

# Kvaliteta plodova različitih voćnih vrsta kao medij za razvoj mediteranske voćne muhe *Ceratitis capitata* wiedemann (diptera, tephritidae) u laboratorijskim uvjetima

---

Rogulj, Dora

Master's thesis / Diplomski rad

2022

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Split, Faculty of Chemistry and Technology / Sveučilište u Splitu, Kemijsko-tehnološki fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:167:730914>

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

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

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the Faculty of chemistry and technology - University of Split](#)



**SVEUČILIŠTE U SPLITU**  
**KEMIJSKO-TEHNOLOŠKI FAKULTET**  
**STUDIJ PREHRAMBENE TEHNOLOGIJE**

**KVALITETA PLODOVA RAZLIČITIH VOĆNIH VRSTA KAO MEDIJ ZA RAZVOJ  
MEDITERANSKE VOĆNE MUHE *CERATITIS CAPITATA* WIEDEMANN  
(DIPTERA, TEPHRITIDAE) U LABORATORIJSKIM UVJETIMA**

**DIPLOMSKI RAD**

**DORA ROGULJ**

**Matični broj: 48**

**Split, prosinac 2022.**



**SVEUČILIŠTE U SPLITU**  
**KEMIJSKO-TEHNOLOŠKI FAKULTET**  
**STUDIJ PREHRAMBENE TEHNOLOGIJE**

**KVALITETA PLODOVA RAZLIČITIH VOĆNIH VRSTA KAO MEDIJ ZA RAZVOJ  
MEDITERANSKE VOĆNE MUHE *CERATITIS CAPITATA* WIEDEMANN  
(DIPTERA, TEPHRITIDAE) U LABORATORIJSKIM UVJETIMA**

**DIPLOMSKI RAD**

**DORA ROGULJ**

**Matični broj: 48**

**Split, prosinac 2022.**

**UNIVERSITY OF SPLIT**  
**FACULTY OF CHEMISTRY AND TECHNOLOGY**  
**GRADUATE STUDY OF FOOD TECHNOLOGY**

**THE QUALITY OF FRUITS OF DIFFERENT FRUIT SPECIES AS A MEDIUM FOR  
THE DEVELOPMENT OF THE MEDITERRANEAN FRUIT FLY *CERATITIS*  
*CAPITATA* WIEDEMANN (DIPTERA, TEPHRITIDAE) UNDER LABORATORY  
CONDITIONS**

**DIPLOMA THESIS**

**DORA ROGULJ**

**Parent number: 48**

**Split, December 2022.**

**TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA  
DIPLOMSKI RAD**

**Sveučilište u Splitu**  
**Kemijsko-tehnološki fakultet**  
**Diplomski studij prehrambene tehnologije**

**Znanstveno područje:** Biotehničke znanosti  
**Znanstveno polje:** Prehrambena tehnologija  
**Tema rada** je prihvaćena na 25. sjednici Fakultetskog vijeća Kemijsko-tehnološkog fakulteta

**Mentor:** Doc. dr. sc. Mario Bjeliš

**KVALITETA PLODOVA RAZLIČITIH VOĆNIH VRSTA KAO MEDIJ ZA RAZVOJ  
MEDITERANSKE VOĆNE MUHE *CERATITIS CAPITATA* WIEDEMANN (DIPTERA,  
TEPHRITIDAE) U LABORATORIJSKIM UVJETIMA**

**Dora Rogulj, 48**

**Sažetak:** Mediteranska voćna muha *Ceratitis capitata* Wied. (Diptera, Tephritidae) je štetnik koji se razvija u plodovima velikog broja voćnih vrsta. Cilj istraživanja koja su provedena u laboratorijskim uvjetima bio je utvrditi eventualne razlike u pogodnosti plodova odabranih voćnih vrsta na razvoj ličinki *C. capitata*. Plodnim ženkama *C. capitata* je dana mogućnost da u trajanju od 2 dana polažu jaja u plodove istraživanih domaćina u pojedinačnim kavezima. Istraživanja su pokazala da postoje razlike u elementima razvoja kod tri istraživana domaćina: grejp – *Citrus paradisi* Macfad., mango – *Mangifera indica* L. i jabuka – *Malus domestica* L. Prosječne vrijednosti trajanja razvoja ličinki u danima su najkraće u plodovima manga gdje prosječna dužina razvoja traje 15,35-21,1 dan, kod jabuke 31,7-36,1 a kod grejpa 30,6-41,3 dana. Najveći broj ličinki razvio se iz plodova manga (45-51 ličinki), zatim slijede plodovi jabuke (16-19 ličinki), a najmanji broj ličinki se razvio iz plodova grejpa (3-4 ličinke). Najveću težinu su imale kukuljice proizašle iz ličinki koje su se razvile iz plodova manga (8,7 g), a značajno manju iz plodova grejpa (5,5 g) i jabuke (4,8 g). Iz navedenog istraživanja možemo zaključiti da su plodovi manga najkvalitetniji medij za razvoj ličinki *C. capitata*.

**Ključne riječi:** *Ceratitis capitata*, *Citrus paradisi*, *Mangifera indica*, *Malus domestica*, ličinke

**Rad sadrži:** 26 stranica, 9 slika, 1 tablicu, 5 grafikona, 68 literaturnih referenci

**Jezik izvornika:** hrvatski

**Sastav Povjerenstva za obranu:**

- |                                 |             |
|---------------------------------|-------------|
| 1. Prof. dr. sc. Tea Bilušić    | predsjednik |
| 2. Doc. dr. sc. Danijela Skroza | član        |
| 3. Doc. dr. sc. Mario Bjeliš    | član-mentor |

**Datum obrane:** 07.12.2022.

**Rad je u tiskanom i elektroničkom (pdf format) obliku pohranjen u Knjižnici Kemijsko-tehnološkog fakulteta Split, Ruđera Boškovića 35.**

**BASIC DOCUMENTATION CARD  
DIPLOMA THESIS**

**University of Split**  
**Faculty of Chemistry and Tehnology Split**  
**Graduate study Food technology**

**Scientificarea:** Biotechnical Sciences

**Scientificfield:** Food Technology

**Thesis subject** was approved by the Council of the Faculty of Chemistry and Technology, session no. 25

**Supervisor:** PhD, Mario Bjeliš, assistant prof.

**THE QUALITY OF FRUITS OF DIFFERENT FRUIT SPECIES AS A MEDIUM FOR THE  
DEVELOPMENT OF THE MEDITERRANEAN FRUIT FLY *CERATITIS CAPITATA* WIEDEMANN  
(DIPTERA, TEPHRITIDAE) UNDER LABORATORY CONDITIONS**

**Dora Rogulj, 48**

**Abstract:** Mediterranean fruit fly *Ceratitis capitata* Wied. (Diptera, Tephritidae) is a pest that develops in the fruits of a large number of fruit species. Studies conducted under laboratory conditions were aimed at determining possible differences in the suitability of fruits of selected fruit species for *C. capitata* larval development. Fertile females of *C. capitata* were given the opportunity to lay eggs in individual cages for 2 days in the fruits of the hosts studied. The results showed that there are differences in the elements of development in the three hosts studied: grapefruit - *Citrus paradisi* Macfad., mango - *Mangifera indica* L. and apple - *Malus domestica* L. The average values of the duration of larval development in days are the shortest in mango fruits, where the average duration of development is 15.35-21.1 days, for apples 31.7-36.1 and for grapefruit 30.6-41.3 days. Most larvae developed from mango fruits (45-51 larvae), followed by apple fruits (16-19 larvae) and the fewest number of larvae developed from grapefruit fruits (3-4 larvae). Pupae from larvae developing from mango fruits (8.7 g) had the greatest weight, and significantly less weight from grapefruit (5.5 g) and apple (4.8 g). From the above studies, we can conclude that mango fruits are the best medium for the development of *C. capitata* larvae.

**Key words:** *Ceratitis capitata*, *Citrus paradisi*, *Mangifera indica*, *Malus domestica*, larvae

**Thesis contains:** 26 pages, 9 figures, 1 table, 5 graphs, 68 references

**Original in:** Croatian

**Defence committee:**

- |  |              |
|--|--------------|
| 1. PhD, Tea Bilušić, full prof.          | chair person |
| 2. PhD, Danijela Skroza, assistant prof. | member       |
| 3. PhD, Mario Bjeliš, assistant prof.    | supervisor   |

**Defence date:** 07.12.2022.

**Printed and electronic (pdf format) version of thesis is deposited in** Library of the Faculty of Chemistry and Technology Split, Ruđera Boškovića 35

*Diplomski rad izrađen je u Zavodu za prehrambenu tehnologiju i biotehnologiju, Kemijsko-tehnološkog fakulteta u Splitu i dijelom u laboratoriju Sveučilišnog odjela za studije mora Sveučilišta u Splitu pod mentorstvom doc. dr. sc. Maria Bjeliša, u razdoblju od siječnja 2022. do listopada 2022. godine*



## ZAHVALA

*Zahvaljujem mentoru doc. dr. sc. Mariu Bjelišu na predloženoj temi diplomskog rada kao i na pomoći prilikom izrade samoga rada.*

## ZADATAK

Zadatak ovog diplomskog rada je istražiti utjecaj plodova različitih voćnih vrsta kao medija za razvoj ličinki mediteranske voćne muhe *Ceratitis capitata* Wied. (Diptera, Tephritidae), te ocijeniti pogodnost plodova kao domaćina: grejpa (*Citrus paradisi* Macfad.), manga (*Mangifera indica* L.) i jabuke (*Malus domestica* L.). Istraživanje je obuhvatilo parametre: i) dužine trajanja razvoja ličinki ii) broj razvijenih ličinki i iii) težinu dobivenih kukuljica. Navedeni parametri mogu značajno ocijeniti pogodnosti i kvalitetu plodova istraživanih vrsta i definirati najpogodniju voćnu vrstu za uzgoj.

