem dodataka prehrani, potrošači bi trebali tražiti proizvode koje su certificirale neovisne organizacije za testiranje kao što su US Pharmacopeia (USP), NSF International ili ConsumerLab. Ove organizacije testiraju dodatke kako bi provjerile čistoću, snagu i odsutnost kontaminanata.

Također je bitno da se potrošači posavjetuju sa zdravstvenim djelatnikom prije početka bilo kakvog režima suplementacije, osobito ako već uzimaju lijekove na recept. Stručnjaci mogu pružiti savjete o sigurnosti i učinkovitosti dodataka prehrani, kao i mogućim interakcijama s drugim lijekovima.

Zaključno, tvari u dodacima prehrani dobivene iz biljaka i biljnih ekstrakata mogu pružiti niz zdravstvenih dobrobiti, ali njihova učinkovitost i sigurnost ovise o različitim čimbenicima, uključujući dozu, čistoću, individualnu toleranciju i potencijalne interakcije s drugim tvarima.

Tvari biljnog podrijetla kao što su polifenoli, alkaloidi, terpenoidi, glikozidi, tanini, fitonutrijenti, esencijalne masne kiseline, polisaharidi, lignani i eterična ulja imaju prepoznata korisna svojstva kao što su antioksidativno djelovanje, protuupalno djelovanje, potpora zdravlju očiju i smanjenje kolesterola. Na učinkovitost ovih tvari može utjecati sinergija između spojeva i njihova bioraspoloživost, kao i adaptogena svojstva nekih biljnih ekstrakata (npr. ashwagandha i rhodiola) koji pomažu tijelu da se prilagodi stresu.

Pretjerana konzumacija prirodnih tvari može dovesti do toksičnosti. Suplemente poput vitamina A, ekstrakta zelenog čaja ili korijena kave treba uzimati u preporučenim dozama kako bi se izbjegle ozbiljne nuspojave. Alergije na biljne spojeve su česte i mogu varirati od blage iritacije do teških anafilaktičkih reakcija. Alergije mogu biti uzrokovane različitim biljkama i proteinima u uobičajenoj hrani. Biljni dodaci mogu stupiti u interakciju s lijekovima ili drugim dodacima, što dovodi do neočekivanih



Co-funded by
the European Union



nuspojava ili smanjene učinkovitosti liječenja. Bitno je konzultirati se sa zdravstvenim radnikom prije dodavanja novih dodataka vašem režimu liječenja.

Kvaliteta biljnih dodataka prehrani je kritična, a kontaminanti poput teških metala, pesticida i patogenih mikroorganizama mogu dovesti do ozbiljnih zdravstvenih problema. Suplementi moraju biti testirani na čistoću i sigurnost. Industrija dodataka prehrani nije tako strogo regulirana kao farmaceutska, što može dovesti do velikih razlika u kvaliteti i sigurnosti proizvoda dostupnih na tržištu. Potrošači bi trebali birati proizvode koje su certificirale neovisne organizacije i konzultirati se sa zdravstvenim radnicima prije početka bilo kojeg režima suplementacije.

Neophodno je da pojedinci oprezno pristupe ovim dodacima, da istražuju, konzultiraju se sa zdravstvenim radnicima i obrate veliku pozornost na kvalitetu proizvoda i izvore kako bi osigurali potencijalnu korist dok izbjegavaju toksičnost i nuspojave.

Literatura

Aggarwal, B.B., et al. (2007). *Curcumin: The Indian solid gold. Advances in Experimental Medicine and Biology*, 595, 1-75.

Akhondzadeh, S., Naghavi, H. R., Vazirian, M., Shayeganpour, A., Rashidi, H., & Khani, M. (2001). *Passionflower in the treatment of generalized anxiety: a pilot double-blind randomized controlled trial with oxazepam. Journal of Clinical Pharmacy and Therapeutics*, 26(5), 363-367.

