

Repelentno djelovanje eteričnih ulja na vrstu *Tenebrio molitor* L. (Coleoptera: Tenebrionidae)

Kovač, Mateo

Master's thesis / Diplomski rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Agriculture / Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:204:510047>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-17**



Repository / Repozitorij:

[Repository Faculty of Agriculture University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

**REPELENTNO DJELOVANJE ETERIČNIH ULJA NA VRSTU
Tenebrio molitor L. (COLEOPTERA: TENEBRIONIDE)**

DIPLOMSKI RAD

Mateo Kovač

Zagreb, rujan, 2023.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

Diplomski studij:

Fitomedicina

**REPELENTNO DJELOVANJE ETERIČNIH ULJA NA VRSTU
Tenebrio molitor L. (COLEOPTERA: TENEBRIONIDAE)**

DIPLOMSKI RAD

Mateo Kovač

Mentor:

Izv. prof. dr. sc. Maja Čačija

Zagreb, rujan, 2023.

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET**

**IZJAVA STUDENTA
O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI**

Ja, **Mateo Kovač**, JMBAG 0178119906, rođen/a 19.10.1999. u Čakovcu, izjavljujem da sam samostalno izradio diplomski rad pod naslovom:

**REPELENTNO DJELOVANJE ETERIČNIH ULJA NA VRSTU *Tenebrio molitor* L. (COLEOPTERA:
TENEBRIONIDAE)**

Svojim potpisom jamčim:

- da sam jedini autor ovoga diplomskog rada;
- da su svi korišteni izvori literature, kako objavljeni tako i neobjavljeni, adekvatno citirani ili parafrazirani, te popisani u literaturi na kraju rada;
- da ovaj diplomski rad ne sadrži dijelove radova predanih na Agronomskom fakultetu ili drugim ustanovama visokog obrazovanja radi završetka sveučilišnog ili stručnog studija;
- da je elektronička verzija ovoga diplomskog rada identična tiskanoj koju je odobrio mentor;
- da sam upoznat s odredbama Etičkog kodeksa Sveučilišta u Zagrebu (Čl. 19).

U Zagrebu, dana _____

Potpis studenta

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

IZVJEŠĆE

O OCJENI I OBRANI DIPLOMSKOG RADA

Diplomski rad studenta **Mateo Kovač**, JMBAG 0178119906, naslova

**REPELENTNO DJELOVANJE ETERIČNIH ULJA NA VRSTU *Tenebrio molitor* L. (COLEOPTERA:
TENEBRIONIDAE)**

obranjen je i ocijenjen ocjenom _____, dana _____.

Povjerenstvo:

potpisi:

1. Izv. prof. dr. sc. Maja Čačija mentor

2. Izv. prof. dr. sc. Martina Grdiša član

3. Izv. prof. dr. sc. Ivan Juran član

Zahvala

Ovime zahvaljujem svojim roditeljima koji su bili uz mene cijelo vrijeme tijekom mojeg razdoblja studiranja. Zahvaljujem mentorici izv. prof. dr. sc. Maji Čačija na ukazanom povjerenju, stalnom nadzoru nad provedbom istraživanja i pisanju diplomskog rada i osiguranju potrebnih sredstava (test organizama, eteričnih ulja, Petrijevih zdjelica i ostalih pomagala) za provedbu samog istraživanja. Također se zahvaljujem kolegicama sa prijediplomskog studija „Fitomedicina“ Luciji Halec, Luciji Jalševac, Kristini Patrčević i Sari Brkić na pomaganju tijekom provedbe samog istraživanja.

Svima jedno veliko HVALA

Sadržaj

1. Uvod	1
1.1. Hipoteza i cilj istraživanja	2
2. Pregled literature	3
2.1. Zadaci skladištenja i najvažniji štetnici uskladištenih poljoprivrednih proizvoda	3
2.1.1. Primarni štetnici	3
2.1.2. Sekundarni štetnici	6
2.2. Veliki brašnar (<i>Tenebrio molitor</i> L., 1758)	8
2.2.1. Sistematika i rasprostranjenost	8
2.2.2. Morfologija	8
2.2.3. Biologija i ekologija	9
2.2.4. Štetnost i suzbijanje	10
2.3. Primjena eteričnih ulja u suzbijanju štetnih vrsta u poljoprivredi	11
3. Materijali i metode	13
3.1. Test organizmi korišteni u istraživanju	13
3.2. Eterična ulja korištena u istraživanju	13
3.2.1. Eterično ulje citronele	14
3.2.2. Eterično ulje timijana	15
3.2.3. Eterično ulje klinčića	16
3.2.4. Eterično ulje limunske trave	18
3.2.5. Eterično ulje kadulje	19
3.3. Provedba istraživanja	20
3.4. Očitavanje rezultata i obrada podataka	21
4. Rezultati	23
4.1. Citronela	23
4.2. Timijan	24
4.3. Klinčić	25
4.4. Limunska trava	26
4.5. Kadulja	27
5. Rasprava	30
6. Zaključci	32
7. Popis literature	33
7.1. Popis slika	37
7.2. Popis tablica	38
7.3. Popis grafova	38
Životopis	39

Sažetak

Diplomskog rada studenta **Mateo Kovač**, naslova

REPELENTNO DJELOVANJE ETERIČNIH ULJA NA VRSTU *Tenebrio molitor* L. (COLEOPTERA: TENEBRIONIDAE)

Veliki brašnar (*Tenebrio molitor* L., 1758) je štetnik uskladištenih poljoprivrednih proizvoda. Odrasli se hrane brašnom, žitom i mesom dok ličinke oštećuju pakiranja uskladištenih poljoprivrednih proizvoda. Brašnarovom prisutnošću proizvodi se brže kvare te im se smanjuje tržišna vrijednost. Zbog manjka djelatnih tvari za suzbijanje velikog brašnara, pojave rezistentnosti, kao i zbog Europskog Zelenog Plana (European Green Deal) primorani smo tražiti nova rješenja suzbijanja. Jedno od rješenja je korištenje eteričnih ulja koja pokazuju repelentno i insekticidno djelovanje, a ujedno pošteđuju okoliš. U radu je istraženo repelentno djelovanje eteričnih ulja citronele, timijana, klinčića, limunske trave i kadulje na ličinke velikog brašnara. Ispitano je šest koncentracija svakog eteričnog ulja (100, 200, 400, 600, 800 i 1000 $\mu\text{l}/\text{cm}^2$ tretiranjem filter papira u Petrijevim posudama. Svaka koncentracija i kontrola postavljene su u pet ponavljanja. Broj ličinki na tretiranom ili netretiranom dijelu filter papira očitavan je svakih 24 sata tijekom pet dana te je izračunat koeficijent distribucije. Najbolje repelentno djelovanje na ličinke velikog brašnara pokazalo je eterično ulje kadulje, iza kojeg slijedi klinčić. Ostala ulja pokazala su se atraktivnima za brašnara. Primjena eteričnih ulja u zaštiti uskladištenih proizvoda pokazuje veliki potencijal, a repelentni učinak je važan jer rezultira smanjenom potrebom za suzbijanjem i samim time smanjenom upotrebom insekticida.

Ključne riječi: eterična ulja, indeks repelentnosti, skladišni štetnici

Summary

Of the master's thesis - student **Mateo Kovač**, entitled

REPELLENT EFFECTS OF ESSENTIAL OILS ON THE SPECIES *Tenebrio molitor* L. (COLEOPTERA: TENEBRIONIDAE)

Beetle *Tenebrio molitor* L., 1758 is a well-known pest of grain and flour in food stores and grocery shops. The adults feed on flour, grain and meat, while the larvae damage the packaging of stored agricultural products. Due to the pest's presence, products deteriorate faster and their market value decreases. Due to the lack of active substances to control the yellow mealworm, the emergence of resistance, as well as the European Green Deal, we are forced to look for new control solutions. One of the solutions is the use of essential oils, which show repellent and insecticidal action, and at the same time protect the environment. This work investigated the repellent effect of essential oils of citronella, thyme, clove, lemongrass and sage on yellow mealworm larvae. Six concentrations of each essential oil (100, 200, 400, 600, 800 and 1000 $\mu\text{l}/\text{cm}^2$) were tested by treating filter paper in Petri dishes. Each concentration and control were set in five replicates. The number of larvae on the treated or untreated part of the filter paper was read every 24 hours for five days and the distribution coefficient was calculated. The best repellent effect on the larvae was shown by sage essential oil, followed by clove. Other oils proved attractive to the mealworm. The use of essential oils in the protection of stored products shows great potential, and the repellent effect is important because it results in a reduced need for control and thus a reduced use of insecticides.

Keywords: essential oils, repellency index, storage pests

1. Uvod

Zbog sve intenzivnije proizvodnje žitarica i ostalih poljoprivrednih proizvoda, poljoprivrednici sve više teže ka skladištenju istih kako bi se osigurao stalan nadzor i kontrola nad poljoprivrednim proizvodima i kako bi se neometano provodila cjelogodišnja prodaja poljoprivrednih proizvoda. U većini slučajeva, nad skladištenim proizvodima, koji se skladište na kraće ili dulje čuvanje, ne provodi se nikakva kontrola (Scheepens i sur., 2011) što na kraju dovodi do kvarenja poljoprivrednih proizvoda, a na kraju i do pada tržišne vrijednosti uslijed jakih napada skladišnih štetnika ili razvoja patogenih organizama (najčešće gljiva). Do gubitka količine i do pogoršavanja kvalitete poljoprivrednih proizvoda najčešće dovode skladištenje proizvoda s povećanom vlagom (što dovodi do samozagrijavanja (politropski procesi)) i napadi štetnika (kukaca, grinja, glodavaca i gljiva) (Korunić, 1990).

Štetnici uskladištenog proizvoda su najvažniji štetni organizmi koji pričinjavaju štete u skladištima. Tijekom dugog niza godina, pojedini su se kukci potpuno prilagodili životu u zatvorenom prostoru na zalihama hrane, te je njihov opstanak danas moguć jedino u skladištima. Nametnike kod kojih se cijeli životni ciklus odvija u zatvorenom prostoru na ili u uskladištenoj hrani nazivamo skladišnim štetnicima (Korunić, 1990). Najznačajniji skladišni štetnici pripadaju redovima Lepidoptera (leptiri) i Coleoptera (kornjaši ili tvrdokrilci). Skladišne štetnike možemo podijeliti na primarne (oštećuju potpuno čitava, zdrava zrna žitarica i u njima se razmnožavaju), sekundarne (javljaju se na lomljenim, oštećenim ili ispucalim zrnima), mikofagne vrste, strvinare i slučajne vrste (Korunić, 1990).

Jedan od štetnika poljoprivrednih uskladištenih proizvoda je veliki brašnar (*Tenebrio molitor* L.). Ova vrsta ubraja se u sekundarne štetnike brašna i zrna, dok ličinke mogu pričinjavati štetu na pakiranjima uskladištenih proizvoda. Suzbijanje brašnara se može provoditi samo metodom fumigacije skladišta. Fumigacija je proces korištenja plinovitih pesticida koji se primjenjuju izravno na skladištenu robu, na vozila koja se koriste u rukovanju, transportu i preradi uskladištene robe. Fumiganti su spojevi ili mješavine spojeva koji ubijaju štetne organizme kao hlapljivi plin unutar određenog raspona temperatura (Phillips i sur., 2012). Trenutno je u Republici Hrvatskoj za suzbijanje velikog brašnara dostupna samo djelatna tvar magnezijev fosfid (FIS baza, 2023). Zbog sve manjeg broja dozvoljenih djelatnih tvari i zbog Europskog zelenog plana (European Green Deal) primorani smo pronaći nova, alternativna rješenja za suzbijanje velikog brašnara i drugih skladišnih štetnika.

Europski zeleni plan je nova strategija rasta kojom se u Europskoj uniji nastoji preobraziti u pravedno i prosperitetno društvo s modernim, resursno učinkovitim i konkurentnim gospodarstvom u kojem do 2050. neće biti neto emisija stakleničkih plinova i u kojem gospodarski rast nije povezan s upotrebom resursa. Usto, nastoji se zaštititi, očuvati i povećati prirodni kapital EU – a te zaštititi zdravlje i dobrobit građana od rizika povezanih s okolišem i utjecaja okoliša na njih (Europska komisija, 2019). Jedna od strategija Europskog zelenog plana je strategija „Od polja do stola“ („From farm to fork“), osmišljavanje pravednog i zdravog prehrambenog sustava koji je prihvatljiv za okoliš. Europska komisija je u proljeće

2020. predstavila ovu strategiju za ekološke poljoprivrednike, a odnosi se na osiguranje dostupnosti zdrave, cjenovno pristupačne i održive hrane za sve Europljane te pravedan ekonomski povrat u prehrambenom lancu. Ovom strategijom poljoprivrednike se podupire u borbi protiv klimatskih promjena, zaštiti okoliša i očuvanju bioraznolikosti. Iako je, prema Eurostatu, poljoprivredna proizvodnja u svijetu smanjila emisije stakleničkih plinova od 1990. za 20 %, lanci prehrane su još uvijek ključni uzročnici degradacije okoliša i klimatskih promjena. Zbog toga je potrebno hitno djelovati u smislu povećanja udjela ekološke proizvodnje, smanjenju uporabe pesticida i gnojiva i poboljšanja kvalitete života životinja (Marković, 2021).