## SAŽETAK

Mediteranska voćna muha *Ceratitis capitata* Wied. (Diptera, Tephritidae) je štetnik koji se razvija u plodovima velikog broja voćnih vrsta. Cilj istraživanja koja su provedena u laboratorijskim uvjetima bio je utvrditi eventualne razlike u pogodnosti plodova odabranih voćnih vrsta na razvoj ličinki *C. capitata*. Plodnim ženka *C. capitata* je dana mogućnost da u trajanju od 2 dana polažu jaja u plodove istraživanih domaćina u pojedinačnim kavezima. Istraživanja su pokazala da postoje razlike u elementima razvoja kod tri istraživana domaćina: grejp – *Citrus paradisi* Macfad., mango – *Mangifera indica* L. i jabuka – *Malus domestica* L. Prosječne vrijednosti trajanja razvoja ličinki u danima su najkraće u plodovima manga gdje prosječna dužina razvoja traje 15,35-21,1 dan, kod jabuke 31,7-36,1 a kod grejpa 30,6-41,3 dana. Najveći broj ličinki razvio se iz plodova manga (45-51 ličinki), zatim slijede plodovi jabuke (16-19 ličinki) a najmanji broj ličinki se razvio iz plodova grejpa (3-4 ličinke). Najveću težinu su imale kukuljice proizašle iz ličinki koje su se razvile iz plodova manga (8,7 g), a značajno manju iz plodova grejpa (5,5 g) i jabuke (4,8 g). Iz navedenog istraživanja možemo zaključiti da su plodovi manga najkvalitetniji medij za razvoj ličinki *C. capitata*.

## ABSTRACT

Mediterranean fruit fly *Ceratitis capitata* Wied. (Diptera, Tephritidae) is a pest that develops in the fruits of a large number of fruit species. Studies conducted under laboratory conditions were aimed at determining possible differences in the suitability of fruits of selected fruit species for *C. capitata* larval development. Fertile females of *C. capitata* were given the opportunity to lay eggs in individual cages for 2 days in the fruits of the hosts studied. The results showed that there are differences in the elements of development in the three hosts studied: grapefruit - *Citrus paradisi* Macfad., mango - *Mangifera indica* L. and apple - *Malus domestica* L. The average values of the duration of larval development in days are the shortest in mango fruits, where the average duration of development is 15.35-21.1 days, for apples 31.7-36.1 and for grapefruit 30.6-41.3 days. Most larvae developed from mango fruits (45-51 larvae), followed by apple fruits (16-19 larvae) and the fewest number of larvae developed from grapefruit fruits (3-4 larvae). Pupae from larvae developing from mango fruits (8.7 g) had the greatest weight, and significantly less weight from grapefruit (5.5 g) and apple (4.8 g). From the above studies, we can conclude that mango fruits are the best medium for the development of *C. capitata* larvae.

## SADRŽAJ

UVOD.....	1
1. OPĆI DIO.....	2
1.1. Mediteranska voćna muha - sistematika i rasprostranjenost.....	2
1.2. Opis vrste i morfologija.....	3
1.3. Biologija i invazivni karakter.....	5
1.4. Biljke domaćini u Hrvatskoj.....	7
1.5. Ekologija.....	8
1.6. Mogućnosti suzbijanja mediteranske voćne muhe.....	10
2. MATERIJALI I METODE.....	11
2.1. Materijal.....	11
2.2. Porijeklo i priprema prirodnih populacija.....	11
2.3. Metodologija.....	11
3. REZULTATI I RASPRAVA.....	15
4. ZAKLJUČCI.....	20
5. LITERATURA.....	21

## UVOD

Mediteranska voćna muha (*Ceratitis capitata*, Wiedemann 1824) je invazivna polifagna vrsta. Ovaj štetnik napada više od 360 biljaka iz 69 različitih biljnih obitelji, posebno voćnih vrsta [1]. Najčešće biljne vrste domaćini u našem podneblju su razne sorte breskvi i kasnije sorte smokava, ali najviše štete zabilježene su u nasadima agruma. Uslijed šteta urod agruma može se smanjiti od 30% do 100%, ovisno o klimatskim uvjetima za određenu godinu uzgoja [2]. Ova vrsta štetnika ima visok biološki potencijal i prilagodljivost za razliku od ostalih vinskih mušica te dobro podnosi hladniju klimu [3] zbog čega je rasprostranjena na različitim geografskim područjima. Smatra se da je pronađena na teretnom brodu u Indijskom oceanu [4], a podrijetlom je iz toplih južnoafričkih krajeva. Ova invazivna vrsta stvara probleme u mnogim zemljama svijeta, a velikim dijelom se širi djelovanjem čovjeka, točnije trgovinom.

Klimatske promjene uzrokuju poremećaje ukupnog agroekosustava što također utječe na životni ciklus poljoprivrednih štetnika [5]. Promjena temperature utječe na širenje i dinamiku populacije, reprodukciju te samo preživljavanje ove vrste [5]. Različiti biljni domaćini, klimatski uvjeti i genetički čimbenici pojedinih populacija su uvjeti od ključne važnosti za samu strukturu populacije. Invazivne vrste uzrokuju posljedice na mnoge grane gospodarstva, posebno na poljoprivredu. Mediteranska voćna muha smatra se jednim od ekonomski najznačajnijih štetnika na svijetu zbog čega se za njeno suzbijanje svake godine utroše značajna financijska sredstva [6]. Troškovi na području SAD-a procjenjuju se na 40 milijardi američkih dolara godišnje [7], dok na području Europe šteta iznosi preko 12 milijardi eura godišnje [8]. Mediteranska voćna muha karantenski je štetnik te uzrokuje probleme pri izvozu voća. Gubitci koje je ovaj štetnik izazvao na području istočnog Mediterana procjenjuju se na preko 190 milijuna američkih dolara [9]. Situacija u Hrvatskoj je slična, najveće štete vidljive su na priobalnom području južne i srednje Dalmacije. Značaj ovog štetnika u uzgoju agruma na području rijeke Neretve rezultirao je provođenjem programa suzbijanja primjenom tehnike sterilnih kukaca – SIT tehnike a za provedbu programa Ministarstvo poljoprivrede na godišnjoj razini utroši više od 20 milijuna kuna [10].

# 1. OPĆI DIO

## 1.1. Mediteranska voćna muha - sistematika i rasprostranjenost

Mediteransku voćnu muhu – *Ceratitis capitata* prvi je put opisao Wiedemann 1824. godine na uzorku jedinke mužjaka. Uzorak se danas čuva u Zoološkom muzeju u Kopenhagenu, u Danskoj [4]. Mediteranska voćna muha pripada porodici voćnih muha (Tephritidae). Porodica voćnih muha (Tephritidae) porodica je kukaca s najvećim brojem uspješnih invazija uz posredovanje ljudskog faktora. Porodica broji preko 5000 vrsta, a četiri roda ove porodice imaju značajnu invazivnost: *Ceratitis*, *Bactrocera*, *Anastrepha* i *Rhagoletis*. Poznato je preko 5000 vrsta porodice Tephritidae koje se razvijaju u plodovima biljnih vrsta od kojih se 1500 razvija u plodovima voćnih vrsta. Pripada rodu *Ceratitis* u koji možemo svrstati još 87 vrsta [11]. Sistematika vrste može se prikazati ovako:

Carstvo: Animalia

Koljeno: Arthropoda

Potkoljeno: Hexapoda

Razred: Insecta

Red: Diptera

Nadporodica: Tephritoidea

Porodica: Tephritidae

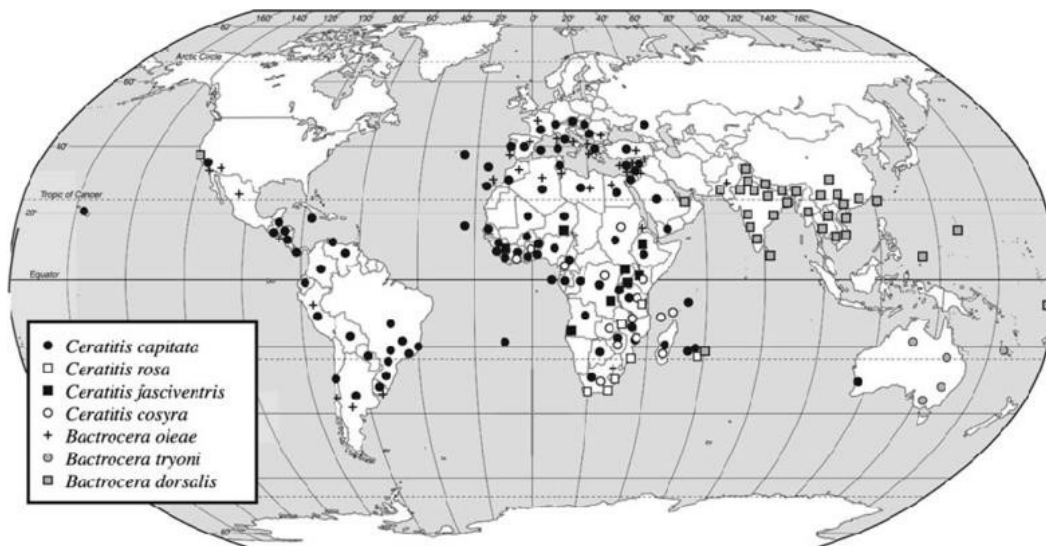
Podporodica: Dacinae (Tropske voćne muhe)

Rod: *Ceratitis*

Vrsta: *Ceratitis capitata* (Wiedemann, 1824.)