Asero, R. (2000). "Plant Food Allergens: A Concise Review." *Journal of Investigational Allergology and Clinical Immunology*, 10(2), 57-67.

Auddy, B., et al. (2008). *A standardized Withania somnifera extract significantly reduces stress-related parameters in chronically stressed humans: A double-blind, randomized, placebo-controlled study. Journal of the American Nutraceutical Association*, 11(1), 50-56.

Bailey, R. L., Gahche, J. J., Lentino, C. V., Dwyer, J. T., Engel, J. S., Thomas, P. R., ... & Picciano, M. F. (2011). Dietary supplement use in the United States, 2003–2006. *The Journal of Nutrition*, 141(2), 261-266.



- Barrett, B. (2003). *Medicinal properties of Echinacea: A critical review*. *Phytomedicine*, 10(1), 66-86.
- Baur, J.A., & Sinclair, D.A. (2006). *Therapeutic potential of resveratrol: the in vivo evidence*. *Nature Reviews Drug Discovery*, 5(6), 493-506.
- Bent, S. (2008). "Herbal medicine in the United States: review of efficacy, safety, and regulation." *Journal of General Internal Medicine*, 23(6), 854-859.
- Bent, S., Padula, A., Moore, D., Patterson, M., & Mehling, W. (2006). *Valerian for sleep: a systematic review and meta-analysis*. *American Journal of Medicine*, 119(12), 1005-1012.
- Bertuccioli, A., et al. (2019). *Curcumin and piperine: the keys to bioavailability*. *Journal of Applied Biomedicine*, 17(1), 7-11.
- Boy, H.I.A., et al. (2018). *The Traditional Uses, Phytochemistry, and Pharmacology of Echinacea*. *Phytotherapy Research*, 32(5), 817-826.
- Brima, E. I. (2017). *Toxic elements in different medicinal plants and the impact on human health*. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14(10), 1209.
- Chandrasekhar, K., Kapoor, J., & Anishetty, S. (2012). *A prospective, randomized double-blind, placebo-controlled study of safety and efficacy of a high-concentration full-spectrum extract of ashwagandha root in reducing stress and anxiety in adults*. *Indian Journal of Psychological Medicine*, 34(3), 255-262.
- Cohen, P. A. (2019). "The Supplement Paradox: Negligible Benefits, Robust Consumption." *JAMA Internal Medicine*, 179(7), 921-922.
- Cohen, P. A. (2020). "The FDA and Adulterated Supplements: Deregulatory Reform Needed." *New England Journal of Medicine*, 383(17), 1601-1603.
- Drewnowski, A., Nicklas, T.A., & O'Neil, C.E. (2014). The nutrient density approach to healthy eating: challenges and opportunities. *Public Health Nutrition*, 17(12), 2626-2636.
- Dwyer, J. T., Coates, P. M., & Smith, M. J. (2018). "Dietary supplements: regulatory challenges and research resources." *Nutrients*, 10(1), 41.