Zbog svih ovih razloga, jedno od rješenja za suzbijanje velikog brašnara bilo bi korištenje eteričnih ulja te bi primjena ovih ulja predstavljala zamjenu za kemijske insekticide jer se lako dobivaju (ekstrahiranjem), ekološki su prihvatljiva, biorazgradiva su, lako se kataboliziraju u okolišu i ne zaostaju u tlu i vodama. Eterična ulja su aromatske, uljaste hlapljive tekućine, sekundarni metaboliti, dobiveni iz biljnog materijala: cvijeća, pupa, sjemena, lišća, grana, kore, stabljike, drveta, plodova i korijena. Eterična ulja posjeduju antibakterijska, antiviralna, antifungalna, antioksidogena, antiparazitna i insekticidna svojstva (Kanižai Šarić i sur., 2014). Pojedina eterična ulja, odnosno njihove aktivne sastavnice ulaze u interakciju s glavnim metaboličkim, biokemijskim, fiziološkim i bihevioralnim funkcijama kukaca. Zbog toga određena eterična ulja pokazuju akutnu toksičnost na kukce, dok ostala djeluju kao repelenti, antifidanti, te sprječavaju ili usporavaju njihov rast, razvoj i razmnožavanje. Zbog navedenih svojstava i djelotvornosti, eterična ulja, kao insekticidna sredstva, u posljednjih nekoliko godina dobivaju sve veću važnost (Malešević i sur., 2015).

1.1. Hipoteza i cilj istraživanja

Hipoteza rada je da će eterična ulja citronele, timijana, klinčića, limunske trave i kadulje imati repelentni odnosno odbijajući učinak na velikog brašnara (*Tenebrio molitor* L.). Cilj rada je stoga utvrditi repelentno djelovanje navedenih eteričnih ulja na ličinke velikog brašnara.

2. Pregled literature

2.1. Zadaci skladištenja i najvažniji štetnici uskladištenih poljoprivrednih proizvoda

Dr. Josip Ritz, u svom udžbeniku „Osnovi uskladištenja ratarskih proizvoda“ navodi da se osnovni zadaci uskladištenja ratarskih proizvoda i kultura sastoje iz četiri glavne postavke: 1. uskladištiti proizvod bez gubitka kakvoće odnosno kvalitete; 2. uskladištiti proizvod bez gubitka mase ili sa što manjim gubicima; 3. povisiti kvalitetu proizvoda; 4. troškove rada i sredstava po jedinici težine proizvoda što više smanjiti (Korunić, 1990). Kao što je navedeno u uvodu, štetnici uskladištenih poljoprivrednih proizvoda dijele se na primarne štetnike, sekundarne štetnike, mikofagne vrste, strvinare i slučajno prisutne vrste. U primarne štetnike pripadaju: žitni žižak (*Sitophilus granarius* L.), rižin žižak (*Sitophilus oryzae* L.), žitni moljac (*Sitotroga cerealella* Olivier), kukuruzni žižak (*Sitophilus zeamais* Motschulsky). U sekundarne štetnike pripadaju kestenjasti brašnar (*Tribolium castaneum* Herbst), mali brašnar (*Tribolium confusum* Jaqcquelin du Val) i trogoderma žita (*Trogoderma granarium* Everts) (Korunić, 1990).

2.1.1. Primarni štetnici

Žitni žižak (*Sitophilus granarius* L.)

Najčešća vrsta koja se može susresti u manjim seoskim skladištima i u velikim silosima je žitni žižak. Žitni žižak oštećuje sve vrste žita (polifagni štetnik), no, može pričinjavati štete i na pitomom kestenu, tjestenini i na brašnenim proizvodima. Žižak je tamnosmeđe boje i ne može letjeti, dug je 3 – 4,5 mm, glava je produljena u rilo koje je karakteristično za porodicu. Na slici 1. prikazan je žitni žižak. Ženka odlaže jaja u rupu koju napravi na neoštećenim zrnima. Jedna ženka prosječno odloži oko stotinjak jaja. Ličinke se kroz čitavi život hrane u unutrašnjosti zrna nakon čega se kukulje. Imago napravi otvor u zrnu kroz koji izlazi van. Napad žiška se uočava po izlaznim rupama koje naprave odrasli oblici. Žižak razvije tri do četiri generacije godišnje dok je u grijanim objektima ta brojka znatno viša. Iz razloga što svi stadiji, osim imaga, žive u unutrašnjosti zrna, napad se ne može uočiti vizualno već raznim destruktivnim metodama ili posebnim rendgenskim uređajima. U uvjetima povećane vlage zraka, žižak bez hrane može preživjeti i nekoliko mjeseci (Rotim i Ostojić, 2014).



Slika 1. Žitni žižak (*Sitophilus granarius* L.)

Izvor: <https://danas.hr/zivot/zivotinjski-kutak/sto-je-zitni-zizak-i-kako-ga-prepoznati-f35c57d6-b9f2-11ec-a82b-0242ac12002a>

Rižin žižak (*Sitophilus oryzae* L.)

Rižin žižak se sve češće susreće u silosima i većim skladišnim prostorima. Hrani se slično kao i žitni žižak, no, osim toga još se može hraniti i zrnjem uljarica. Žižak je crnosmeđe boje sa četiri ovalne crvenkasto – žute pjege na pokrildju. Ispod pokrildja se nalazi drugi par krila pa za razliku od žitnog, rižin žižak može letjeti. Duljina štetnika je 2,5 – 4 mm. Na slici 2. prikazan je rižin žižak. Rižin žižak ne podnosi temperaturna kolebanja, te se on najčešće razmnožava na višim temperaturama (termofilna vrsta), te su najpovoljniji uvjeti za razvoj žiška neposredno nakon žetve (ljetno/ srpanj). Za razliku od ličinki žitnog žiška, ličinke rižinog žiška se mogu razvijati u oštećenim zrnima. Štetnik razvija tri do četiri generacije godišnje (Rotim i Ostojić, 2014).



Slika 2. Rižin žižak (*Sitophilus oryzae* L.)

Izvor: <https://pest.htgetrid.com/hr/nasekomye/dolgonosiki/risovj-dolgonosik/>

Žitni moljac (*Sitotroga cerealella* Olivier)

Žitni moljac najčešće napada kukuruz, pšenicu, ječam, proso, rižu, sjeme mahunarki i sjemensku robu za koju je posebice opasan. Moljac je najviše proširen u seoskim gospodarstvima, gdje se kukuruz skladišti u koševima. Za razliku od prijašnjih vrsta, moljac može učiniti zarazu kad je žito još na polju pa se razvoj nastavlja u skladišnim prostorima. Krila moljca su duga 15 – 18 mm. Gusjenica je na početku razvoja žute boje dok kasnije posmeđi. Naraste 5 – 7 mm. Na slici 3. prikazan je žitni moljac. Ženka u prosjeku odloži oko 150 jaja na zrnje žitarica ili u njihovu blizinu. Gusjenice se ubušuju u zrno i hrane se u unutrašnjosti zrna dok ga ne izgrizu do kraja, nakon čega prelaze na novo zrno. Napadnuto zrno ima neugodan miris. Štetnik razvija dvije do četiri generacije godišnje (Rotim i Ostojić, 2014).



Slika 3. Žitni moljac (*Sitotroga cerealella* Olivier)

Izvor: <https://www.adlibitum.hr/sitotroga-cerealella-zitni-moljac/>

Kukuruzni žižak (*Sitophilus zeamais* Motschulsky)

Na globalnoj razini, kukuruzni žižak može prouzročiti pad kukuruza od 20 – 90 % (Delima, 1987; Giga i sur., 1991; Bergvinson, 2001; Paes i sur., 2012 cit. Lemić i sur., 2021). Odrasle jedinke kukuruznog žižka mogu živjeti nekoliko mjeseci pa čak i do godinu dana (u prosjeku sedam do osam mjeseci). Ženka u prosjeku odloži oko 150 jaja. Ženka odlaže jaja u temperaturnom rasponu 15 – 35 °C, dok je optimum oko 25 °C i RVZ (relativne vlažnosti zraka) iznad 10 % (Birch, 1994; cit. Lemić i sur., 2021). Ličinka prolazi kroz četiri stadija. Ličinke se kukulje u unutrašnjosti zrna dok imago napravi veliku rupu u zrnu kroz koju izlazi. Štetnik ne može letjeti (Longstaff, 1981 cit. Lemić i sur., 2021). Imago je duljine 3 – 3,5 mm, tamno smeđe – crne boje, na pokrilju se nalaze četiri blijede crvenkasto – smeđe ili narančasto – smeđe ovalne oznake (Jantolek, 2021). Na slici 4. prikazan je kukuruzni žižak.



Slika 4. Kukuruzni žižak (*Sitophilus zeamais* Motschulsky)

Izvor: <https://www.agroklub.ba/ratarstvo/pazite-na-kukuruznog-ziska-prije-i-tokom-berbe-ali-i-u-skladistu/54090/>

2.1.2. Sekundarni štetnici

Kestenjasti brašnar (*Tribolium castaneum* Herbst)

Kestenjasti brašnar je sekundarni štetnik brašna, uljarica, lomljenog zrna i u tvornicama stočnog brašna. Štetnik se ne hrani zdravim zrnjem već se naseljuje i hrani na već napadnutim zrnima. Brašnar može postati primarni štetnik ukoliko je zrno vlažno, tada ga može oštetiti. Razvije dvije generacije godišnje. Boja tijela je crvenkasto – smeđa, a dužina imaga je 3 – 4 mm. Na slici 5. nalazi se kestenjasti brašnar. Ženka u prosjeku odloži oko 11 jaja koja polaže u zrno ili u razne uskladištene poljoprivredne proizvode (Veselovac, 2019).



Slika 5. Kestenjasti brašnar (*Tribolium castaneum* Herbst)

Izvor: <https://repositorij.fazos.hr/islandora/object/pfos%3A1485/datastream/PDF/view>

Mali brašnar (*Tribolium confusum* Jaqcuelin du Val)

Mali brašnar je termofilna vrsta (optimum između 20 – 37,5 °C). Najčešće oštećuju klicu zrna. Iako brašnar se ubraja u sekundarne štetnike, može biti primaran štetnik, odnosno može oštetiti cijelo zrno kod vlage zrna od 12,5 %. Duljina štetnika je 3 – 4 mm, smeđe ili crvenkaste boje s izraženim uzdužnim linijama na pokrillju. Ličinka je žute boje, duga oko 6 mm (slika 6.). Štetnik razvija dvije generacije godišnje. Ženka u prosjeku položi od 300 – 900 jaja (Josipović, 2019).



Slika 6. Mali brašnar (*Tribolium confusum* Jaqcuelin du Val)

Izvor: <http://zpio.unios.hr/wp-content/uploads/radovi/dokt.disert/slavica.mustac.pdf>

Trogoderma žita (*Trogoderma granarium* Everst)

Trogoderma se nalazi na popisu karantenskih štetnika od strane Europske organizacije za zaštitu bilja (EPPO – European Plant Protection Organisation). Vrsta je endem u Indiji i proširila se ljudskim aktivnostima (putovanjima) iako odrasli ne lete. Vrsta može biti jako proždrljiva i hrani se na pšenici i na raznim suhim proizvodima. Ličinke trogoderme su razvile rezistentnost na većinu insekticidnih pripravaka za suzbijanje. Ličinke trogoderme mogu biti u dijapauzi od nekoliko mjeseci pa do nekoliko godina (Athanassiou i sur., 2018).

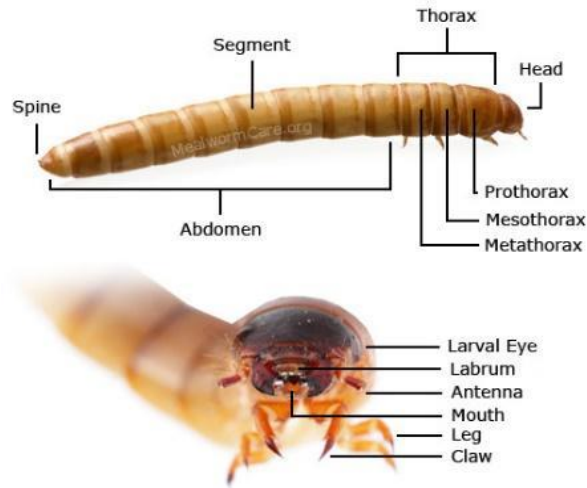
2.2. Veliki brašnar (*Tenebrio molitor* L., 1758)

2.2.1. Sistematika i rasprostranjenost

Veliki brašnar prema klasifikaciji pripada u najbrojniji red kukaca, red Coleoptera (kornjaši ili tvrdokrilci), superporodicu Tenebrionidea, porodicu Tenebrionidae i rod *Tenebrio* (Animal Diversity Web, 2023). Štetnik je rasprostranjen na većem dijelu Sjeverne, Srednje i Južne Europe (umjereni klimatski pojas), za tako širok areal rasprostranjenosti zaslužni su ljudi svojim aktivnostima, najviše putovanjima. Veliki brašnar je također kozmopolitska vrsta što znači da se može pronaći u čitavom svijetu. Zbog nepovoljnog utjecaja visokih temperatura na razmnožavanje, veliki brašnar se ne naseljuje u tropskim uvjetima i u područjima oko ekvatora i žarkog pojasa (Fauna Europaea, 2023). Veliki brašnar se zbog svoje jednostavnosti uzgoja može uzgajati amaterski kao hrana za kućne ljubimce ili ptice. Neki uzgajivači u prehranu ličinki stavljaju juvenilne hormone kako bi se spriječila metamorfoza ličinki u odrasli oblik (Tran i sur, 2019).