Mediteranska voćna muha, *C. capitata*, je kukac koji se zbog svoje različitosti u ponašanju, često koristi u evolucijskim i genetičkim istraživanjima. Njezin genetički profil ukazuje da je

porijeklom s područja Kenije odakle se proširila na područje Pirinejskog poluotoka, a kasnije i Mediterana [12]. Raširena je na područjima umjerene, suptropske te tropske klime. Svjetska trgovina i turizam znatno su utjecali na širenje velikog broja vrsti na različitim geografskim lokacijama. Trenutno, mediteranska voćna muha prisutna je na pet kontinenata u 122 zemlje svijeta (Slika 1).



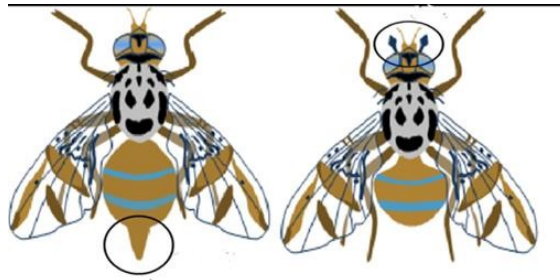
Slika 1. Geografska rasprostranjenost mediteranske voćne muhe [13].

U Europi mediteranska voćna muha prvi je put zabilježena 1842., u Španjolskoj, te 1863. u Italiji [12]. U Hrvatskoj je prvi put zabilježena 1947. u okolini Splita [14]. Zabilježene su štete 1958. godine u nasadima breskve u okolini Splita, Opuzena, Dubrovnika i Rijeke [15].

## 1.2. Opis vrste i morfologija

Odrasle jedinke mediteranske voćne muhe su veličine 3 do 5 mm, a ženke su veće od mužjaka. Prošarane su crnim i svijetlim šarama dok su krila obojana narančastom i crnom bojom (Slika 2). Crna obojenja na krilima kod mužjaka su izraženija. Trup je smeđe boje prošaran svijetlim prugama. Noge su žute boje s prisutnim crveno-smeđim dlakama. Dlake kod ženki su teže uočljivije [4]. Glavna razlika mužjaka i ženke je u cefalnim izraslinama prisutnim na glavi mužjaka te leglici koja se jasno uočava kod ženki [16].





Slika 2. Prikaz ženke (lijevo) i mužjaka (desno) mediteranske voćne muhe [17].

Kukuljica je bačvastog oblika – „*pupa coarctata*“, crveno-smeđe boje, veličine do 4 mm (Slika 3).



Slika 3. Kukuljica mediteranske voćne muhe [18].

Ličinke su blijedo žute, pokretne i cilindričnog oblika (Slika 4). Na glavi se uočava suženje i tamnije obojenje [19]. Razlikujemo tri stadija ličinke, prvi veličine 1 mm i treći 8 mm [16]. Jaja mediteranske voćne muhe su blago zakrivljena na krajevima, bijele boje, veličine do 1 mm (Slika 5).



Slika 4. Ličinka mediteranske voćne muhe [17].



Slika 5. Jaja mediteranske voćne muhe [20].

### 1.3. Biologija i invazivni karakter

Životni ciklus mediteranske voćne muhe sastoji se od jaja, ličinke, kukuljice i odrasle jedinke. Ciklus započinje kada ženka zareže plod leglicom i odloži 4-10 jaja na jedno mjesto, a poznato je da dnevno može odložiti i do 20 jaja [21]. Dominantna vrsta u kojoj mediteranska voćna muha prezimljava na obalnom području južne i srednje Dalmacije je plod mandarine – *Citrus reticulata* B. Odrasle jedinke javljaju se već u travnju dok izlazak prezimljujuće generacije traje tijekom travnja i dijela svibnja. Nakon izlaska ličinki iz jaja, one se hrane sadržajem ploda i putuju prema unutarnjim dijelovima ploda jer su tu plodovi najzreliji. Mnoge od njih ugibaju unutar poluzrelog ploda zbog visokog sadržaja tanina [22]. Prve

značajnije zaraze javljaju se na plodovima marelice – *Prunus armeniaca* L., zatim kod breskve i nektarine – *Prunus persicae* L. u razdoblju od sredine lipnja do kraja kolovoza. Sljedeći pogodni domaćin je plod smokve – *Ficus carica* L. koji dozrijeva početkom kolovoza i tijekom cijelog rujna. Najbrojnija, četvrta generacija odraslih jedinki javlja se sredinom rujna do kraja studenog na plodovima mandarine – *C. reticulata* B. i naranče – *Citrus sinensis* L. Osim mandarine, u ovom periodu mogu biti zaraženi i plodovi jabuke – *Malus domesticae* L., kruške – *Pyrus communis* L. te klementine – *Citrus aurantium* × *C. reticulata*. U samom plodu mandarine prisutan je velik dio populacije od kojih će veliki dio prezimiti kao ličinka u plodu. Porastom temperature, ličinke napuštaju plod te se zakukulje u tlu. Temperatura utječe na trajanje životnog ciklusa jedinke. Tijekom zime životni ciklus može trajati preko 100 dana, dok je tijekom ljeta period skraćen na 30 dana [16]. Optimalne temperature za razvoj kukuljice su 22 °C – 30 °C [21]. Razvoj kukuljice ljeti traje 12-14 dana, a zimi i do 50 dana [23]. Na području Hrvatske zabilježeno je da je pri temperaturi ispod 13 °C razvoj usporen, a ispod 10 °C prestaje, dok pri temperaturama od oko 26 °C ciklus traje 20 dana. Ovisno o klimatskim uvjetima, poznato je da muha ima 1 – 16 generacija, dok se na jadranskom području razvija 4 – 5 generacija godišnje [14]. Razvoj nove generacije uočavamo na prezimjelom voću, najčešće plodovima kumkvata – *Fortunella kumquat* koji su ostali neobrani na stablu.

Razvojem međunarodne trgovine štetni organizmi dolaze na nova područja. Smatra se da se 10% stranih vrsta prilagodi i udomaći, a od tog broja 10% postane invazivno [24]. Invazivna vrsta je svaki onaj organizam koji svojim naseljavanjem i širenjem ugrožava ljudsko zdravlje, bioraznolikost te uzrokuje gospodarsku štetu [25]. Danas je zabilježeno preko 1400 poljoprivrednih invazivnih organizama u svijetu. Kina i Sjedinjene Američke Države su vodeće poljoprivredne sile, ali i najveći bazen invazivnih organizama te trpe najveće štete [26]. Mediteranska voćna muha posjeduje visoku fenotipsku plastičnost i visok reproduktivni potencijal. Više od 90% jedinki može preletjeti udaljenost od 500 do 900 m [27]. Geografska rasprostranjenost poikilotermnih organizmima koji nemaju stalnu tjelesnu temperaturu poput muhe uvjetovana je temperaturom. Globalni rast temperature uzrokuje širenje organizama na ona područja gdje prije nisu bili prisutni. Mediteranska voćna muha jedna je od najznačajnijih vrsta iz porodice voćnih muha zbog brze prilagodbe i širenja na različita područja [28]. Porast temperature od 2 – 3 stupnja godišnje potaknut će širenje mediteranske voćne muhe u sjeverne dijelove Italije [27], a istraživanja u Hrvatskoj su potvrdila da se ovaj štetnik sa

priobalnog područja Splitsko-dalmatinske i Šibensko-kninske županije proširio u unutrašnjost [29].

#### 1.4. Biljke domaćini u Hrvatskoj

Mediteranska voćna muha prvi je put zabilježena 1958. godine u Opuzenu. Velik je štetnik na području Dubrovačko-neretvanske i Splitsko-dalmatinske županije, a njegova prisutnost uočena je i na području Istarske, Zadarske i Šibensko-kninske županije. Uzgoj agruma u mediteranskom području zauzima vrlo važno mjesto u poljoprivredi Republike Hrvatske zauzimajući površinu od 2200 hektara. Mediteranska voćna muha u dolini Neretve uzrokuje štetu na većem broju biljnih vrsta zbog njene sposobnosti za adaptaciju na razne uvjete. Zabilježena je u plodovima sljedećih biljnih vrsta:

- *Citrus reticulata* B.– mandarina
- *Citrus sinensis* L.– naranča
- *Citrus aurantium* L. – klementina
- *Citrus paradisi* M.– grejpfrut
- *Fortunella japonica* – kumkvat
- *Diospyros kaki* L.f.– kaki
- *Malus domestica* B.– jabuka
- *Ficus carica* L. – smokva
- *Prunus armeniaca* L. – marelica
- *Prunus domestica* L. – šljiva
- *Prunus persica* L. – breskva
- *Prunus salicina* Lindl.– japanska šljiva
- *Pyrus pyrifolia* Burm.f. – nashi
- *Pyrus communis* L.– kruška

Na popisu biljaka domaćina nalaze se i *Actinidia deliciosa* A. Chew. – kivi, *Eryobotria japonica* Thunb. – nešpula, *Citrus medica* L. – četrun, *Cydonia oblonga* Mill.– dunja, *Morus*

*alba* L.– dud, *Ziziphus jujuba* Mill.– žižula, *Punica granatum* L.– šipak, *Vitis vinifera* L.– vinova loza, ali u posljednjih 5 godina istraživanja nisu zabilježeni napadi štetnika mediteranske voćne muhe u ovim plodovima.