- Fernández-San-Martín, M. I., Masa-Font, R., Palacios-Soler, L., Sancho-Gómez, P., Calbó-Caldentey, C., & Flores-Mateo, G. (2010). *Effectiveness of Valerian on insomnia: a meta-analysis of randomized placebo-controlled trials. Sleep Medicine*, 11(6), 505-511.
- Gaby, A. R. (2006). *Nutritional medicine*. Concord, NH: Fritz Perlberg Publishing.
- Gafner, S. (2018). *Herbal dietary supplements: contaminants and adulterants in a fast-growing global market. American Botanical Council*, 117, 44-53.
- Geller, A. I., Shehab, N., Weidle, N. J., Lovegrove, M. C., Wolpert, B. J., Timbo, B. B., ... & Budnitz, D. S. (2015). Emergency department visits for adverse events related to dietary supplements. *The New England Journal of Medicine*, 373(16), 1531-1540.
- Ghosh, R., Avula, B., & Smillie, T. J. (2013). "Quality standards of botanical dietary supplements." *Journal of AOAC International*, 96(6), 1383-1391.
- Gschwind, Y. J., Bridenbaugh, S. A., Reinhardt, J., & Kressig, R. W. (2017). *Ginkgo biloba extract and potential cognitive benefits in older adults. Current Topics in Nutraceutical Research*, 15(4), 167-173.
- Gupta, S.C., et al. (2013). *Therapeutic roles of curcumin: lessons learned from clinical trials. AAPS Journal*, 15(1), 195-218.
- Gurley, B. J., Gardner, S. F., & Hubbard, M. A. (2012). "Content versus label claims in ephedra-containing dietary supplements." *American Journal of Health-System Pharmacy*, 57(10), 963-969.
- Haahtela, T., Valovirta, E., & Kauppi, P. (2013). "The increasing burden of allergic diseases." *World Allergy Organization Journal*, 6(1), 1-4.
- Hathcock, J. N. (1997). *Vitamin and mineral safety*. Council for Responsible Nutrition.
- Hu, F. B., et al. (2019). *Dietary patterns and risk of cardiovascular diseases. Current Atherosclerosis Reports*, 21(9), 41.
- Hudson, J. (2011). *Echinacea: Perspectives on its potential therapeutic use. Journal of Herbal Medicine*, 1(2), 65-74.
- Izzo, A. A., & Ernst, E. (2009). *Interactions between herbal medicines and prescribed drugs: a systematic review. Drugs*, 69(13), 1777-1798.
- Kiefer, D., & Pantuso, T. (2003). *Panax ginseng. American Family Physician*, 68(8), 1539-1542.



- Kreider, R. B., et al. (2010). *ISSN exercise & sport nutrition review: research & recommendations. Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 7(1), 7.
- Kren, V., & Walterová, D. (2005). *Silybin and silymarin--new effects and applications. Biomed Pap Med Fac Univ Palacky Olomouc Czech Repub*, 149(1), 29-41.
- Lehoczki, A., Tarantini, S., & Varga, J.T. (2023). The Effectiveness of Supplementation with Key Vitamins, Minerals, Antioxidants and Specific Nutritional Supplements in COPD—A Review. *Nutrients*, 15(12), 2741.
- Liu, Y., et al. (2018). *Effects of age and dietary habits on nutrient absorption. Nutrient Journal*, 10(3), 101-112.
- Loguercio, C., & Festi, D. (2011). *Silybin and the liver: from basic research to clinical practice. World Journal of Gastroenterology*, 17(18), 2288-2301.
- Marcus, D. M., & Grollman, A. P. (2016). "The consequences of ineffective regulation of dietary supplements." *Archives of Internal Medicine*, 172(13), 1035-1045.
- Maron, D. F., & Ames, B. N. (2017). DNA damage and cancer risk in the context of nutraceuticals and dietary supplements. *Cancer Prevention Research*, 10(10), 553-560.
- Mazzanti, G., Di Sotto, A., & Vitalone, A. (2015). *Hepatotoxicity of green tea: an update. Archives of Toxicology*, 89(8), 1175-1191.
- Miyasaka, L. S., Atallah, A. N., Soares, B. G. O., & Valverde, J. R. (2007). *Passiflora for anxiety disorder. Cochrane Database of Systematic Reviews*, (1), CD004518.
- Nair, A., et al. (2018). *Synergy of phytochemicals: The "entourage effect" and its importance in the holistic management of health. Journal of Traditional and Complementary Medicine*, 8(3), 362-367.
- Navarro, V. J., Khan, I., Björnsson, E., Seeff, L. B., Serrano, J., & Hoofnagle, J. H. (2017). "Liver injury from herbal and dietary supplements." *Hepatology*, 65(1), 363-373.
- Nicklas, T.A., Drewnowski, A., O'Neil, C.E. (2014). The nutrient density approach to healthy eating: challenges and opportunities. *Public Health Nutrition*. 17(12):2626-2636.
- Olsson, E.M., et al. (2009). *A randomised, double-blind, placebo-controlled, parallel-group study of the standardised extract SHR-5 of the roots of Rhodiola rosea in the treatment of subjects with stress-related fatigue. Planta Medica*, 75(2), 105-112.