2.2.2. Morfologija

Duljina odrasle ličinke je 2 – 3 cm a težina u prosjeku varira od 130 – 160 mg (Tran i sur., 2019). Na glavi ličinke nalaze se oči, antene i usni organ namijenjen za grizenje. Oči su slabo razvijene zbog toga što ličinke većinu vremena provode u mraku (najčešće u supstratu). Prsa su sastavljena od tri kolutića, a na svakom kolutiću se nalaze male noge koje su prilagođene kopanju. Zadak je građen od devet kolutića, na zadnjem kolutiću se nalaze anus i bodlja. U zatku veliki brašnar pohranjuje mast kako bi imao energije za ostale ličinačke faze razvoja (Beljan 2022). Na slici 7 prikazana je morfološka građa ličinke velikog brašnara. Imago velikog brašnara ima tri para nogu, dvije antene (ticala) i složene oči, a tijelo je prekriveno kutikulom (slika 8). Imago je na početku bijele boje dok se tek kasnije boja promijeni u smeđu ili crnu (Beljan, 2022).



Slika 7. Morfologija ličinke velikog brašnjara

Izvor: <https://mealwormcare.org/anatomy/>



Slika 8. Imago velikog brašnjara

Izvor: <https://insecta.pro/taxonomy/840115>

2.2.3. Biologija i ekologija

Ženka u prosjeku polaže 400 – 500 jaja (Cotton, 1927; Hardouin i Mahoux, 2003; Hill, 2002; Manojlovic, 1987; Spencer i Spencer, 2006 cit. Ribeiro, 2017). Jaja mogu biti položena pojedinačno ili u manjoj grupi, a mogu biti pričvršćena na zidove ili u posude u kojima se uzgajaju. Nakon perioda inkubacije, koji u prosjeku traje četiri dana na 26 – 30 °C (Kim i sur., 2015 cit. Ribeiro, 2017) izlazi ličinka koja počinje sa svojim rastom i razvojem. Ličinka se tijekom svog razvoja može presvući minimalno devet puta (Cotton, 1927; Hill, 2002 cit. Ribeiro, 2017) do maksimalno 23 puta (Ludwig, 1956 cit. Ribeiro, 2017), a prosječni broj varira između 11 i 19 presvlačenja (Ludwig, 1956; Miryam i sur., 2000 cit. Ribeiro, 2017).

Nakon ličinačke faze, ličinke odlaze u kratko razdoblje latencije (mirovanja) u kojem dobivaju oblik slova „C“ te se nakon perioda latencije kukulje. Stanje kukuljice traje najmanje šest, a najviše 20 dana. Mladi odrasli oblici velikog brašnara pojavljuju se kao bijeli, mekani, egzoskeletni tvrdokrilci te postupno tamne. Odrasle ženke su sposobne početi sa ovipozicijom tri dana nakon njihove pojave. Odrasli oblici žive 16 – 173 dana, prosječna duljina života se kreće od 31.8 – 62 dana (Ribeiro, 2017). Čitav životni ciklus se odvija u istom ekosustavu dok duljina pojave ličinke, imaga i kukuljenja ovisi o okolišnim čimbenicima poput temperature, relativne vlage zraka, načinu ishrane i gustoći populacije (Ribeiro, 2017). Veliki brašnar godišnje razvije jednu generaciju dok se razvojno razdoblje može produljiti čak i na dvije godine. Optimalna temperatura za razvoj je 25 °C. Ličinke su vrlo otporne na niske temperature i mogu preživjeti 48 sati na temperaturi od – 18 °C. Ličinke zimu mogu preživjeti ukoliko se temperatura kreće od 0 °C do – 5 °C (Korunić, 1990).

2.2.4. Štetnost i suzbijanje

Veliki brašnar veće štete čini na ambalaži koju ličinke grizu svojim jakim čeljustima. Osim na ambalaži štetu čine i na drvenim dijelovima u koja ulaze radi kukuljenja. Svojim izmetom i svlakovima onečišćuju proizvode i brašno koji samim time bivaju neupotrebljivi za stočnu ili ljudsku prehranu. Veliki brašnar se vrlo često nalazi u skladištima u malobrojnim populacijama u otpacima brašna i polomljenim zrnima. Ukoliko se veliki brašnar pojavi u većem broju, potrebno je upotrijebiti preventivnu mjeru kojom se isti najlakše suzbija, ta mjera se naziva metoda fumigacije (Korunić, 1990). Na slici 9. nalazi se veliki brašnar u brašnu. Prema bazi Fitosanitarnog Informacijskog Sustava (FIS), u Republici Hrvatskoj je u 2023. godini na tržištu dostupna jedna djelatna tvar za fumigaciju skladišta, a to je magnezijev fosfid (FIS baza, 2023). Magnezijev fosfid u dodiru sa zrakom stvara za ljude vrlo otrovan plin, fosforovodik. Magnezijev fosfid spada u I. skupinu otrova i dolazi pakiran u peletima čija je standardna masa 0,6 grama ili tableta ili kuglica čija je standardna masa 3 grama (Bažok i sur., 2021).



Slika 9. Ličinke velikog brašnara u brašnu

Izvor: <https://www.alamy.com/stock-photo-yellow-mealworm-beetle-tenebrio-molitor-larvae-mealworms-in-wheat-23078379.html>

2.3. Primjena eteričnih ulja u suzbijanju štetnih vrsta u poljoprivredi

Pojava štetnih organizama (štetnika, korova i bolesti) u poljoprivredi je stalna te se za njihovo suzbijanje uglavnom primjenjuju kemijski pesticidni pripravci (insekticidi, herbicidi i fungicida). Zbog sve učestalije pojave rezistentnosti štetnih vrsta na pesticidne pripravke i zbog uvođenja Europskog Zelenog Plana (European Green deal) potrebno je uvoditi nove, radikalnije i za okoliš povoljnije mjere suzbijanja. Jedna od mogućih mjera suzbijanja je korištenje eteričnih ulja. Eterična ulja su aromatske, uljaste hlapljive tekućine, a nastaju u biljci kao sekundarni metaboliti. Dobivaju su iz raznog biljnog materijala: cvijeća, pupa, sjemena, lišća, grana, kore, stabljike, drveta, plodova i korijena. Eterična ulja posjeduju antibakterijska, antiviralna, antifungalna, antioksidogena, antiparazitna i insekticidna svojstva (Kanižai Šarić i sur., 2014). U eterična ulja također svrstavamo alelokemikalije koje produciraju biljne vrste kako bi biljke koje ispuštaju alelokemikalije (donor vrste) stimulirajuće (pozitivno) ili inhibirajuće (negativno) djelovale na ostale biljne vrste u njihovoj okolini (Willis, 1985; Dudai, 1999 cit. Zanellato i sur., 2009). Mnoge biljne vrste proučavane su zbog alelopatičkog utjecaja i lučenja alelokemikalija. Prema Dudai (1999) zabilježeno je da aromatične biljke mogu proizvesti velike količine alelokemikalija. Proces alelopatije i ispuštanje alelokemikalija u tlo je primjerice odlična alternativa za zamjenu herbicida i suzbijanje korovnih vrsta.

Glavni fokus u korištenju eteričnih ulja u poljoprivredi je na uzgoju biljnih vrsta koje daju eterična ulja (najčešće aromatične biljne vrste) kako bi se maksimizirao prinos. Malo se priča o načinima na koje se sve eterična ulja mogu koristiti u poljoprivredi. Jedan od razloga tome su troškovi proizvodnje i aplikacije eteričnih ulja, dok je pesticidne pripravke lakše aplicirati na neku kulturu i rezultati su puno brži. Eterična ulja se također mogu dobiti iz bakterijskih i gljivičnih kultura. Prednost korištenja hlapljivih biopesticida na polju je u tome što se oni brzo razgrade i nema rezidua biopesticidnih aktivnih tvari u proizvodu nakon berbe odnosno žetve. Također, u nekim se slučajevima ti proizvodi mogu prodavati kao organski te mogu dobiti znak ekološke proizvodnje, a takvi proizvodi postižu višu cijenu. Potrebno je uložiti velike napore za zadržavanje takvih pripravaka na biljnim vrstama. To se može postići primjenom surfaktanata ili tehnologijom kapsuliranja aktivnih tvari. Još jedna prednost primjene biopesticidnih pripravaka (u ovom slučaju bioherbicida) je da mogu olakšati proces oprašivanja djelujući kao specifičan i poželjan atraktant za kukce (na primjer pčele), dok djeluju repelentno (odbijajuće) na sve ostale štetnike (Sadgrove i sur., 2015).

Eterična ulja također mogu poslužiti kao antimikrobni spojevi. Nedavno je na razini Europske Unije zakonom zabranjeno korištenje antibiotika u uzgoju životinja za klanje. Ovo je djelomično zbog negativnog trenda rasta rezistentnosti patogena, ali se prvenstveno tiče kvalitete na kraju uporabe mesnatih proizvoda. U tom smislu eterična ulja pružaju najbolju alternativu za uništavanje mikroorganizama. Eterična ulja također djeluju kao stimulansi apetita i stimulansi proizvodnje sline, želučanih i pankreasnih sokova. Antimikrobna aktivnost eteričnih ulja se također može iskoristiti za borbu protiv gljivičnih i bakterijskih krvarenja hrane na policama ili kao tretman voća i povrća u fazi berbe i proizvodnje. Eterična ulja se primjenjuju

na voće i povrće primjenom niskih tlakova ili strujanjem toplog zraka kao sredstvo za značajno povećanje antimikrobnih aktivnosti eteričnih ulja (Sadgrove i sur., 2015). Jedan od izazova u primjeni eteričnih ulja je kako iste zadržati na biljnim vrstama, budući da su vrlo volatilni i degradibilni (Catani i sur., 2022). Stoga treba, kao što je prije navedeno, eterična ulja primjenjivati primjerice sa surfaktantima. Laboratorijski pokusi predstavljaju tek mali pomak prema korištenju eteričnih ulja u poljoprivrednoj proizvodnji te treba ispitati primjenu ulja u stakleničkim i poljskim pokusima.

3. Materijali i metode

3.1. *Test organizmi korišteni u istraživanju*

U ovom istraživanju korištene su komercijalno nabavljene ličinke četvrtog i petog stadija velikog brašnara (Teraristika, Hrvatska) koje su prikazane na slici 10. Istraživanje je provedeno u lipnju 2023. godine na Zavodu za poljoprivrednu zoologiju Agronomskog Fakulteta Sveučilišta u Zagrebu u laboratoriju za entomologiju. Ličinke su prije početka istraživanja uzgajane nekoliko dana u supstratu brašna na Zavodu za poljoprivrednu zoologiju, pri prirodnoj izmjeni dana i noći. Temperatura laboratorija tijekom provedbe istraživanja kretala se između 25 i 27 °C.

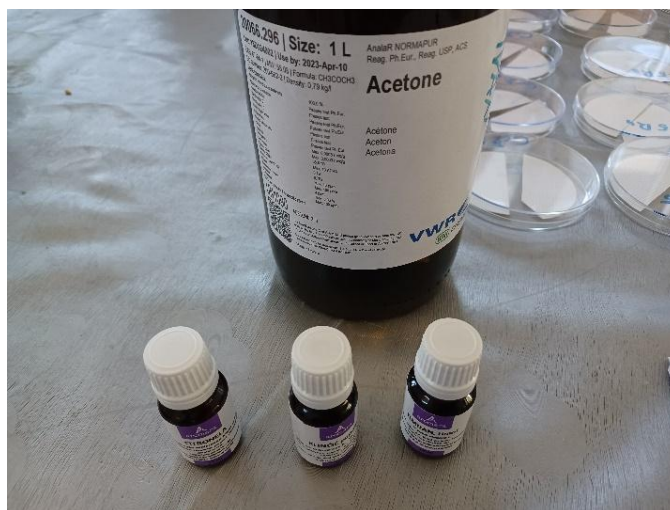


Slika 10. Ličinke velikog brašnara (četvrti i peti stadij) korištene u pokusu

Izvor: M. Kovač (2023)

3.2. *Eterična ulja korištena u istraživanju*

U istraživanju je korišteno pet vrsta komercijalno nabavljenih eteričnih ulja: citronela, timijana, klinčića, limunska trava i kadulja, tvrtke Aromara, Šenkovec (slika 11).



Slika 11. Eterična ulja korištena u istraživanju
(citronela lijevo, klinčić sredina i timijan desno)
Izvor: M. Kovač (2023)

3.2.1. Eterično ulje citronele

Eterično ulje citronele je monoterpenoid te je glavni sastojak ulja koji daje prepoznatljivu i intenzivnu aromu limuna. Citronela ima ulogu metabolita i antifungalnog sredstva. Citronela je monoterpenoid i aldehid. Ulje citronele izolirano je iz biljke crnačkog papra (*Xylopija aromatica*) i *Chromolaena odorata*. Službeni naziv ulja citronele prema IUPAC – u (International Union of Pure and applied Chemistry) je dimetilokt – 6 – enal. Molekulska formula je $C_{10}H_{18}O$ (National Center for Biotechnology Information, 2023). Ulje citronele, korištene u istraživanju, izolirano je iz vrste *Cymbopogon winterianus* Jowitt ex Bor (porodica Poaceae) i dobiva se destilacijom nadzemnog dijela vodenom parom (Aromara, 2023a). Glavne komponente ulja citronele su: citronelal + α -koapen, geraniol, citronelol, geranil acetat, elemol, limonen, citronelil acetat + ?, (E)-kariofilen + β -elemen, δ -kadinen + γ -kadinen, germakren D, neo-izopulegol, linalool, eugenol, α -kadinol, geranial, α -murolen, neral + ?, γ -murolen, epi- α -kadinol, terpinen-4-ol + ?, α -murolen, dekanal, 2-metil-2-hepten-6-on, terpinolen, mircen, α -pinene, γ -terpinen (Aromara, 2023a).