## 1.5. Ekologija

U prirodi oba spola mediteranske voćne muhe provode dosta vremena tražeći hranu i hrane se raznim izvorima ugljikohidrata i proteina kao izvora energije.

Sve je više dokaza da izloženost određenim biljkama i mirisima koje emitiraju biljke (vegetativni dijelovi i plodovi) mogu značajno utjecati na uspjeh u kopulaciji mužjaka mediteranske voćne muhe. Mužjaci muha kojima je omogućen pristup rastvorenim plodovima naranče imali su značajno veći broj parenja nego mužjaci kojima nije omogućen pristup voću [30]. Otprilike dvostruko više privlačenja ženki prema mužjacima je zabilježeno kada su mužjaci hranjeni šećerno-proteinskom dijetom nego kada su hranjeni samo šećerom [31]. To istraživanje ukazuje da prehrana odraslih jedinki mediteranske voćne muhe ima važnu ulogu na sposobnost mužjaka muhe da nadomjesti trošak energije povezane s udvaranjem prije kopulacije i proizvodnjom feromona [32,33]

Shelly i Villalobos [32] su pokazali da mužjaci mediteranske voćne muhe koji su imali pristup određenim dijelovima grane obične guave (*Psidium guajava* L.), su imali više parenja od mužjaka kojima je uskraćen pristup tim mjestima. Razlog tome je velika količina spoja  $\alpha$ -kopaena koji se nalazi u listu guave. Taj spoj pojačava signalnu aktivnost mužjaka muhe, a time i njihov uspjeh u parenju. Poboljšano parenje zahtijeva i izravan kontakt s plodom. [32,33].

Tehnika sterilnih insekata (SIT), specifična i selektivna metoda kontrole vrste, integrirana je u mnoge programe za iskorjenjivanje, prevenciju i suzbijanje muhe. Uspjeh parenja sterilnih mužjaka uvelike ovisi o njihovoj sposobnosti da se natječu s prirodnim mužjacima za postizanje parenja s prirodnim ženkama [34]. Za uspjeh SIT tehnike u procesu masovnog uzgoja u laboratoriju neophodna je pravilna prehrana kako bi se razvili sterilni mužjaci standardne ili veće veličine od onih mužjaka u prirodi. Istraživanja su dokazala da je veličina tijela mužjaka značajan faktor za uspjeh kopulacije [35, 36]. Adekvatna prehrana u stadiju ličinke ključna je za pravilan razvoj i veličinu odraslih jedinki [37]. Zbog procesa

laboratorijskog masovnog uzgoja na umjetnoj prehrani, obično SIT programi proizvode nižu kvalitetu sterilnih mužjaka, što smanjuje njihovu kompetitivnost prilikom kopulacije u prirodnim uvjetima [34,38-40].

U prirodnim uvjetima, prisutan je način parenja u kojem mužjaci odabiru list na stablu domaćina kao teritorij za parenje, formiraju grupe od nekoliko mužjaka koji oslobađaju feromon za privlačenje i tako vrše spolnu signalizaciju spolno zrelim ženka [41-43]. Kada se ženka približi, mužjaci započinju s udvaranjem. Pretpostavka je da takve seksualne aktivnosti iziskuju velike energetske troškove i time skraćuju životni vijek mužjaka muhe [44]. Prehrambene potrebe odraslih jedinki mediteranske voćne muhe uključuju ugljikohidrate, proteine, minerale, vitamine B kompleksa i vodu koji su neophodni za dugovječnost i reprodukciju [45]. U prirodnim uvjetima prehrambene potrebe odgovaraju bogatom anorganskom i organskom kemijskom sastavu biljke [45]. Ishrana mediteranske voćne muhe je bitna aktivnost za preživljavanje i samim tim je intenzivno istraživana, posebno hranidbeno ponašanje u odnosu na kvalitetu hrane te njegov učinak na kondiciju i ponašanje pri parenju [45-47]. Mužjake mediteranske voćne muhe privlače razni hlapljivi spojevi koji potječu iz izvora biljki domaćina kao i drugih biljaka koje nisu domaćini ovog štetnika [48-52]. Hlapljive tvari lakše se oslobađaju iz oštećenog voća aktivirajući senzorni osjet njuha kod muha [53,54]. Dobiveni podaci sugeriraju kako prirodni izvori hrane za odrasle jedinke mediteranske voćne muhe imaju važan učinak za sposobnost mužjaka mediteranske voćne muhe da osiguraju i nadomjeste troškove energije povezane s ponašanjem pri parenju [46,47,55,56]. Sukladno tom, potrebno je naglasiti važnost razvoja jednostavnih, a pri tom jeftinih izvora energije porijeklom iz plodova raspoloživih biljnih vrsta čiji je cilj povećanje uspješnoga parenja sterilnih mužjaka mediteranske voćne muhe, a time i učinkovito suzbijanje.

Osim navedenoga, svakako treba istaknuti da je nutritivni sadržaj plodova važan za razvoj ličinki u plodovima domaćina, te da bi isti mogao značajno utjecati na dužinu trajanja razvoja i kvalitetu razvijenih ličinki. Tako je u nastavku dan prikaz energetske vrijednosti nekih voćnih vrsta koji su domaćini mediteranske voćne muhe (Tablica 1).

**Tablica 1:** Energetska vrijednost odabranih voćnih vrsta domaćina *C. capitata* (na 100 g) [57-61].

	mango	jabuka	grejp	mandarina	smokva
Kalorijski sadržaj	65 kcal	57 kcal	35 kcal	53 kcal	74 kcal
Proteini	0,5 g	0,4 g	0,7 g	0,8 g	0,7 g
Masti	0,7 g	0,4 g	0,2 g	0,3 g	0,3 g
Ugljikohidrati	15 g	9,8 g	6,5 g	13,3 g	19,2 g
Voda	82 g	86,3 g	88,8 g	85,17 g	79,11 g

### 1.6. Mogućnosti suzbijanja mediteranske voćne muhe

Mediteranska voćna muha u prošlosti se većinski suzbijala kemijskim putem. Na području Kalifornije muhu se pokušavalo suzbiti avio-aplikacijom insekticidnog pripravaka na bazi malationa 7-12 puta godišnje [62]. Konvencionalne metode koriste se i danas, ali u manjoj mjeri. Razlog tomu su veliki rizici od kontaminacije insekticidnim otopinama zbog preklapanja početka zrenja s početkom razvoja štetnika [63]. Prednost nad kemijskim metodama suzbijanja imaju biološke i biotehničke mjere suzbijanja. Zabilježeni su primjeri suzbijanja mediteranske muhe entomopatogenim gljivama [64] te pripravcima na bazi bakterije Berliner [65]. Međutim, ove tehnike nisu se pokazale dovoljno učinkovitima. Jedina metoda koja može parirati kemijskom suzbijanju trenutno je SIT metoda. SIT je ekološki prihvatljiva metoda suzbijanja štetnika u poljoprivredi. Temelji se na ispuštanju sterilnih mužjaka koji ometaju proces kopulacije divljih populacija štetnika [66]. Prednosti ove metode su što ne dolazi do oslobađanja egzotičnih jedinki koje bi mogle poremetiti eko sustav te ne dolazi do daljnjeg razmnožavanja jer su mužjaci sterilni. Provedba SIT-a u Hrvatskoj započela je 2010. godine na 650 ha nasada mandarine u dolini Neretve. Izraelska tvrtka BioFly bila je zadužena za proizvodnju sterilnih muha koje su svaka dva tjedna bile dostavljane u Hrvatsku, točnije u postrojenje blizu Opuzena. Iz postrojenja se ispuštalo 20 milijuna muha tjedno [67]. Za uspješnost ove metode potrebna su veća i izolirana geografska područja poput doline Neretve ili razni otoci poput Brača, Hvara i Visa [68].

## 2. MATERIJALI I METODE

Istraživanja su provedena u Zavodu za prehrambenu tehnologiju i biotehnologiju Kemijsko-tehnološkog fakulteta u Splitu i dijelom u laboratoriju Sveučilišnog odjela za studije mora Sveučilišta u Splitu u razdoblju od siječnja do ožujka 2022. godine.

### 2.1. Materijal

Za ocjenu kvalitete tj. pogodnosti plodova za razvoj mediteranske voćne muhe, korišteni su plodovi sljedećih biljki domaćina: grejp – *Citrus paradisi* Macfad., mango – *Mangifera indica* L. i jabuka – *Malus domestica* L. Plodovi navedenih voćnih vrsta su kupljeni na lokalnom tržištu, a odabrani su samo neoštećeni plodovi. Plodovi su oprani vodom, osušeni i pohranjeni na sobnoj temperaturi do početka eksperimenta.

### 2.2. Porijeklo i priprema prirodnih populacija

Populacija prirodnih jedinki mediteranske voćne muhe je sakupljena na području Zatona u Dubrovačko neretvanskoj županiji. U voćnjaku klementina, sakupljeni su otpali plodovi i preneseni u laboratorij na razvoj. Plodovi su postavljeni na žičanu mrežu pričvršćenu na PVC kutiju kako bi razvijene ličinke kada napuste plod pale na pijesak i zakukuljile se.