- Panossian, A., & Wikman, G. (2010). *Effects of adaptogens on the central nervous system and the molecular mechanisms associated with their stress—protective activity.* *Pharmaceuticals*, 3(1), 188-224.
- Panossian, A., et al. (2008). *Adaptogens exert a stress-protective effect by modulation of expression of molecular chaperones.* *Phytomedicine*, 15(6-7), 639-647.
- Posadzki, P., Watson, L. K., & Ernst, E. (2013). "Herbal medicines: An overview of risks and benefits." *Journal of the Royal Society of Medicine*, 106(2), 45-52.
- Pumphrey, R. S. H. (2004). "Fatal posture in anaphylactic shock." *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 113(4), 451-452.
- Ratajczak, M. (2020). "Purity and safety of herbal products." *Pharmacognosy Reviews*, 14(28), 49-55.
- Reay, J.L., et al. (2005). *The effects of Panax ginseng on cognitive performance and mood during prolonged mental activity.* *Physiology & Behavior*, 83(5), 617-626.
- Ried, K., Fakler, P., & Stocks, N. P. (2016). *Effect of garlic on serum lipids: an updated meta-analysis.* *Nutrition Reviews*, 71(5), 282-299.
- Ronis, M. J. J., Pedersen, K. B., & Watt, J. (2018). Adverse effects of nutraceuticals and dietary supplements. *Annual Review of Pharmacology and Toxicology*, 58, 583-601.
- Shahali, Y. (2018). "Allergic reactions to plant compounds: An overview." *Plant Science Today*, 5(1), 35-40.
- Shi, S., & Klotz, U. (2012). "Drug interactions with herbal medicines." *Clinical Pharmacokinetics*, 51(2), 77-104.
- Shoba, G., et al. (1998). *Influence of piperine on the pharmacokinetics of curcumin in animals and human volunteers.* *Planta Medica*, 64(4), 353-356.
- Sicherer, S. H. (2011). "Epidemiology of food allergy." *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 127(3), 594-602.
- Singh, R., et al. (2017). *Turmeric (Curcuma longa) in health care management.* *Ayurveda*, 8(1), 1-10.
- Sprouse, A. A. (2016). "Herbal supplement-drug interactions." *The Journal of Clinical Pharmacology*, 56(2), 251-262.
- Stickel, F., & Shouval, D. (2015). *Hepatotoxicity of herbal and dietary supplements: an update.* *Archives of Toxicology*, 89(6), 851-865.



- Todorova, V. (2021). *Adaptogens: Stress-Relieving Herbs for Mental Clarity and Physical Stamina*. *Journal of Herbal Medicine*, 25(2), 123-135.
- Wang, W., et al. (2018). *Ginseng: A Panacea linking East Asia to the world*. *Chinese Medicine*, 13(1), 1-15.
- Ward E. (2014). Addressing nutritional gaps with multivitamin and mineral supplements. *Nutrition journal*, 13, 72. <https://doi.org/10.1186/1475-2891-13-72>
- Weinmann, S., Roll, S., Schwarzbach, C., Vauth, C., & Willich, S. N. (2010). *Effects of Ginkgo biloba in dementia: systematic review and meta-analysis*. *BMC Geriatrics*, 10(1), 14.
- Wierzejska, R. (2021). Dietary supplements—regulations, risks, and responsibility. *Journal of Medical Regulatory Affairs*, 105(3), 45-58.
- Williamson, E. (2003). "Drug interactions between herbal and prescription medicines." *Drug Safety*, 26(15), 1075-1092.
- Winston, D., & Maimes, S. (2007). *Adaptogens: Herbs for Strength, Stamina, and Stress Relief*. Healing Arts Press.