Ukoliko te komponente dospiju u okoliš, očekuje se da će se dio pretvoriti u paru. U vodi isparavaju s površine umjerenom brzinom. Nakon što pare dođu u zrak, ubrzo se razgrade (za svega nekoliko sati) sa poluvijekom raspada do 3,2 sata. Osim toga citronelol i geraniol se također brzo razgrade radom mikroorganizama (National Pesticide Information Center, 2023). U laboratorijskim pokusima provedenim na životinjama, ulje citronele pokazuje malu ili nikakvu toksičnost. Jedina zabrinutost je iritacija kože. Ulje citronele je registrirano 1948. godine (US EPA, 1999). Odbija ciljane štetnike (repelentno djelovanje) umjesto da ih ubija. Djeluje tako da prikriva mirise koji su privlačni kukcima. Stoga je kukcima teško locirati cilj kojim se hrane. Ulje citronele također može djelovati tako da maskira mirise privlačne drugim

životinjama (Aromara, 2023a). Na slici 12 nalazi se eterično ulje citronele korišteno u istraživanju, tvrtke Aromara, Šenkovec.



Slika 12. Eterično ulje citronele

Izvor: <https://www.aromara.hr/shop/citronela-etericno-ulje-10-ml-10404#attr=>

3.2.2. Eterično ulje timijana

Eterično ulje timijana izolirano je iz vrste *Thymus vulgaris* L. (timijan) koji pripada porodice Lamiaceae. Dobija se destilacijom nadzemnog dijela biljke vodenom parom. Aktivne komponente ulja timijana su: timijan, p-cimen, γ -terpinen, linalool, karvakrol, β -mircen, α -terpinen, terpinen-4-ol, karvakrol metil eter, α -tujen (Aromara, 2023e). Službeni naziv EU timijana prema IUPAC – u je (2 – isopropil – 5 – metilfenol). Spojevi timijana, pripadaju različitim kemijskim skupinama uključujući monoterpene, monoterpenske alkohole, derivate fenola, ketone, aldehide, etere i estere. Osim timijana, unutar vrste *Thymus vulgaris* postoje brojni kemotipovi koji se razlikuju po glavnoj komponenti eteričnog ulja. Timijan je bezbojan, kristalan spoj jakog mirisa i dobre topljivosti u alkoholu i ostalim organskim otapalima, a topljivost timijana u vodi je jako slaba. Timijan se nakon oralne primjene brzo apsorbira i u tijelu se raspadne unutar 24 sata (Kowalczyk i sur., 2020). Eterično ulje timijana daje snažan miris biljke majčine dušice (*Thymus serpyllum*). Ovo ulje posjeduje antikancerogena, antimikrobna, antiviralna i antifungalna svojstva (Ezzat Abd El – Hack i sur., 2016). Na slici 13. nalazi se eterično ulje timijana, korišteno u istraživanju, tvrtke Aromara.



Slika 13. Eterično ulje timijana

Izvor: <https://www.aromara.hr/shop/timijan-timol-etericno-ulje-10-ml-10327#attr=>

3.2.3. Eterično ulje klinčića

Eterično ulje klinčića dobija se iz klinčića (*Syzygium aromaticum* L.), koji pripada porodici Myrtaceae, destilacijom pupoljka vodenom parom. Aktivne komponente EU klinčića su: eugenol, acetileugenol i β -kariofilen. Eterično ulje klinčića posjeduje antibakterijska, antivirusna, karminativna, digestivna, analgetična, hiperemična, uterotonična i stimulativna svojstva (Aromara, 2023c). Eterično ulje klinčića je fenolna komponenta koja se može pronaći u širokom rasponu biljnih vrsta, pa se tako osim u klinčiću može pronaći u ulju muškarnog oraščića ili u ekstraktu cimeta. Ulje klinčića je prvi put izuzeto iz lista i pupoljaka biljne vrste *Eugenia caryophyllata*. Eterično ulje klinčića se također može pronaći kod đumbira, origana ili timijana, te biljne vrste predstavljaju odličnu alternativu klinčiću i cimetu. Klinčić i cimet mogu sadržavati od 20 – 90 % ulja. Glavni problem kod ekstrakcije ulja su troškovi uzgoja tih biljnih vrsta i ekstrakcija ulja. EU klinčića je uglavnom prisutno u nadzemnim dijelovima biljaka kao što su lišće, kora ili cvijet. Primjerice tri lista biljke tulsi (vrsta bosiljka) sadrže dobar postotak ulja koji se obično kreće u rasponu od 40 – 71 % (tablica 1). Treba također napomenuti da koncentracija ulja u različitim dijelovima biljaka može varirati kroz godinu. Studije otkrivaju da se maksimalna količina ulja može dobiti u jesen (Khalil i sur., 2017). Na slici 14 nalazi se eterično ulje klinčića korišteno u istraživanju.

Tablica 1. Koncentracija EU klinčića u pojedinim dijelovima biljnih vrsta

Biljna vrsta	Dio biljke	Koncentracija (mg / g ⁻¹)
klinčić	cvjetovi i pupoljci	180
piment	plod	36
Betelov papar	listovi	17,9
cimet	kora	3,5
tulsi	listovi	4,2 – 4,9
lovor	listovi	1,3
kurkuma	listovi	2,1
muškatni oraščić	sjeme	0,3
timijan	izdanci	0,02

Izvor: Raja i sur. (2015)



Slika 14. Eterično ulje klinčića

Izvor: <https://www.aromara.hr/shop/klincic-etericno-ulje-10-ml-10371#attr=>

3.2.4. Eterično ulje limunske trave

Eterično ulje limunske trave dobiva se iz biljne vrste *Cymbopogon flexuosus* (Nees ex Steud.) Will. Watson, koja pripada porodici Poaceae, destilacijom nadzemnog dijela vodenom parom. Aktivne komponente eteričnog ulja limunske trave su: geranial, neral, geraniol, geranil ACT + γ + δ -kadinen, kamfen, 6-metil-5-hepten-2-on, β -kariofilen, linalool, 4-nonanon, kariofilen oksid, (E)-izocitral, limonen, citronelal, ekso-izocitral, α -pinen, borneol, terpinen-4-ol, triciklen, (Z)-izocitral, α -terpineol, nerol, germakren D + ?, citronelol, β -elemen, etanol, (Z)- β -ocimen, (E)- β -ocimen, n-oktanal, terpinolen, β -felandren, mircen. Navedeno eterično ulje posjeduje tonizirajuće, stimulirajuće, dezodorirajuće, adstringentno, antiseptično, baktericidno, detoksicirajuće, karminativno i galaktagogno svojstvo (Aromara, 2023d). Eterično ulje limunske trave predstavlja „koktel“ različitih terpena i terpenoida, od kojih glavne komponente pripadaju cikličkim i acikličkim monoterpenima. Monoterpeni su izvedeni iz geranil difosfata. Geranil difosfat je fuzijska komponenta izopentenil difosfata i njegovog alilnog izomera dimetilalil difosfata. Izopentenil difosfat je prekursor svih terpena i terpenoida. Ranije je bilo široko prihvaćeno da biljke proizvode izopentenil difosfat putem citoplazmatskog mevalonata. Međutim, empirijske studije otkrivaju da je novootkriveni put metileritritol fosfata za biosintezu monoterpena dominantniji u vrstama limunske trave (Mukarram i sur., 2022). Na slici 15 nalazi se eterično ulje limunske trave korištene u istraživanju.



Slika 15. Eterično ulje limunske trave

Izvor: <https://www.aromara.hr/shop/limunska-trava-10-ml-10367#attr=>

3.2.5. Eterično ulje kadulje

Eterično ulje kadulje dobiva se destilacijom lista vodenom parom biljne vrste *Salvia officinalis* L. koja pripada porodici Lamiaceae. Aktivne komponente eteričnog ulja su: α -tujon, kamfor, 1,8-cineol, β -tujon, α -humulen, kamfen, β -caryophyllene, α -pinene, viridiflorol, borneol, β -pinene, limonen, bornil acetat, p-cimen, α -terpineol, β -mircen, trans-sabinol + terpinil acetat, γ -terpinen. Navedeno ulje posjeduje protuupalno, antimikrobno, ekspektorirajuće, antiseptično, lipolitično, spazmolitično, digestivno, diuretično, kolagogno, emenagogno, adstringentno, zacjeljujuće i tonizirajuće svojstvo (Aromara, 2023b). Na slici 16 nalazi se eterično ulje kadulje korišteno u istraživanju.



Slika 16. Eterično ulje kadulje

Izvor: <https://www.aromara.hr/shop/kadulja-etericno-ulje-10-ml-10378?search=kadulja#attr=>

3.3. Provedba istraživanja

U istraživanju je korišteno 35 petrijevih zdjelica po eteričnom ulju (pet varijanata ulja + kontrola, a svaka varijanta postavljena je u pet repeticija). Petrijeve zdjelice i poklopci su najprije dezinficirani 96 %-nim etanolom te su se u petrijeve zdjelice postavljali filter papiri rezani na pola. Prva polovica filter papira sa malim urezom je predstavljala kontrolnu varijantu tretiranu acetonom, dok je drugi filter papir bio tretiran onom količinom eteričnog ulja kojom bi se postigla određena koncentracija u 1 mL acetona (Slika 17). Svako eterično ulje postavljeno je u šest koncentracija: 100, 200, 400, 600, 800 i 1000 $\mu\text{l}/\text{cm}^2$. Nakon aplikacije eteričnog ulja mikropipetom, zdjelice su se sušile na temperaturi laboratorija (25 – 27 °C) u trajanju od 30 minuta. Nakon sušenja u svaku varijantu je dodano pet ličinki brašnara (slika 18). Petrijeve zdjelice su potom bile ostavljene te se repelentnost očitavala nakon 24, 48, 72, 96 i 120 sati od postavljanja pokusa.



Slika 17. Tretiranje Petrijevih zdjelica

Izvor: M. Čačija (2023)



Slika 18. Postavljen pokus za prva tri ulja (citronela, timijan i klinčić)

Izvor: M. Kovač (2023)

3.4. Očitavanje rezultata i obrada podataka

U laboratoriju je repelentni učinak procijenjen kroz kretanje ličinki velikog brašnara na pojedinu stranu petrijeve zdjelice (puni filter papir = tretirana površina; odrezani filter papir = kontrola (aceton)). Prvo očitavanje je provedeno 24 sata od postavljanja pokusa, te je nastavljeno svakih 24 sata tijekom pet dana (slika 19). U svakom očitavanju bilježio se broj ličinki na kontrolnom i tretiranom filter papiru. Uginule ličinke brašnara su se vadile i uklanjale iz istraživanja. Za svaki dan očitavanja izračunat je koeficijent distribucije prema Wang i sur. (2015):

$$\text{koeficijent distribucije} = \frac{C - T}{C + T} \times 100,$$

gdje je C vrijednost utvrđena na kontroli, dok je T vrijednost utvrđena na tretiranoj varijanti.



Slika 19. Očitavanje repelentnosti brašnara

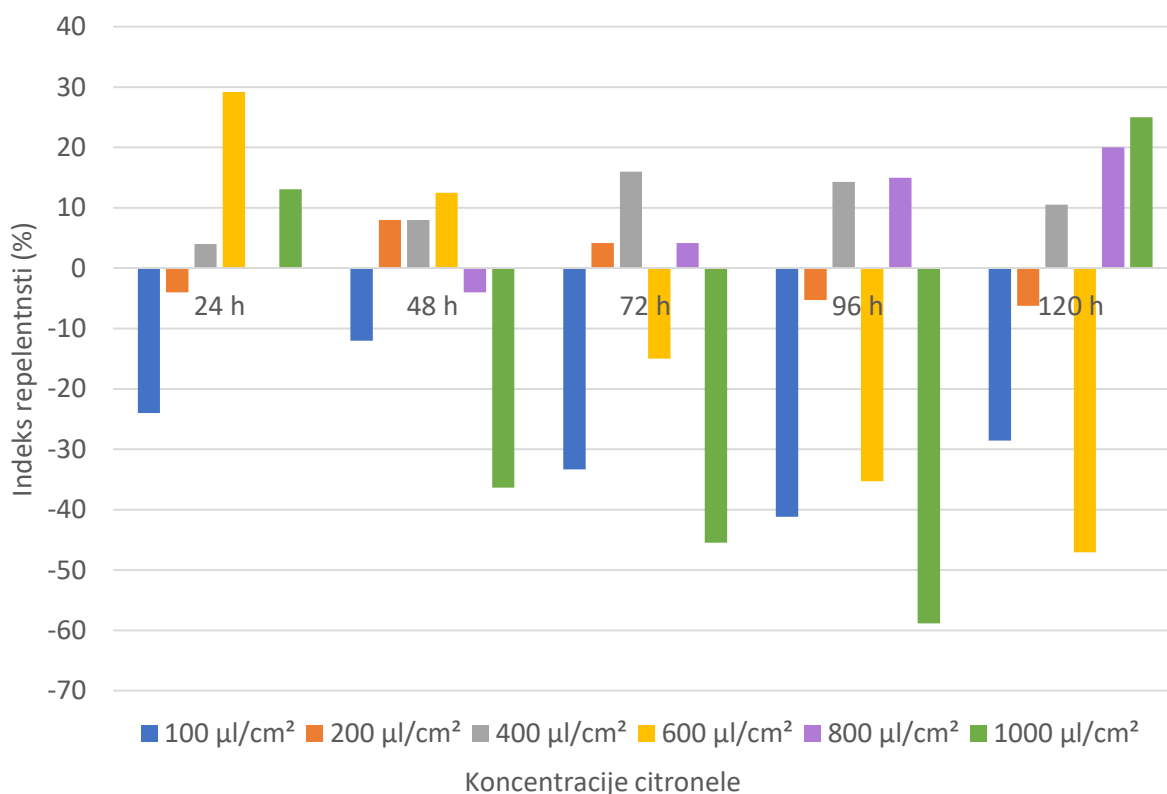
Izvor: M. Čačija (2023)

4. Rezultati

Repelentno djelovanje različitih koncentracija eteričnih ulja citronele, timijana, klinčića, limunske trave i kadulje na ličinke velikog brašnara prikazane su grafovima 1 do 5.