Kukuljice su prenesene u kavez za izlazak (ekloziju) i razvoj napravljen od pleksiglasa dimenzija 50×30×30 cm. Kavez je prekriven žičanom mrežom na vrhu s 10 cm promjera prozora od PVC mreže na dvije suprotne strane. Ova PVC mreža služi kako bi se lakše rukovalo muhamama u kavezu. U kavez je postavljena i zelena PVC ploha dimenzija 20×20 cm koja služi kao odmorište za odrasle jedinke nakon izlaska iz kukuljica. U kavez su dodane 4 vlažne pamučne blazinice (6 cm promjera, 4 mm debljine) kako bi se osigurao izvor vode za odrasle jedinke. U kavez je postavljena Petrijeva zdjelica sa hranom koja je mješavina hidroliziranog kvasca (ICN Biomedicals Inc., Irvine, SAD) i šećera u omjeru 1:4.

### 2.3. Metodologija

Odrasle jedinke mediteranske voćne muhe starosne dobi od preko 15 dana su korištene za zarazu plodova istraživanih voćnih vrsta. Starost od preko 15 dana osigurava oplođenost ženki mediteranske voćne muhe. U kavez od pleksiglasa dimenzija 25×25×30 cm, stavljeni su plodovi i to jedna vrsta u jedan kavez, sveukupno 3 kaveza sa po 2 ploda jedne vrste (Slika 6). U svaki kavez je preneseno 5 ženki kojima je omogućeno razdoblje od 48 sati da odlože jaja u



plod i ostvare zarazu plodova (Slike 7 i 8). Nakon 48 sati, plodovi su premješteni u nove identične kaveze i stavljeni na razvoj u sobne uvjete. Istraživanja su postavljena u dva roka zaraze plodova: 07.02. i 14.02.2022. godine. Izlazak ličinki koje su završile razvoj iz zaraženih plodova je bilježen jedan put dnevno, a ličinke su premještene u zasebne Petrijeve zdjelice s pijeskom za razvoj do kukuljice (Slika 9). Kukuljice su izvagane i izračunata je prosječna težina kao jedan od elemenata koji ukazuje na kvalitetu medija tj. pulpe pojedine istraživane voćne vrste za razvoj mediteranske voćne muhe.



Slika 6. Kavezi s plodovima istraživanih voćnih vrsta (Izvor: I. Tavra)



Slika 7. Polaganje jaja ženki *C. capitata* u plodove manga (lijevo) i grejpa (desno)  
(Izvor: I. Tavra)



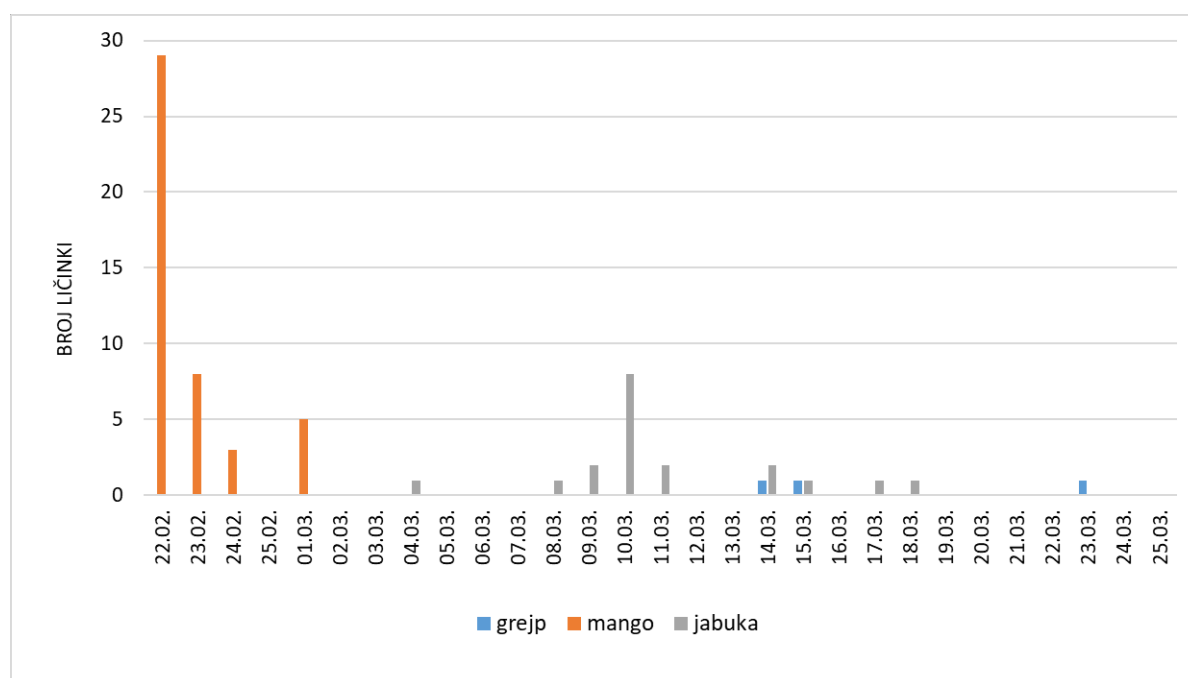
Slika 8. Polaganje jaja ženki *C. capitata* u plodove jabuke  
(Izvor: M. Bjeliš)



Slika 9. Prikupljanje ličinki u pijesak (lijevo) i razvijene kukuljice (desno) *C. capitata*. (Izvor. M. Bjeliš)

### 3. REZULTATI I RASPRAVA

Rezultati istraživanja u Grafikonima 1. i 2. prikazuju dinamiku izlazaka ličinki *C. capitata* iz plodova različitih istraživanih voćnih vrsta. U oba datuma postavljanja, razvidno je da razvoj ličinki u plodovima manga, *Magnifera indica* traje kraće od razvoja u plodovima grejpa, *Citrus paradisi* i jabuke, *Malus domestica*.

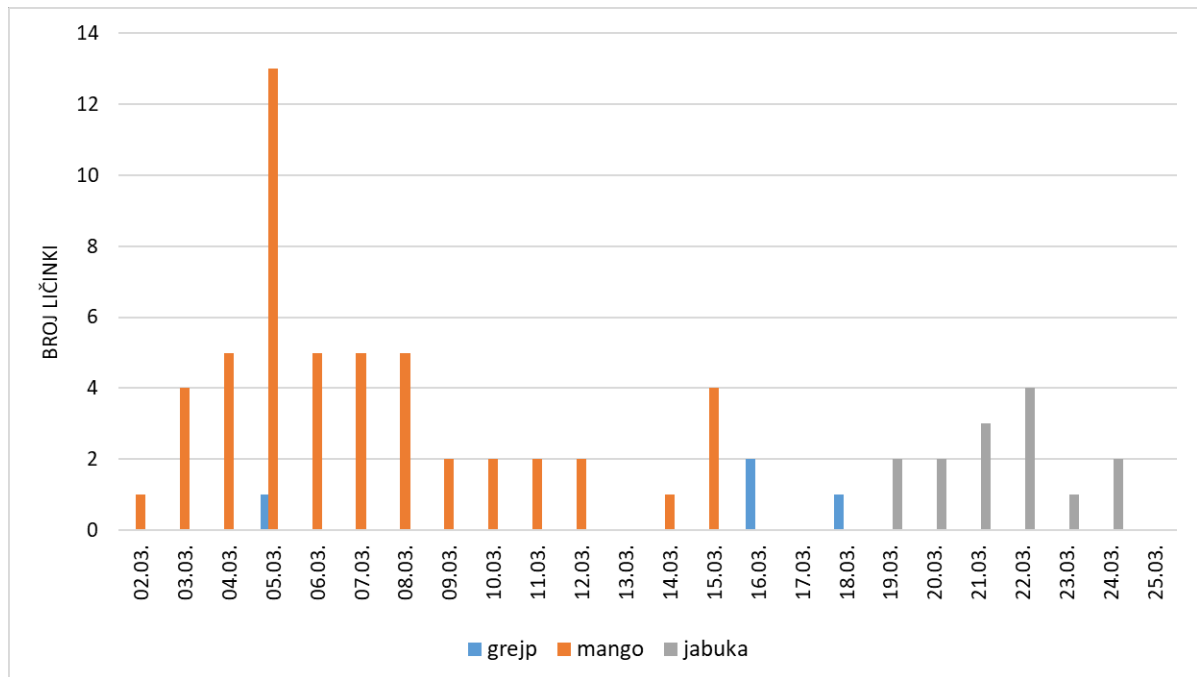


**Grafikon 1.** Dinamika izlazaka ličinki mediteranske voćne muhe *C. capitata* iz plodova različitih voćnih vrsta u laboratorijskim uvjetima (datum postavljanja pokusa 07.02.2022.)

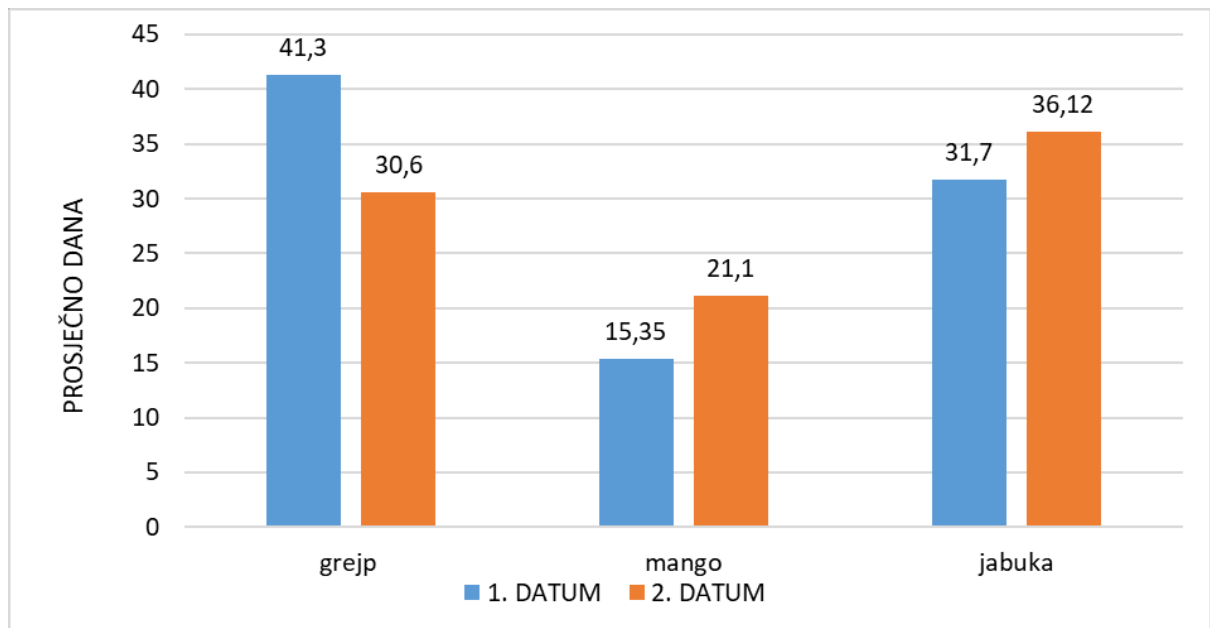
Tako je za prvi datum postavljanja istraživanja, dinamika razvoja u plodovima manga trajala od 15-17 dana, u plodovima jabuke 30-40 dana te najduže u plodovima grejpa 39-45 dana. Za drugi datum postavljanja istraživanja, razvoj u plodovima manga je trajao 16-29 dana, u plodovima grejpa 30-32 dana, te u plodovima jabuke 33-42 dana. Iz navedenog je razvidno da su u oba datuma istraživanja plodovi manga bili pogodniji za razvoj ličinki *C. capitata* u smislu dužine trajanja razvoja.

Cjelokupna dinamika izlazaka ličinki iz plodova manga trajala je svega 3 dana u prvom datumu istraživanja, ali i do 13 dana u drugom datumu postavljanja istraživanja. Nasuprot

navedenom, cjelokupna dinamika izlazaka ličinki u plodovima jabuke trajala je kod oba datuma 9-10 dana, a kod grejpa 2-6 dana.

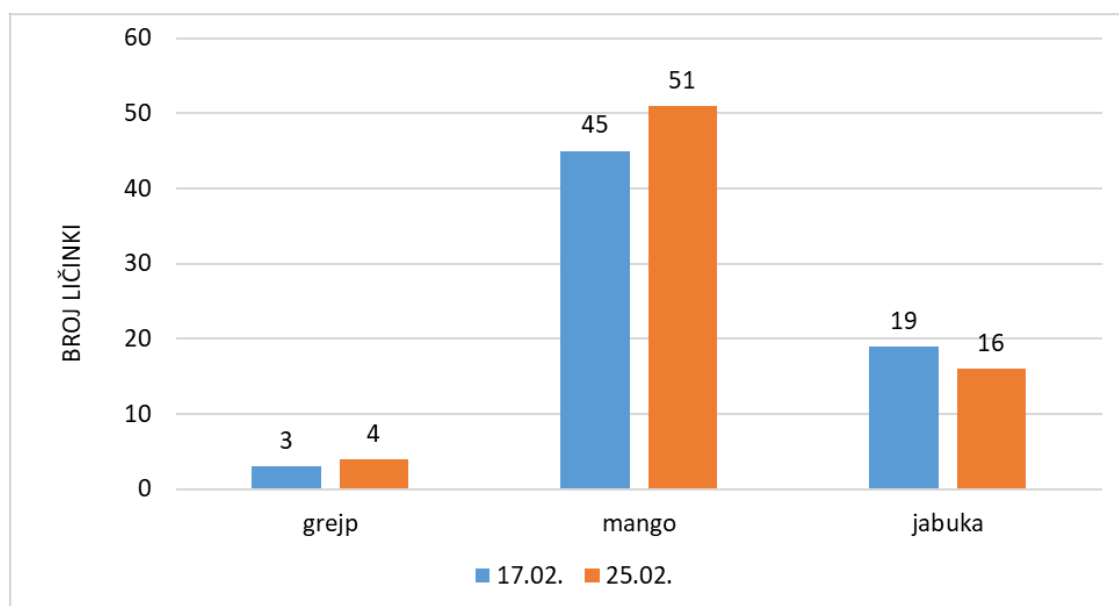


**Grafikon 2.** Dinamika izlazaka ličinki mediteranske voćne muhe *C. capitata* iz plodova različitih voćnih vrsta u laboratorijskim uvjetima (datum postavljanja pokusa 14.02.2022.)

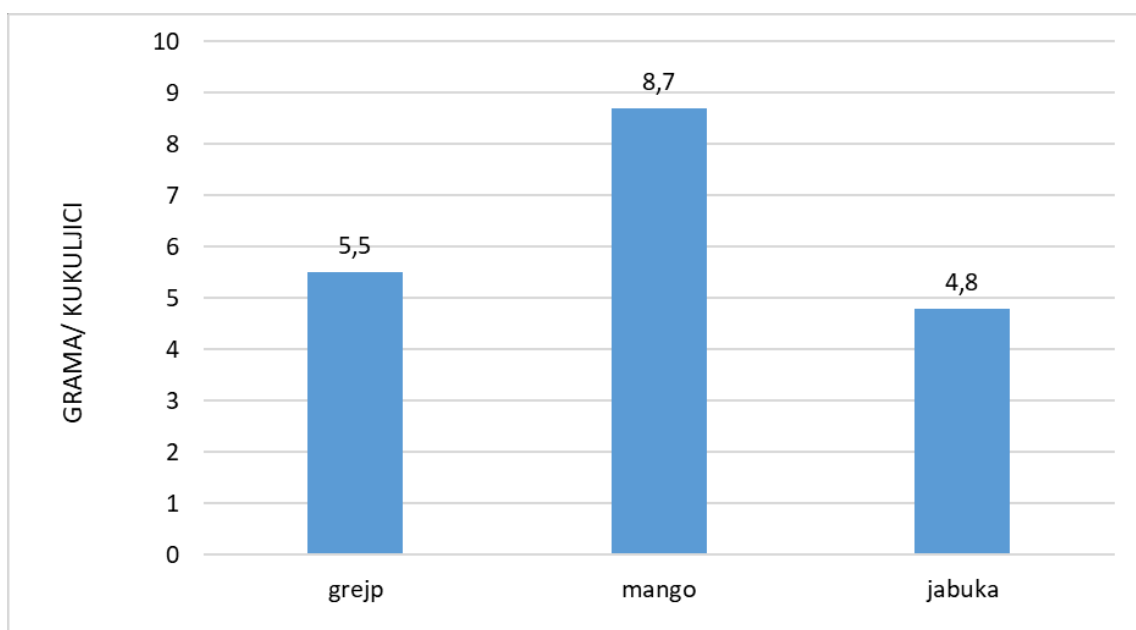


**Grafikon 3.** Prosječan broj dana trajanja razvoja ličinki mediteranske voćne muhe *C. capitata* iz plodova različitih voćnih vrsta u laboratorijskim uvjetima.

Ukoliko dužinu trajanja razvoja ličinki promatramo u smislu broja ličinki koje su se razvile u plodovima različitih istraživanih vrsta u jednodnevnim intervalima, razvidna su dva vrhunca izlazaka (22.2. prvi datum te 05.03. drugi datum postavljanja istraživanja), što je u smislu dobivanja homogene starosne populacije značajan element kvalitete mezokarpa plodova istraživanih voćnih vrsta. Na Grafikonu 3. su prikazane prosječne vrijednosti trajanja razvoja ličinki u danima koje su u korist plodova manga gdje prosječna dužina razvoja traje 15,35-21,1 dan, kod jabuke 31,7-36,1, a kod grejpa 30,6-41,3 dana.



**Grafikon 4.** Ukupan broj ličinki mediteranske voćne muhe *C. capitata* koje su se razvile iz plodova različitih voćnih vrsta u laboratorijskim uvjetima



**Grafikon 5.** Prosječna težina kukuljice mediteranske voćne muhe *C. capitata* koje su se razvile iz plodova različitih voćnih vrsta u laboratorijskim uvjetima

Osim dužine trajanja razvoja, ovo istraživanje je dalo rezultate koje ukazuje na pogodnost mezokarpa istraživanih voćnih vrsta za razvoj ličinki *C. capitata*. U Grafikonu 4. prikazan je ukupan broj ličinki *C. capitata* koje su se razvile iz plodova istraživanih vrsta. Razvidno je da

se je najveći broj ličinki razvio iz plodova manga (45-51), zatim slijede plodovi jabuke (16-19), a najmanji broj ličinki se razvio iz plodova grejpa (3-4).