4.1. Citronela

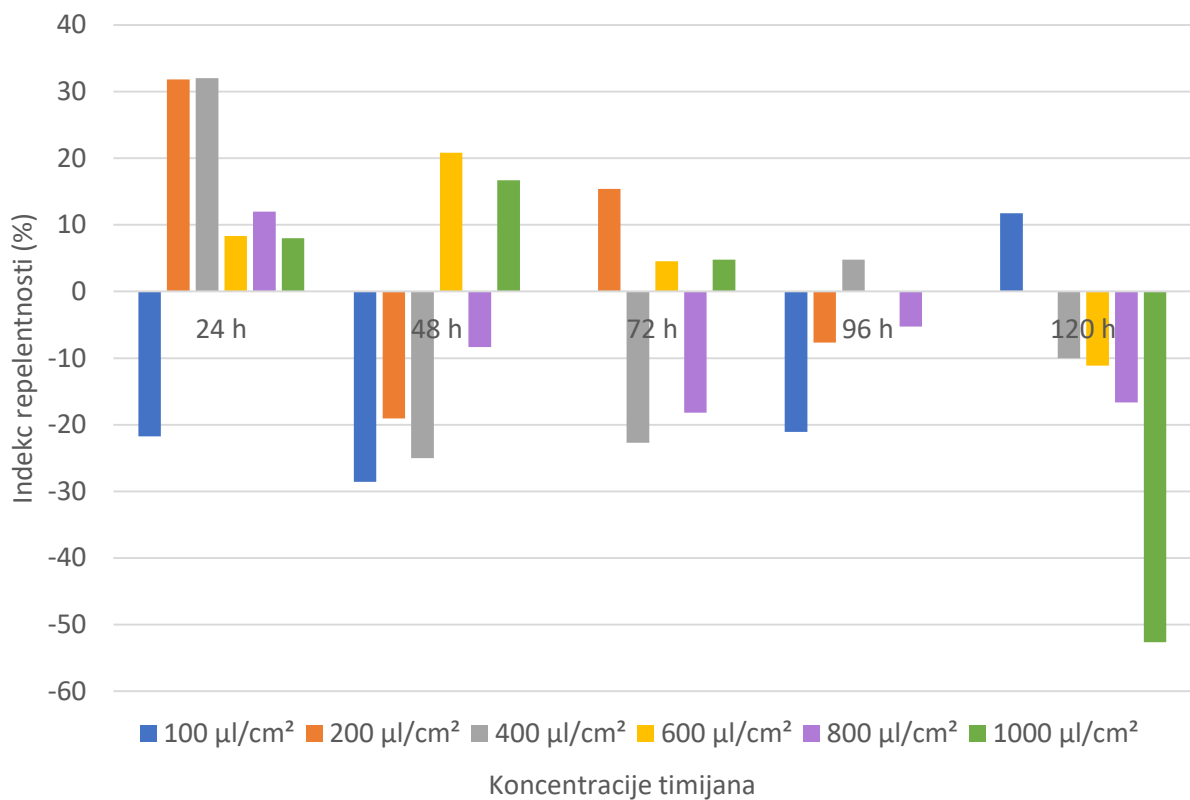
Djelovanje eteričnog ulja citronele na ličinke velikog brašnara razlikovalo se ovisno o primijenjenoj koncentraciji i o vremenu proteklom od postavljanja pokusa (graf 1). Slabije repelentno djelovanje (indeks repelentnosti (IR) do 16 %) tijekom svih pet dana pokusa zabilježeno je primjenom koncentracije od 400 $\mu\text{l}/\text{cm}^2$, a zadnja tri dana pokusa repelentni učinak (IR do 20 %) postignut je i s koncentracijom od 800 $\mu\text{l}/\text{cm}^2$. Citronela u koncentraciji od 600 $\mu\text{l}/\text{cm}^2$ u početku je djelovala repelentno, no zadnja tri dana pokusa pokazala se atraktivnom (IR do -47 %) za ličinke velikog brašnara. Citronela je također atraktivno djelovala primijenjena u najnižoj koncentraciji (i to tijekom svih pet dana pokusa), slično kao i u koncentracijama od 600 $\mu\text{l}/\text{cm}^2$ i od 1000 $\mu\text{l}/\text{cm}^2$, kada je zabilježen indeks repelentnosti od -47 % do -59 %.



Graf 1. Repelentno djelovanje citronele na ličinke velikog brašnara

4.2. Timijan

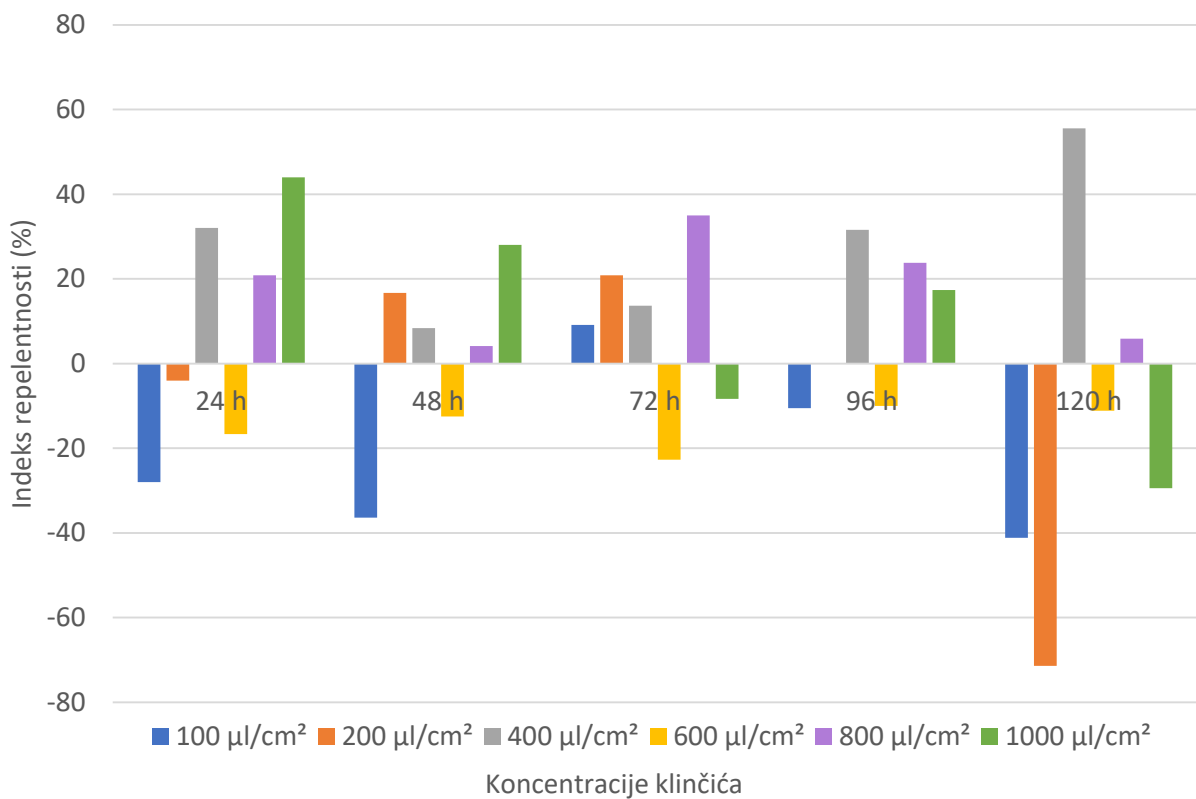
Najviše repelentno djelovanje (IR 32 %) na ličinke velikog brašnara postignuto je primjenom eteričnog ulja timijana u koncentracijama od 200 $\mu\text{l}/\text{cm}^2$ i 400 $\mu\text{l}/\text{cm}^2$ 24 sata od postavljanja pokusa (graf 2). U svim drugim koncentracijama timijan je pokazao uglavnom atraktivno djelovanje, a ono je bilo najizraženije (IR -53 %) primjenom najviše koncentracije timijana peti dan od postavljanja pokusa.



Graf 2. Repelentno djelovanje timijana na ličinke velikog brašnara

4.3. Klinčić

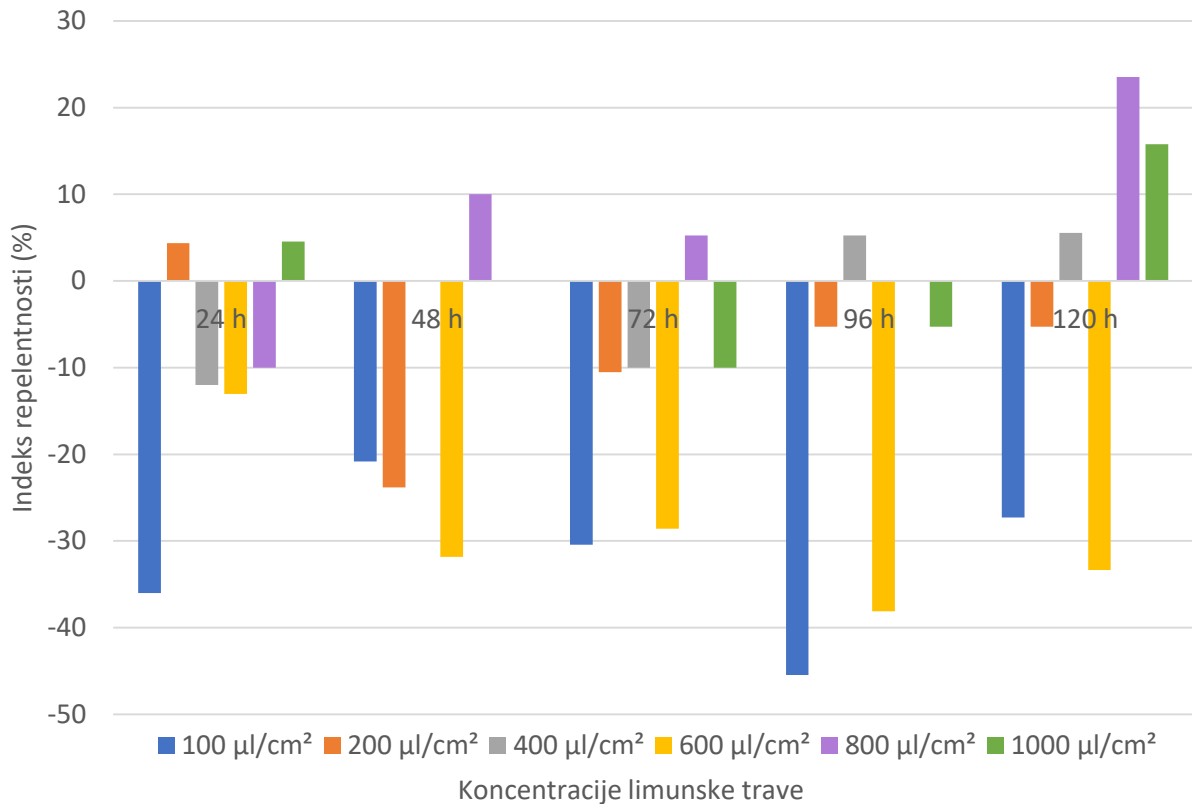
Repelentno djelovanje eteričnog ulja klinčića na ličinke velikog brašnara zabilježeno je uglavnom pri koncentracijama od 400 $\mu\text{l}/\text{cm}^2$ i 800 $\mu\text{l}/\text{cm}^2$ i to tijekom cijelog trajanja pokusa (graf 3). Slično djelovanje postignuto je na početku i s nekim drugim koncentracijama (200 $\mu\text{l}/\text{cm}^2$ i 1000 $\mu\text{l}/\text{cm}^2$) no do kraja istraživanja u tim koncentracijama eterično ulje klinčića djelovalo je atraktivno (IR do -71 %). Atraktivno djelovanje (IR od -23 % do -41 %) pokazala je i primjena klinčića u koncentracijama od 100 $\mu\text{l}/\text{cm}^2$ i 600 $\mu\text{l}/\text{cm}^2$, uglavnom tijekom svih pet dana pokusa.