Težina kukuljice je svakako još jedan parametar koji ukazuje na kvalitetu mezokarpa plodova istraživanih voćnih vrsta za razvoj ličinki *C. capitata*. Nakon izlaska ličinki iz plodova, iste su prenesene u Petrijeve zdjelice s riječnim pijeskom gdje su se u roku 1-2 dana zakukuljile. Tada je provedeno vaganje sakupljenih kukuljica i izračun prosječne težine kukuljice. Rezultati vaganja prikazani u Grafikonu 5. pokazuju da su najveću težinu imale kukuljice proizašle iz ličinki koje su se razvile iz plodova manga (8,7 g), a značajno manju iz plodova grejpa (5,5 g) i jabuke (4,8 g).



#### 4. ZAKLJUČCI

Na temelju provedenih istraživanja o utjecaju kvalitete plodova različitih voćnih vrsta kao medija za razvoj ličinki *C. capitata*, možemo zaključiti sljedeće:

- Dužina trajanja razvoja ličinki *C. capitata* značajno varira između istraživanih vrsta. Prosječna dužina razvoja je najkraća u plodovima manga (15,35-21,1 dan), a značano duža u plodovima jabuke (31,7-36,1 dan) i grejpa (30,6-41,3 dan).
- Plodovi manga su značajno kvalitetniji medij za razvoj ličinki *C. capitata* od plodova jabuke i grejpa. Najveći broj ličinki razvio se iz plodova manga (45-51), zatim slijede plodovi jabuke (16-19), a najmanji broj ličinki se razvio iz plodova grejpa (3-4).
- Plodovi manga su značajno kvalitetniji medij u kojem nakon razvoja ličinki preobrazbom nastaju kukuljice s najvećom težinom (8,7 g), a značajno manju težinu imaju kukuljice iz plodova grejpa (5,5 g) i jabuke (4,8 g).
- Na temelju provedenih istraživanja, zaključujemo da su plodovi manga najkvalitetniji medij za razvoj ličinki *C. capitata*.

## 5. LITERATURA

1. Liquido NJ, Barr PG, Cunningham RT. MEDHOST: An Encyclopedic bibliography of the Host Plants of the Mediterranean Fruit Fly, *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (electronic database/program). USDA, Agriculture Research Service. ARS – 144 U: Fruit Fly Expert Identification System and Biosystematic Information Database. Thompson F. C. (ur.), Diptera Data Dissemination Disk (CD Rom); 1998.
2. Umeh VC, Olaniyan AA, Ker J, Andir J. Development of citrus fruit fly control strategies for small-holders in Nigeria. *Fruits*. 2004; 59(4): 265-274. <https://doi.org/10.1051/fruits:2004025>
3. Thomas MC, Heppner JB, Woodruff RE, Weems HV, Steck GJ, Fasulo TR. Mediterranean Fruit Fly, *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Insecta: Diptera, Tephritidae). University of Florida, IFAS Extension, EENY-214/IN371, Rev. 9/2001". EDIS; 2004 (8) <https://doi.org/10.32473/edis-in371-2001>.
4. De Meyer M. Systematic revision of the subgenus *Ceratitis* Mac Leays.s. (Diptera, Tephritidae). *Zoological Journal of the Linnean Society*. 2000; 128: 439–467. <https://doi.org/10.1111/j.1096-3642.2000.tb01523.x>
5. Prakash A, Rao J, Mukherjee AK, Berliner J, Pokhare SS, Adak T, Munda S, Shashank PR. Climate Change: Impact on Crop Pests. Applied Zoologists Research Association (AZRA), Central Rice Research Institute, Odisha, India; 2014; 81-900947-2-7.
6. Liquido NJ, Cunningham RT, Nakagawa S. Host Plants of Mediterranean Fruit Fly (Diptera: Tephritidae) on the Island of Hawaii (1949–1985 Survey). *J. Econ. Entomol.* 1990; 83:1863–1878. <https://doi.org/10.1093/jee/83.5.1863>
7. Pimentel D, Zuniga R, Morrison D. Update on the environmental and economic costs associated with alien-invasive species in the United States. *Ecol. Econ.* 2005; 52(3): 273–288. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2004.10.002>
8. Scalera R, Genovesi P, Essl F, Rabitsch W. The impacts of invasive alien species in Europe. Technical Report. Luxembourg, European Environmental Agency; 2012.
9. Enkerlin W, Mumford J. Economic Evaluation of Three Alternative Methods for Control of the Mediterranean Fruit Fly (Diptera: Tephritidae) in Israel, Palestinian Territories, and Jordan. *J. Econ. Entomol.* 1997; 90: 1066–1072. <https://doi.org/10.1093/jee/90.5.1066>
10. Ministarstvo poljoprivrede. Popis registriranih sredstava za zaštitu bilja; 2021. <https://fis.mps.hr/trazilicaszb/> [pristupljeno 12. kolovoza 2022.]

11. Gilstrap FE, Hart WG. Biological control of the Mediterranean fruit fly in the United States and Central America. U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Services Publication, ARS-56; 1987.  
<https://doi.org/10.5962/bhl.title.133985>
12. Malacrida AR, Gomulski LM, Bonizzoni M, Bertin S, Gasperi G, Guglielmino CR. Globalization and Fruitfly Invasion and Expansion: the Medfly Paradigm. *Genetica*. 2007;131(1): 1-9.  
<https://doi.org/10.1007/s10709-006-9117-2>
13. URL: [https://www.researchgate.net/figure/Distribution-map-of-some-of-the-principal-fruit-fly-species-modified-from-CABI-EPPO-1998\\_fig1\\_6687133](https://www.researchgate.net/figure/Distribution-map-of-some-of-the-principal-fruit-fly-species-modified-from-CABI-EPPO-1998_fig1_6687133) [pristupljeno 12. kolovoza 2022.]
14. Tominić A. Muha voćnih plodova (*Ceratitis capitata* Wied.) na primorju. *Biljn. Proizv.* 1951; 3, 132–136.
15. Tominić A, Brnetić D. Biološka ispitivanja voćne muhe (*Ceratitis capitata*) u 1959. godini. *Biljna zaštita*. 1960; 59-65.
16. URL: <https://www.agric.wa.gov.au/medfly/mediterranean-fruit-fly-life-cycle-biology> [pristupljeno 20. kolovoza 2022.]
17. URL: <https://www.agric.wa.gov.au/medfly/mediterranean-fruit-fly-identification> [pristupljeno 20. kolovoza 2022.]
18. URL: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ceratitis\\_capitata\\_-\\_pupae\\_2.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ceratitis_capitata_-_pupae_2.jpg) [pristupljeno 20. kolovoza 2022.]
19. White I M, Elson-Harris MM. Fruit Flies of Economic Significance. Their Identification and Bionomics. Wallingford, UK, CAB International; 1994.  
<https://doi.org/10.1079/9780851987903.0000>
20. URL: <https://www.agric.wa.gov.au/medfly/mediterranean-fruit-fly-life-cycle-biology> [pristupljeno 20. kolovoza 2022.]
21. Boller EF. *Rhagoletis cerasi* and *Ceratitis capitata*. Handbook of Insect Rearing. Elsevier Science Ltd, Singh, P. 1985; 2: 135-144.
22. Bakarić P. Mjere u sprječavanju pojave i širenja voćne muhe. Stanica za južne kulture, Dubrovnik. PPK Zagreb. Neretvanska, Opuzen; 1978.
23. Braughton S. Managing Mediterranean fruit fly in backyards. Garden note. 2012. URL: <https://nucleus.iaea.org/sites/naipc/twd/Documents/South%20Perth-Australia-Medfly.pdf> [pristupljeno 22. kolovoza 2022.]
24. Lodge DM. Biological invasions: Lessons for ecology. *Trends Ecol. Evol.* 1993; 8:133–137. [https://doi.org/10.1016/0169-5347\(93\)90025-k](https://doi.org/10.1016/0169-5347(93)90025-k)

25. Narodne Novine NN80/2013. Zakon o zaštiti prirode. 2013.
26. Paine DR, Sheppard AW, Cook DC, De Barro PJ, Worner SP, Thomas MB. Global threat to agriculture from invasive species. *PNAS*. 2016; 113(27): 7575-7579. <https://doi.org/10.1073/pnas.1602205113>
27. Gutierrez AP, Ponti L. Assessing the invasive potential of the Mediterranean fruit fly in California and Italy. *Biol. Invasions*. 2011; 13: 2661-2676. <https://doi.org/10.1007/s10530-011-9937-6>
28. Bergsten D, Lance D, Stefan M. Mediterranean fruit flies and their management in the U.S.A. *RSC*. 1999; 10: 207-212.
29. Bjeliš M, Tavra I, Strikić F, Stojić M, Nestel D. Invasion of *Ceratitis capitata* W. (Diptera, Tephritidae) from coastal to inland areas of Dalmatia region of Croatia: E-traps as an improved detection tool // IOBC-WPRS Citrus working group meeting Nafplio, Grčka, 4-6.4.2022: IOBC/WPRS; 2022; 61-61.
30. Papadopoulos, NT, Katsoyannos, BI, Kouloussis, NA, Hendrichs, J. Effect of orange peel substances on matting competitiveness of male *Ceratitis capitata*. *E. Exp. App.* 2001; 99:253-261. <https://doi.org/10.1046/j.1570-7458.2001.00824.x>
31. Warburg MS, Yuval B. Effects of energetic reserves on behavioral patterns of Mediterranean fruit flies (Diptera: Tephritidae). *Oecologia*. 1997; 112: 314-319. <https://doi.org/10.1007/s004420050314>
32. Shelly TE, Villalobos EM. Host plant influence on the mating success of male Mediterranean fruit flies: Variable effects within and between individual plants *Animal Behaviour*. 2004; 68, 417-426. <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2003.08.029>
33. Yuval B, Hendrichs J. Behavior of flies in the genus *Ceratitis* (Dacinae: Ceratidini). In *Fruit flies (Tephritidae): phylogeny and evolution of behavior*; Aluja M, Norrbom A, Eds.; CRC Press: Boca Raton, USA. 2000; 429-456. <https://doi.org/10.1201/9781420074468.ch17>
34. Shelly, TE, Dewire, ALM. Chemically Mediated Mating Success in Male Oriental Fruit Flies (Diptera: Tephritidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 1994; 87(3), 375–382. <https://doi.org/10.1093/aesa/87.3.375>
35. Anjos-Duarte CS, Costa AM, Joachim-Bravo IS. Sexual behaviour of the Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae): the influence of female size on mate choice. *J. Appl. Entomol.* 2011; 135(5), 367–373. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.2010.01552.x>