Graf 3. Repelentno djelovanje klinčića na ličinke velikog brašnara

4.4. Limunska trava

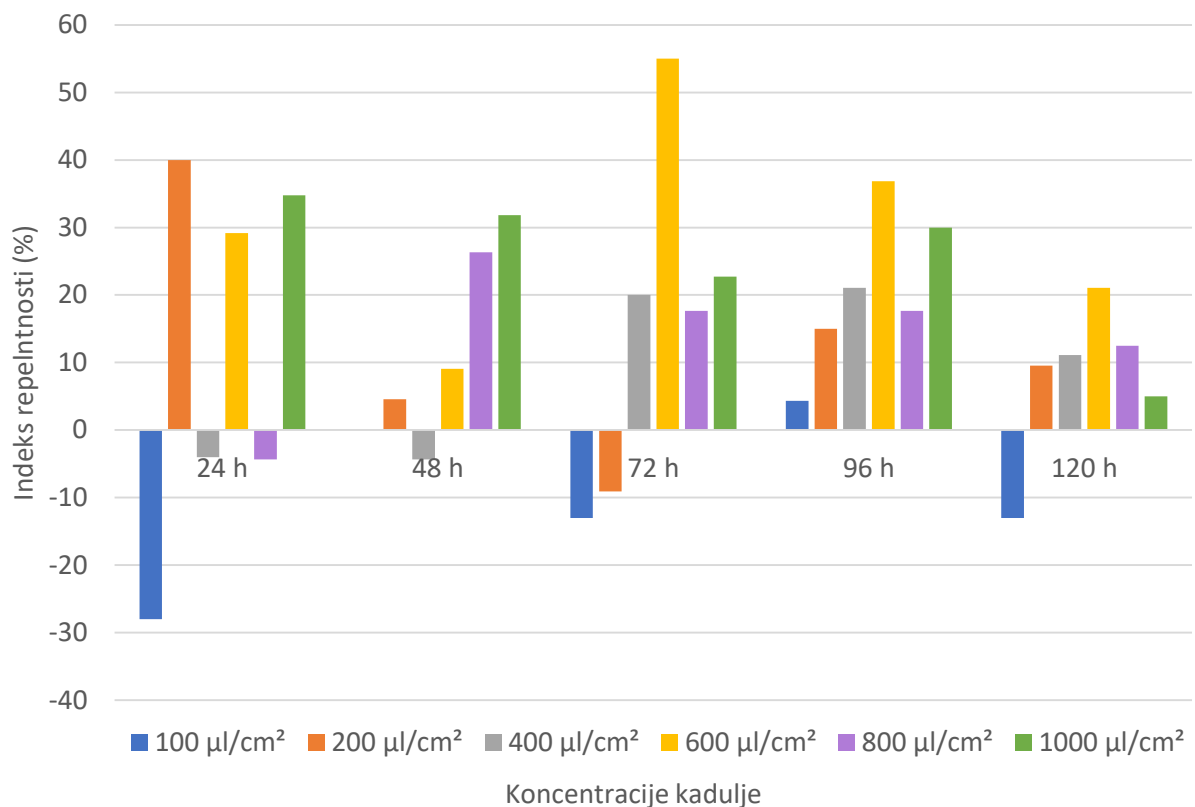
Tijekom cijelog istraživanja eterično ulje limunske trave djelovalo je uglavnom atraktivno na ličinke velikog brašnara (graf 4), i to u koncentracijama do 600 $\mu\text{l}/\text{cm}^2$. Indeks repelentnosti u tim je slučajevima iznosio do -45 %. Repelentno djelovanje (IR do 24 %) zabilježeno je tek zadnji (peti) dan pokusa i to pri primjeni limunske trave u koncentracijama od 800 $\mu\text{l}/\text{cm}^2$ i 1000 $\mu\text{l}/\text{cm}^2$.



Graf 4. Repelentno djelovanje limunske trave na ličinke velikog brašnara

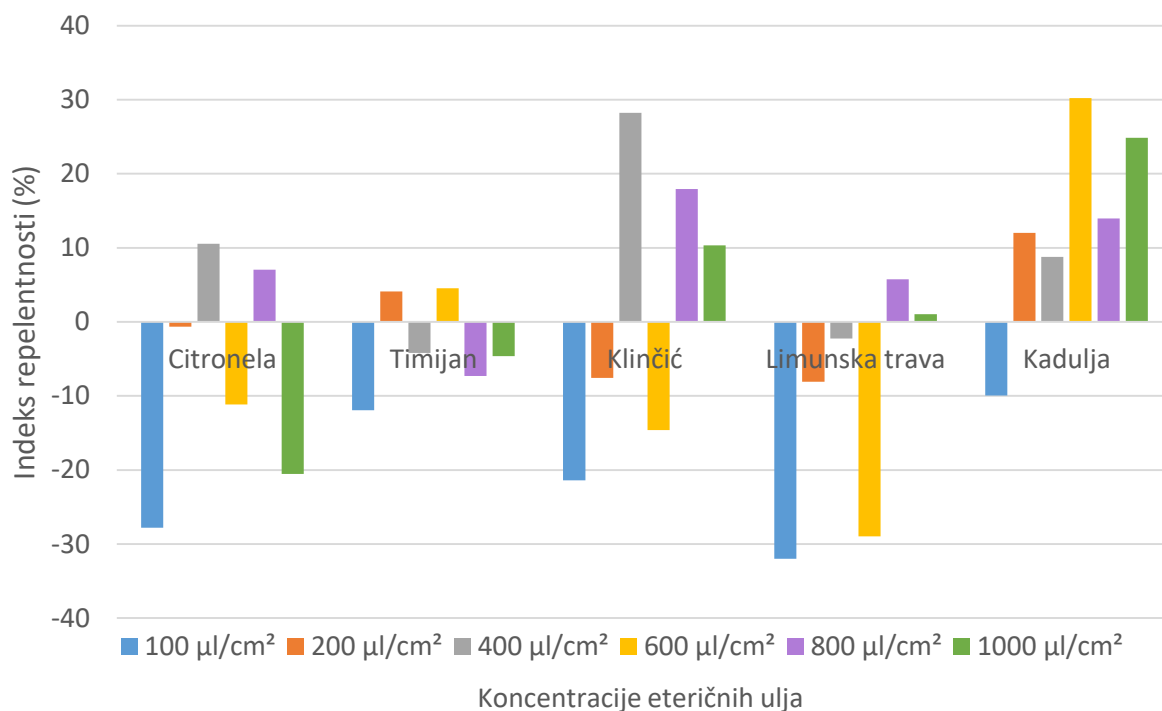
4.5. Kadulja

Suprotno djelovanju limunske trave, eterično ulje kadulje pokazalo je repelentno djelovanje na ličinke velikog brašnara (graf 5). To se odnosi uglavnom na sve testirane koncentracije, a iznimke su neke niže koncentracije koje su u pojedinim slučajevima pokazale atraktivno djelovanje (IR do -28 %). Najviši repelentni učinak (IR 55 %) postignut je treći dan pokusa primjenom eteričnog ulja kadulje u koncentraciji od 600 $\mu\text{l}/\text{cm}^2$.



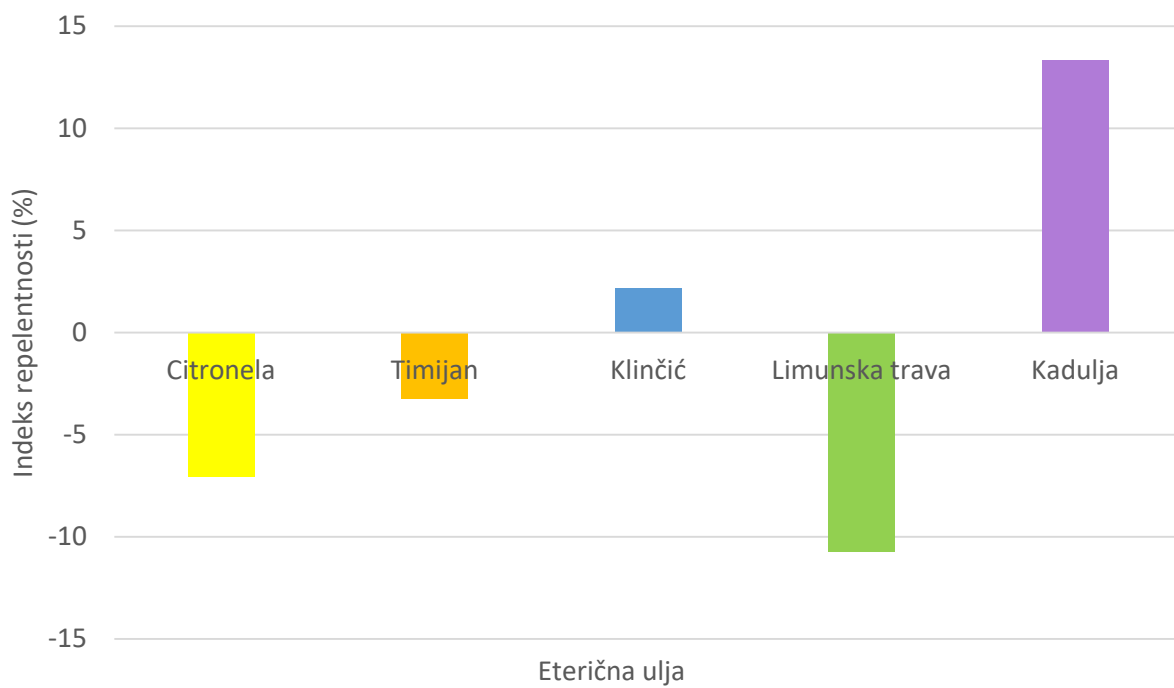
Graf 5. Repelentno djelovanje kadulje na ličinke velikog brašnara

U grafovima 6 i 7 prikazane su prosječne vrijednosti repelentnog djelovanja istraživanih eteričnih ulja na ličinke velikog brašnara, zabilježene tijekom pet dana pokusa. Iz grafa 6 vidljivo je da su različita ulja djelovala različito (repelentno ili atraktivno) ovisno o primijenjenoj koncentraciji. Jedino je kod eteričnog ulja kadulje vidljivo homogenije djelovanje različitih koncentracija, gdje su sve koncentracije (osim najniže) pokazale repelentno djelovanje.



Graf 6. Prosječno repelentno djelovanje različitih koncentracija eteričnih ulja na ličinke velikog brašnara tijekom pet dana pokusa

Upravo zbog različitog djelovanja različitih koncentracija eteričnih ulja na grafu 7 prikazano je prosječno ukupno repelentno djelovanje svakog eteričnog ulja na ličinke velikog brašnara, zabilježeno tijekom pet dana pokusa. Za svako ulje prikazane su dakle prosječne vrijednosti svih koncentracija tijekom svih pet dana pokusa. Rezultati prosječnih vrijednosti pokazuju da je u cijelom pokusu eterično ulje kadulje pokazalo najviši repelentni učinak, iza čega slijedi eterično ulje klinčića. Ostala tri istraživana eterična ulja nisu postigla repelentni učinak nego su se pokazala atraktivnima za ličinke velikog brašnara, pri čemu je najprivlačnija bila limunska trava, iza koje slijede citronela i timijan.



Graf 7. Prosječno ukupno repelentno djelovanje eteričnih ulja na ličinke velikog brašnara tijekom pet dana pokusa

5. Rasprava

Veliki brašnar, *Tenebrio molitor* L. (Coleoptera: Tenebrionidae), štetnik je uskladištenih proizvoda poput žitarica, brašna, škroba, tjestenine pa čak i hrane za mačke i pse i slično (Punzo i Mutchmor, 1980). Štetnik svojom prisutnošću u uskladištenom žitu i mekinjama može kontaminirati hranu fragmentima tijela, fekalijama i neizravno saprofitskim mikroorganizmima uzrokujući gubitak kvalitete hrane (Barnes i Siva-Jothy, 2000; Loudon, 1988; Nathan i sur., 2004; Schroeckenstein i sur., 1990). Veliki brašnar uzrokuje gubitke do 15 % proizvodnje žitarica i brašna u cijelom svijetu (Dunkel, 1992; Flinn i sur., 2003; Neethirajan i sur., 2007).

Veliki brašnar suzbija se prvenstveno kemijskim insekticidima, ali ova mjera zaštite ima ograničenja u suzbijanju štetnika uskladištenih proizvoda (Shaaya i sur., 1997) zbog rezidualne toksičnosti i pojave otpornosti štetnika (Isman, 2006), posebno u zemljama s ekstenzivnom proizvodnjom žitarica za izvoz i domaću potrošnju (Arthur, 1996; Shaaya i sur., 1997). Kemijsko suzbijanje velikog brašnara može se postići tretiranjem metil bromidom i fosfinom; međutim, fumiganti ne mogu uništiti jaja skladišnih štetnika, a tu je također i problem u primjeni insekticida, odnosno u ostatcima insekticida, utjecaju na okoliš i toksičnosti za ljude i životinje (Arthur, 1996; Shaaya i sur., 1997). Ekonomski, društveni i ekološki problemi uzrokovali su postupnu promjenu smanjenja kemijskih mjera suzbijanja štetnika u uskladištenim proizvodima (Zettler i Arthur, 2000ć). Selektivniji i biorazgradiviji proizvodi, uključujući "zelene pesticide", mogu smanjiti upotrebu sintetičkih kemikalija u skladištima (Isman, 2000; Martínez i sur., 2015).

Biljna eterična ulja imaju povoljna ekotoksikološka svojstva (niska toksičnost za ljude, daljnja razgradnja i manji utjecaj na okoliš), što ih čini prikladnima za suzbijanje štetnika u integriranoj zaštiti, ali i u organskom uzgoju (Chermenskaya i sur., 2010; Zanuncio i sur., 2016). Ta su ulja sekundarni metaboliti biljaka i uključuju alkaloidne, amide, kalcione, flavone, kavapirone, lignane, neolignane ili fenole koji su važni u interakcijama između kukaca i biljaka (Isman, 2000; Martínez i sur., 2015; Parmar, 1997). U tom smislu, eterična ulja predstavljaju alternativu u suzbijanju štetnika kao repelenti, odvrćaju kukce od polaganja jaja i od hranjenja, mogu djelovati kao regulatori rasta i biti toksičnosti za kukce, uz nisko onečišćenje i brzu razgradnju u okolišu (Chermenskaya i sur., 2010; Zanuncio i sur., 2016). U novije vrijeme različita istraživanja usredotočena su na mogućnost korištenja biljnih eteričnih ulja u suzbijanju štetnih kukaca na uskladištenim poljoprivrednim proizvodima (Jemâa i sur., 2012; Stefanazzi i sur., 2011; Zapata i Smagghe, 2010).