36. De Aquino, JC, Joachim-Bravo IS. Relevance of Male Size to Female Mate Choice in *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae): Investigations with Wild and Laboratory-Reared Flies. *J. Insect Behav.* 2013; 27(2), 162–176.  
<https://doi.org/10.1007/s10905-013-9410-8>
37. Costa DR, Leite SA, Ribeiro AEL, Joachim-Bravo IS, Moreira AA, Castellani MA. (2017). Comparison of diets for rearing the larvae of Mediterranean fruit fly: nutritional and economic aspects. *Semina: Ciências Agrárias.* 2017; 38(6), 3445.  
<https://doi.org/10.5433/1679-0359.2017v38n6p3445>
38. McInnis DO, Paranhos BJ, Shelly TE. Survival of sterile male Mediterranean fruit flies in large field cages after release at different ages. *J. Appl. Entomol.* 2010; 137, 43–48.  
<https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.2010.01567.x>
39. Liimatainen J, Hoikkala A, Shelly T. Courtship Behavior in *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) Comparison of Wild and Mass-Reared Males. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 1997; 90(6), 836–843.  
<https://doi.org/10.1093/aesa/90.6.836>
40. Bjeliš M, Radunić D, Bulić P. Pre- and post- release quality of sterile *Ceratitis capitata* males released by an improved automated ground release machine. *J. Appl. Entomol.* 2013; 137(1).  
<https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.2011.01660.x>
41. Prokopy RJ, Hendrichs J. Mating behavior of *Ceratitis capitata* (Diptera, Tephritidae) on a field caged host tree. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 1979; 72, 642-648.  
<https://doi.org/10.1093/aesa/72.5.642>
42. Arita, LH, Kaneshiro KY. Sexual selection and lek behavior in the Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). *Pac. Sci.* 1989; 43, 135-143.
43. Whittier TS, Kaneshiro KY, Prescott LD. Mating behaviour of Mediterranean fruit flies (Diptera: Tephritidae) in a natural environment. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 1992; 85, 214-218.  
<https://doi.org/10.1093/aesa/85.2.214>
44. Gaskin T, Futerman P, Chapman T. Increased density and male–male interactions reduce male longevity in the medfly, *Ceratitis capitata*. *Anim. Behav.* 2002; 63(1), 121–129.  
<https://doi.org/10.1006/anbe.2001.1896>
45. Yuval B, Hendrichs J. Behavior of flies in the genus *Ceratitis* (Dacinae: Ceratidini). In *Fruit flies (Tephritidae): phylogeny and evolution of behavior*; Aluja M, Norrbom A, Eds.; CRC Press: Boca Raton, USA. 2000; 429-456.  
<https://doi.org/10.1201/9781420074468.ch17>
46. Blay S, Yuval B. Nutritional correlates of reproductive success of male Mediterranean fruit flies (Diptera: Tephritidae). *Anim. Behav.* 1997; 54, 59-66.  
<https://doi.org/10.1006/anbe.1996.0445>

47. Yuval B, Kaspi R, Shloush S, Warburg S. Nutritional reserves regulate male participation in Mediterranean fruit fly leks. *Ecol. Entomol.* 1998; 23, 211-215. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2311.1998.00118.x>
48. Katsoyannos BI. Captures of *Ceratitis capitata* and *Dacus oleae* (Diptera, Tephritidae) by McPhail and Rebel color traps suspended on citrus, fig and olive trees on Chios, Greece. *CEC/IOBC Symposium Proc.* 1982; 451-456.
49. Warthen JD, McInnis, DO. Isolation and identification of male *C. capitata* attractive components in Litchi chinensis stems and Ficus spp. stem exudates. *J. Chem. Ecol.* 1989; 15, 1931-1946. <https://doi.org/10.1007/bf01012277>
50. Prokopy RJ, Duan, JJ, Vargas R. Potential for host range expansion in *Ceratitis capitata* flies: impact of proximity of adult food to egg-laying sites. *Ecol. Entomol.* 1996; 21, 295-299. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2311.1996.tb01247.x>
51. Nishida R, Shelly TE, Whittier TS, Kaneshiro KY.  $\alpha$ -copaene, a potential rendezvous cue for the Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata*? *J. Chem. Ecol.* 2000; 26, 87-100. <https://doi.org/10.1023/a:1005489411397>
52. Bjeliš M. Presence of the Mediterranean fruit fly (*Ceratitis capitata* Wiedemann) in selected olive orchards in central Dalmatia. *Agriculture.* 2007; 13 (2), 29-34.
53. Phillips DR, Galliard T. Flavour biogenesis. Partial purification and properties of a fatty acid hydroperoxide cleaving enzyme from fruits of cucumber. *Phytochemistry.* 1978; 17(3), 355-358. [https://doi.org/10.1016/s0031-9422\(00\)89315-2](https://doi.org/10.1016/s0031-9422(00)89315-2)
54. Jang EB, Light DM. Olfactory Semiochemicals of Tephritids. *Fruit Fly Pests: A World Assessment of Their Biology and Management.* CRC Press; 1996. <https://doi.org/10.1201/9780367812430-15>
55. Warburg MS, Yuval B. Effects of energetic reserves on behavioral patterns of Mediterranean fruit flies (Diptera: Tephritidae). *Oecologia.* 1997; 112, 314-319. <https://doi.org/10.1007/s004420050314>
56. Shelly TE, Kennelly SS, McInnis DO. Effect of adult diet on signaling activity, mate attraction and mating success in male Mediterranean fruit flies (Diptera, Tephritidae). *Florida Entomologist.* 2002; 85 (1), 150-155. [https://doi.org/10.1653/0015-4040\(2002\)085\[0150:eoados\]2.0.co;2](https://doi.org/10.1653/0015-4040(2002)085[0150:eoados]2.0.co;2)
57. URL: <https://hor.supermg.com/vrtne-biljke/5109-mango-kemijski-sastav-korisna-svojstva-i.html> [pristupljeno 10. rujna 2022.]
58. URL: <https://hor.farmafans.com/povr%C4%87e/1286-kemijski-sastav-hranjiva-vrijednost-i-sadr%C5%BEaj.html> [pristupljeno 10. rujna 2022.]

59. URL: <https://hr.healthy-food-near-me.com/grapefruit-calorific-value-and-chemical-composition/> [pristupljeno 10. rujna 2022.]
60. URL: <https://hr.healthy-food-near-me.com/calorie-content-mandarin-chemical-composition-and-nutritional-value/> [pristupljeno 10. rujna 2022.]
61. URL: <https://www.tablicakalorija.com/voce/smokva.html> [pristupljeno 10. rujna 2022.]
62. Carey J. The Mediterranean fruit fly in California: taking stock. *Calif. Agr.* 1992; 46(1), 12-17.  
<https://doi.org/10.3733/ca.v046n01p12>
63. Bjeliš M, Radunić D, Masten R. Metode suzbijanja mediteranske voćne muhe. Program i sažeci priopćenja 53. seminara biljne zaštite. *Glasilo biljne zaštite.* 2009; 18-19.
64. Maria I. Biology studies and improvement of *Ceratitis capitata* (Wiedemann) mass trapping control technique. Univ. LLEIDA. Universitat de Lleida; 2010.
65. Aboussaid H, El-Aouame L, El-Messoussi S, Oufdou K. Biological Activity of *Bacillus thuringiensis* (Berliner) Strains on Larvae and Adults of *Ceratitis Capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae). *JEP.* 2010; 1(4): 337–345.  
<https://doi.org/10.4236/jep.2010.14040>
66. Juran I, Gotiln Čuljak T. Nekemijske mjere suzbijanja štetnih organizama. *Glasilo biljne zaštite.* 2019; 19(5), 559 – 564.
67. Bjeliš M. Pilot project of medfly – *Ceratitis capitata* Wied. (Diptera, Tephritidae) suppression by sterile insect technique in the Neretva river valley of Croatia. 10th Slovenian conference on plant protection with international participation, Društvo za Varstvo Rastlin Slovenije; 2011; str. 23.
68. Bjeliš M, Popović L, Marušić I, Gakić S, Buljubašić I, Ivanović A, Arnaut P, Cardoso-Pereira R. Medfly suppression by sterile insect technique in Neretva valley of Croatia. 2nd TEAM International meeting, Abstract- Biological invasions of Tephritidae: scological and economic impacts. ZITI Publications; 2012; str. 88.