U ovom istraživanju korištena su eterična ulja citronele, timijana, klinčića, limunske trave i kadulje kako bi se u laboratorijskim uvjetima utvrdilo imaju li repelentno djelovanje na ličinke velikog brašnara. Rezultati istraživanja pokazali su da eterična ulja kadulje i klinčića pokazuju određeno repelentno djelovanje, dok su ostala ulja imala suprotan učinak. Slična istraživanja proveli su i Bumbulytė i sur. (2023) u kojemu su promatrali repelentni učinak

različitih ulja (timijan, eukaliptus, metvica, lavandin, limunska trava i klinčić) na ličinke velikog brašnara. Najučinkovitiji repelent za ličinke brašnara bilo je eterično ulje metvice, umjereno djelovanje pokazao je klinčić, a najmanje repelentno djelovanje pokazala su eterična ulja limunske trave, timijana, lavandina i eukaliptusa. Slično njihovim rezultatima, i u našem pokusu klinčić je pokazao niže repelentno djelovanje, dok se eterična ulja timijana i limunske trave nisu pokazala kao dobri repelenti za ličinke velikog brašnara niti u našem pokusu.

Repelentno djelovanje istih, ali i različitih drugih eteričnih ulja na velikog brašnara utvrdili su i brojni drugi znanstvenici. Cosimi i sur. (2009) utvrdili su da eterično ulje lovora ima repelentni učinak na ličinke velikog brašnara. Slično tomu, eterično ulje češnjaka repelent je i za ličinke i za odrasle velike brašnare (Plata-Rueda i sur., 2017). Eterična ulja cimeta i klinčića (i neke njihove glavne komponente) djeluju repelentno na odrasle jedinke brašnara, a uzrokovala su i mortalitet ličinki, kukuljica i odraslih brašnara (Martínez i sur., 2018). Eterično ulje origana pokazuje visoku kontaktnu toksičnost na ličinke brašnara, a osim toksičnog učinka utvrđeno je i da izloženost ovom eteričnom ulju utječe na reakciju ponašanja i uzrokuje odbojnost kod ličinki i odraslih jedinki, što ukazuje na potencijalno snažnu alternativu sintetskim insekticidima (Plata-Rueda i sur., 2021.). Martynov i sur. (2019) ocjenjivali su učinak 18 eteričnih ulja i 18 suhih biljaka na migratornu aktivnost žitnog žiška i velikog brašnara u laboratorijskim uvjetima. Značajnu repelentnu aktivnost protiv žiška pokazala su eterična ulja naranče i obične smreke. Repelentno djelovanje protiv brašnara iskazali su osušeni i izrezani listovi origana i eukaliptusa, te eterična ulja iz obične borovice, smreke, crvenog sandalovca, naranče i limete. Dakle, od 18 proučavanih eteričnih ulja, samo dva uzorka imala su značajan biološki učinak na migracijsku aktivnost žiška i pet uzoraka na brašnara. U našem istraživanju svih pet ulja pokazalo je određeni učinak na migracijsku aktivnost ličinki brašnara, ali samo su dva ulja pokazala repelentno djelovanje.

Iako su laboratorijski biotestovi tek prvi korak prema korištenju eteričnih ulja u praksi, te stvari predstavljaju moguću alternativu kemijskim insekticidima u nekim tržišnim nišama. Prema našim rezultatima, eterična ulja kadulje i klinčića pokazuju potencijal u odbijanju ličinki velikog brašnara, a repelentni učinak je važan jer rezultira smanjenom potrebom za suzbijanjem i samim time smanjenom upotrebom insekticida. S druge strane, i atraktivno djelovanje eteričnih ulja moglo bi se iskoristiti u privlačenju skladišnih štetnika, odnosno u „odvlačenju“ dalje od skladišnih proizvoda. Moguće bi bile možda i kombinacije eteričnih ulja, u kojima jedna komponenta štetnika odbija, a druga istovremeno privlači, slično kao u metodi „privuci i ubij“ („push and pull“ strategija). Mogućnosti korištenja eteričnih ulja ili njihovih glavnih sastojaka kao ekološki sigurnih prirodnih repelenta protiv štetnika uskladištenih proizvoda su obećavajuće. No potrebna su svakako daljnja istraživanja i s drugim eteričnim uljima u različitim koncentracijama, na različitim razvojnim stadijima štetnika, istraživanja samog mehanizma djelovanja ulja i njihovih glavnih komponenti, kao i provedba istraživanja u skladišnim uvjetima da bi se utvrdilo koja se ulja ili njihove komponente mogu uključiti u program integriranog suzbijanja velikog brašnara i drugih skladišnih štetnika.

6. Zaključci

- Djelovanje eteričnih ulja citronele, timijana, klinčića, limunske trave i kadulje na ličinke velikog brašnara razlikovalo se ovisno o primijenjenoj koncentraciji i o vremenu proteklom od postavljanja pokusa.
- Najjače repelentno djelovanje u cijelom istraživanju postignuto je primjenom eteričnog ulja kadulje, a nešto niže repelentno djelovanje pokazalo je i eterično ulje klinčića.
- Najjače atraktivno djelovalo je eterično ulje limunske trave, a sličan učinak postignut je i s eteričnim uljima citronele i timijana (odnosno navedena ulja nisu pokazala nikakav repelentni učinak na ličinke velikog brašnara).
- Eterična ulja kadulje i klinčića pokazuju potencijal u odbijanju ličinki velikog brašnara, a repelentni učinak je važan jer rezultira smanjenom potrebom za suzbijanjem i samim time smanjenom upotrebom insekticida. Istraživanja repelentnog djelovanja svakako bi trebalo provesti i s drugim eteričnim uljima te ispitati na drugim razvojnim stadijima štetnika i u skladišnim uvjetima kako bi se utvrdila mogućnost njihove uporabe u zaštiti uskladištenih proizvoda od štetnika.

7. Popis literature

1. Animal Diversity Web. University of Michigan, Museum of Zoology. Dostupno na: <https://animaldiversity.org/accounts/Mammalia/> Pristupljeno: 02.09.2023.
2. Aromara (2023a). CITRONELA, eterično ulje. Dostupno na: <https://www.aromara.hr/shop/citronela-etericno-ulje-10-ml-10404#attr=> Pristupljeno: 07.09.2023.
3. Aromara (2023b) KADULJA, eterično ulje. Dostupno na: <https://www.aromara.hr/shop/kadulja-etericno-ulje-10-ml-10378?search=kadulja#attr=> Pristupljeno: 08.09.2023.
4. Aromara (2023c). KLINČIĆ, eterično ulje. Dostupno na: <https://www.aromara.hr/shop/klincic-etericno-ulje-10-ml-10371#attr=> Pristupljeno: 07.09.2023.
5. Aromara (2023d). LIMUNSKA TRAVA, eterično ulje. Dostupno na: <https://www.aromara.hr/shop/limunska-trava-10-ml-10367#attr=> Pristupljeno: 08.09.2023.
6. Aromara (2023e). TIMIJAN, timijan, eterično ulje. Dostupno na: <https://www.aromara.hr/shop/timijan-timol-etericno-ulje-10-ml-10327#attr=> Pristupljeno: 07.09.2023.
7. Arthur, F. H. (1996). Grain protectants: current status and prospects for the future. *Journal of Stored Products Research*, 32(4), 293 – 302.
8. Athanassiou, C., G., Phillips, T., W., Wakil, W. (2018). Biology and Control of the Khapra Beetle, *Trogoderma granarium*, a Major Quarantine Threat to Global Food Security. *Annual Review of Entomology*, 64(1), 8.1 – 8.18.
9. Barnes, A. I., Siva-Jothy, M. T. (2000). Density-dependent prophylaxis in the mealworm beetle *Tenebrio molitor* L. (Coleoptera: Tenebrionidae): cuticular melanization is an indicator of investment in immunity. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 267(1439), 177 – 182.
10. Bažok, R., Ivić, D., Cvjetković, B., Barić, K., Ostojić, Z. (2020). *Glasilo biljne zaštite*, 20(1-2), 85.
11. Beljan, A. (2022). Upotreba insekata u hranidbi životinja. Sveučilište u Zagrebu, Veterinarski fakultet.
12. Bumbulytė, G., Būdienė, J., Būda, V. (2023). Essential Oils and Their Components Control Behaviour of Yellow Mealworm (*Tenebrio molitor*) Larvae. *Insects*, 14(7), 636.
13. Catani, L., Grassi, E., Coccozza di Montanara, A., Guidi, L., Sandulli, R., Manachini, B., Semprucci, F. (2022). Essential oils and their applications in agriculture and agricultural products: A literature analysis through VOSviewer. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 45.
14. Chermenskaya, T. D., Stepanycheva, E. A., Shchenikova, A. V., Chakaeva, A. S. (2010). Insectoacaricidal and deterrent activities of extracts of Kyrgyzstan plants against three agricultural pests. *Industrial Crops and Products*, 32(2), 157 – 163.

15. Cosimi, S., Rossi, E., Cioni, P. L., Canale, A. (2009). Bioactivity and qualitative analysis of some essential oils from Mediterranean plants against stored-product pests: Evaluation of repellency against *Sitophilus zeamais* Motschulsky, *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens) and *Tenebrio molitor* (L.). *Journal of Stored Products Research*, 45, 125 – 132.
16. Dunkel, F. V. (1992). The stored grain ecosystem: a global perspective. *Journal of Stored Products Research*, 28(2), 73 – 87.
17. Europska komisija (2019). Komunikacija komisije europskom parlamentu, europskom vijeću, vijeću, europskom gospodarskom i socijalnom odboru i odboru regija. Bruxelles. Dostupno na: [https://mingor.gov.hr/UserDocsImages/Istaknute%20teme/Zeleni%20plan/Europski%20Zeleni%20plan%20HR%20\(pdf\).pdf](https://mingor.gov.hr/UserDocsImages/Istaknute%20teme/Zeleni%20plan/Europski%20Zeleni%20plan%20HR%20(pdf).pdf) Pristupljeno: 30.08.2023.
18. Ezzat Abd El-Hack, M., Alagawany, M., Ragab Farag, M., Tiwari, R., Karthik, K., Dhama, K., Adel, M. (2016). Beneficial impacts of thymol essential oil on health and production of animals, fish and poultry: a review. *Journal of Essential Oil Research*, 28(5), 365 – 382.
19. Fauna europaea (2023). All european animal species online. Museum für naturkunde, Berlin. Dostupno na: <https://fauna-eu.org/> Pristupljeno: 31.08.2023.
20. Feedipedia, Animal feed resources information system. Mealworm (*Tenebrio molitor*). Dostupno na: <https://www.feedipedia.org/node/16401> Pristupljeno: 02.09.2023.
21. FIS baza (2023). Fitosanitarni Informacijski Sustav, Ministarstvo poljoprivrede. Dostupno na: <https://fis.mps.hr/fis/javna-trazilica-szb/> Pristupljeno: 30.08.2023.
22. Flinn, P. W., Hagstrum, D. W., Reed, C., Phillips, T. W. (2003). United States Department of Agriculture–Agricultural Research Service stored-grain areawide Integrated Pest Management program. *Pest Management Science: formerly Pesticide Science*, 59(6-7), 614 – 618.
23. Garrucho, N., T., Ribeiro M. (2017). *Tenebrio molitor* for food or feed Rearing conditions and the effect of pesticides on its performance. *Politecnico de coimbra escola superior agraria*.
24. Isman, M. B. (2000). Plant essential oils for pest and disease management. *Crop protection*, 19(8-10), 603 – 608.
25. Isman, M. B. (2006). Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. *Annual Review of Entomology*, 51, 45 – 66.
26. Jantolek, L. (2021). Djelovanje naturalita , botaničkih i fizikalnih insekticida na žitnog žiška, *Sitophilus granarius* (Linnaeus, 1758). Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet.
27. Jemâa, J. M. B., Tersim, N., Toudert, K. T., Khouja, M. L. (2012). Insecticidal activities of essential oils from leaves of *Laurus nobilis* L. from Tunisia, Algeria and Morocco, and comparative chemical composition. *Journal of Stored Products Research*, 48, 97 – 104.
28. Josipović, A. (2019). Učinkovitost biljnih ekstrakata u suzbijanju malog brašnara (*Tribolium confusum* L.). Sveučilište u Zagrebu, Agronomski Fakultet.
29. Kanižai, Šarić, G., Milaković, Z., Kovačević, M., Krstanović, V., Dorotić, D. (2014). Eterična ulja – inhibitori rasta gljiva i sinteze mikotoksina. *Glasnik Zaštite bilja*, 37(4), 52 – 57.
30. Khalil, A., A., Rahman, U. ur, Khan, M., R., Sahar, A., Mehmood, T., Khan, M. (2017). Essential oil eugenol: sources, extraction techniques and nutraceutical perspectives. *RSC Advances*, 7(52), 32669 – 32681.

31. Korunić, Z. (1990). Štetnici uskladištenih poljoprivrednih proizvoda; biologija, ekologija i suzbijanje. *Gospodarski List – Novinsko izdavačko poduzeće*.
32. Kowalczyk, A., Przychodna, M., Sopata, S., Bodalska, A., Fecka, I. (2020). Thymol and Thyme Essential Oil—New Insights into Selected Therapeutic Applications. *Molecules*, 25(18), 4125.
33. Lemić, D., Šimunović, K., Pajač, Živković, I. (2021). Štetnost dviju vrsta žižaka (*Sitophilus granarius* L. i *Sitophilus zeamais* Motsch.) na različitim hibridima kukuruza. *Journal of Central European Agriculture*, 22(1), 178 – 187.
34. Loudon, C. (1988). Development of *Tenebrio molitor* in low oxygen levels. *Journal of insect physiology*, 34(2), 97 – 103.
35. Maceljiski, M. (2002). Poljoprivredna entomologija. Čakovec: Zrinski d.o.o.
36. Malešević, S., Grdiša, M., Carović – Stanko, K. (2015). Uporaba eteričnih ulja u zaštiti uskladištenog sjemena. *Agronomski Glasnik: Glasilo Hrvatskog agronomskog društva*, 77(1-2), 41 – 60.
37. Martínez, L. C., Plata-Rueda, A., Zanuncio, J. C., Serrao, J. E. (2015). Bioactivity of six plant extracts on adults of *Demotispa neivai* (Coleoptera: Chrysomelidae). *Journal of insect science*, 15(1), 34.
38. Martínez, L. C., Plata-Rueda, A., Colares, H. C., Campos, J. M., Dos Santos, M. H., Fernandes, F. L., Serrão, J. E., Zanuncio, J. C. (2018). Toxic effects of two essential oils and their constituents on the mealworm beetle, *Tenebrio molitor*. *Bulletin of entomological research*, 108(6), 716 – 725.
39. Martynov, V. O., Hladkyi, O. Y., Kolombar, T. M., Brygadyrenko, V. V. (2019). Impact of essential oil from plants on migratory activity of *Sitophilus granarius* and *Tenebrio molitor*. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 10(4), 359 – 371.
40. Mukarram, M., Choudhary, S., Khan, M., A., Poltronieri, P., Khan, M., M., A., Ali, J., Kurjak, D., Shahid, M. (2021). Lemongrass Essential Oil Components with Antimicrobial and Anticancer Activities. *Antioxidants*, 11, 20.
41. Nathan, S. S., Chung, P. G., Murugan, K. (2004). Effect of botanical insecticides and bacterial toxins on the gut enzyme of the rice leaffolder *Cnaphalocrocis medinalis*. *Phytoparasitica*, 32, 433.
42. National Center for Biotechnology Information (2023). PubChem Compound Summary for CID 7794, Citronellal. Dostupno na: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Citronellal>. Pristupljeno: 06.09.2023.
43. Neethirajan, S., Karunakaran, C., Jayas, D. S., White, N. D. G. (2007). Detection techniques for stored-product insects in grain. *Food control*, 18(2), 157 – 162.
44. Npic - National pesticide information center (2013). Oil of Citronella. Dostupno na: <http://npic.orst.edu/factsheets/citronellagen.html> Pristupljeno: 06.09.2023.
45. Parmar, V. S., Jain, S. C., Bisht, K. S., Jain, R., Taneja, P., Jha, A., Boll, P. M. (1997). Phytochemistry of the genus Piper. *Phytochemistry*, 46(4), 597 – 673.
46. Phillips, T., W., Thoms, E., M., DeMark, J., Walse, S. (2012). Fumigation. III. Dio; Management: Monitoring – Based Methods, XIV. Poglavlje – Fumigacija.
47. Plata-Rueda, A., Martínez, L. C., Dos Santos, M. H., Fernandes, F. L., Wilcken, L., Soares, M., Serrão, J. E., Zanuncio, J. C. (2017). Insecticidal activity of garlic essential oil and their

- constituents against the mealworm beetle, *Tenebrio molitor* Linnaeus (Coleoptera: Tenebrionidae). *Scientific Reports*, 7, 46406.
48. Plata-Rueda, A., Zanuncio, J. C., Serrão, J. E., Martínez, L. C. (2021). *Origanum vulgare* Essential Oil against *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae): Composition, Insecticidal Activity, and Behavioral Response. *Plants (Basel, Switzerland)*, 10(11), 2513.
 49. Punzo, F., Mutchmor, J. A. (1980). Effects of temperature, relative humidity and period of exposure on the survival capacity of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae). *Journal of the Kansas Entomological Society*, 53, 260 – 270.
 50. Rotim, N., Ostojić, I. (2014). Najvažniji štetnici uskladištenih poljoprivrednih proizvoda na području Bosne i Hercegovine. *Glasnik zaštite bilja* 37(6), 40 – 45.
 51. Rozman, V. (2010). Prepoznavanje insekata u skladištima prema nastalim štetama. Trajna edukacija za izvoditelje obvezatnih mjera dezinfekcije, dezinsekcije i deratizacije i osobe u nadzoru – Cjelovito (integralno) suzbijanje štetnika hrane, uskladištenih poljoprivrednih proizvoda, predmeta opće uporabe te muzejskih štetnika – Zbornik predavanja, Zagreb. Korunić d.o.o., Zagreb, Hrvatska, 63 – 88.
 52. Sadgrove, N., Jones, G. (2015). A Contemporary Introduction to Essential Oils: Chemistry, Bioactivity and Prospects for Australian Agriculture. *Agriculture*, 5(1), 48–102.
 53. Scheepens, P., Hoevers, R., Arulappan, F., X., Pesch, G. (1995). Storage of agriculture products. *Agrodok – series No. 31*.
 54. Schroeckenstein, D. C., Meier-Davis, S., Bush, R. K. (1990). Occupational sensitivity to *Tenebrio molitor* Linnaeus (yellow mealworm). *Journal of allergy and clinical immunology*, 86(2), 182 – 188.
 55. Shaaya, E., Kostjukovski, M., Eilberg, J. E., Sukprakarn, C. (1997). Plant oils as fumigants and contact insecticides for the control of stored-product insects. *Journal of Stored Products Research*, 33(1), 7 – 15.
 56. Stefanazzi, N., Stadler, T., Ferrero, A. (2011). Composition and toxic, repellent and feeding deterrent activity of essential oils against the stored-grain pests *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae) and *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae). *Pest management science*, 67(6), 639 – 646.
 57. Veselovac, D. (2019). Učinkovitost entomopatogenih nematoda (*Steinernema feltiae*) u suzbijanju kestenjastog brašnara (*Tribolium castaneum*). Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek.
 58. Wang, X., Hao, Q., Chen, Y., Jiang, S., Yang, Q., Li, Q. (2015). The Effect of Chemical Composition and Bioactivity of Several Essential Oils on *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae). *Journal of Insect Science*, 15(1), 116.
 59. Zanellato, M., Masciarelli, E., Casorri, L., Boccia, P., Sturchio, E., Pezzella, M., Caporali, F. (2009). The essential oils in agriculture as an alternative strategy to herbicides: a case study. *International Journal of Environment and Health*, 3(2), 198.
 60. Zanuncio, J. C., Mourão, S. A., Martínez, L. C., Wilcken, C. F., Ramalho, F. S., Plata-Rueda, A., Serrão, J. E. (2016). Toxic effects of the neem oil (*Azadirachta indica*) formulation on the stink bug predator, *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae). *Scientific reports*, 6(1), 30261.

61. Zapata, N., Smagghe, G. (2010). Repellency and toxicity of essential oils from the leaves and bark of *Laurelia sempervirens* and *Drimys winteri* against *Tribolium castaneum*. *Industrial Crops and products*, 32(3), 405 – 410.
62. Zettler, J. L., Arthur, F. H. (2000). Chemical control of stored product insects with fumigants and residual treatments. *Crop Protection*, 19(8-10), 577 – 582.

7.1. Popis slika

- Slika 1. Žitni žižak (*Sitophilus granarius* L.) <https://danas.hr/zivot/zivotinjski-kutak/sto-je-zitni-zizak-i-kako-ga-prepoznati-f35c57d6-b9f2-11ec-a82b-0242ac12002a> Pristupljeno: 01.09.2023. 4
- Slika 2. Rižin žižak (*Sitophilus oryzae* L.) <https://pest.htgetrid.com/hr/nasekomye/dolgonosiki/risovyi-dolgonosik/> Pristupljeno: 01.09.2023. 4
- Slika 3. Žitni moljac (*Sitotroga cerealella* Olivier) <https://www.adlibitum.hr/sitotroga-cerealella-zitni-moljac/> Pristupljeno: 01.09.2023. 5
- Slika 4. Kukuruzni žižak <https://www.agroklub.ba/ratarstvo/pazite-na-kukuruznog-ziska-prije-i-tokom-berbe-ali-i-u-skladistu/54090/> Pristupljeno: 02.09.2023. 6
- Slika 5. Kestenjasti brašnjak (*Tribolium castaneum* Herbst) <https://repozitorij.fazos.hr/islandora/object/pfos%3A1485/datastream/PDF/view> Pristupljeno: 02.09.2023. 7
- Slika 6. Mali brašnjak (*Tribolium confusum* Jacquelin du Val) <http://zpio.unios.hr/wp-content/uploads/radovi/dokt.disert/slavica.mustac.pdf> Pristupljeno: 02.09.2023. 8
- Slika 7. Morfologija ličinke velikog brašnjara <https://mealwormcare.org/anatomy/> Pristupljeno: 02.09.2023. 9
- Slika 8. Imago velikog brašnjara <https://insecta.pro/taxonomy/840115> Pristupljeno: 03.09.2023. 10
- Slika 9. Ličinke velikog brašnjara u brašnu <https://www.alamy.com/stock-photo-yellow-mealworm-beetle-tenebrio-molitor-larvae-mealworms-in-wheat-23078379.html> Pristupljeno: 03.09.2023. 11
- Slika 10. Ličinke četvrtog stadija korištene u pokusu; Dodano: 05.09.2023. 14
- Slika 11. Eterična ulja korištena u istraživanju (citronela lijevo, klinčić sredina i timijan desno), ; Dodano: 06.09.2023. 15
- Slika 12. Eterično ulje citronele <https://www.aromara.hr/shop/citronela-etericno-ulje-10-ml-10404#attr=> Pristupljeno: 07.09.2023. 16
- Slika 13. Eterično ulje timijana <https://www.aromara.hr/shop/timijan-timol-etericno-ulje-10-ml-10327#attr=> Pristupljeno: 07.09.2023. 17

Slika 14. Eterično ulje klinčića https://www.aromara.hr/shop/klincic-etericno-ulje-10-ml-10371#attr= Pristupljeno: 07.09.2023.	18
Slika 15. Eterično ulje limunske trave https://www.aromara.hr/shop/limunska-trava-10-ml-10367#attr= Pristupljeno: 07.09.2023.	19
Slika 16. Eterično ulje kadulje https://www.aromara.hr/shop/kadulja-etericno-ulje-10-ml-10378?search=kadulja#attr= Pristupljeno: 07.09.2023.	20
Slika 17. Tretiranje Petrijevih zdjelica; Dodano 10.09.2023.	21
Slika 18. Postavljen pokus za prva tri ulja (citronelal, timijan i klinčić); Dodano: 10.09.2023.	22
Slika 19. Očitavanje repelentnosti brašnara; Dodano: 11.09.2023.	23

7.2. Popis tablica

Tablica 1. Koncentracija klinčića u pojedinim dijelovima biljnih vrsta	18
--	----

7.3. Popis grafova

Graf 1. Repelentno djelovanje citronele na ličinke velikog brašnara	24
Graf 2. Repelentno djelovanje timijana na ličinke velikog brašnara	25
Graf 3. Repelentno djelovanje klinčića na ličinke velikog brašnara	26
Graf 4. Repelentno djelovanje limunske trave na ličinke velikog brašnara	27
Graf 5. Repelentno djelovanje kadulje na ličinke velikog brašnara	28
Graf 6. Prosječno repelentno djelovanje različitih koncentracija eteričnih ulja na ličinke velikog brašnara tijekom pet dana pokusa	29
Graf 7. Prosječno ukupno repelentno djelovanje eteričnih ulja na ličinke velikog brašnara tijekom pet dana pokusa	30

Životopis

Mateo Kovač rođen je 19. listopada 1999. godine u Čakovcu. Osnovnoškolsko obrazovanje završava u Domašincu, dok je srednjoškolsko obrazovanje završio u Gospodarskoj školi u Čakovcu. U srednjoj školi je dva puta sudjelovao u projektu mobilnosti Erasmus+ na kojem je obavljao stručnu praksu u trajanju od 14 dana, u Portugalu (2015. g.) i u Poljskoj (2017.g.). Godine 2018. upisuje prijediplomski studij „Zaštite bilja“ na Sveučilištu u Zagrebu Agronomskom Fakultetu. Godine 2021. završava prijediplomski studij te upisuje diplomski studij „Fitomedicine“ na istoimenom Fakultetu. Aktivan je u izvannastavnim aktivnostima Entomološka grupa i Čudesni svijet korova, te je dvije akademske godine (2020./21. i 2021./22.) bio student tutor. U akademskoj godini 2022./23. osvaja Rektorovu nagradu u „D“ kategoriji (Nagrada za znanstveni i umjetnički rad većih razmjera) sa temom rada „Alelopatski utjecaj invazivnih drvenastih vrsta *Reynoutria japonica* Houtt. i *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle na klijanje i početni rast korovnih vrsta *Ambrosia artemisiifolia* L. i *Echinochloa crus-galli* L. (P. Beauv.) pod mentorstvom dr. sc. Valentine Šoštarčić.