Primjena biopolimernih mikrokapsula na uzgoj rajčice na tlu

Šarić, Martina

Master's thesis / Diplomski rad

2019

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://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:204:640354

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

Repository / Repozitorij:

Repository Faculty of Agriculture University of Zagreb

Sveučilište u Zagrebu
Agronomski fakultet

University of Zagreb
Faculty of Agriculture

Primjena biopolimernih mikrokapsula u uzgoju rajčice na tlu

DIPLOMSKI RAD

Martina Šarić

Zagreb, srpanj, 2019.

Sveučilište u Zagrebu
Agronomski fakultet

University of Zagreb
Faculty of Agriculture

Diplomski studij:

Hortikultura-Povrćarstvo

Primjena biopolimernih mikrokapsula u uzgoju rajčice na tlu

DIPLOMSKI RAD

Martina Šarić

Mentor: izv. prof. dr. sc. Marko Vinceković

Zagreb, srpanj, 2019.

Sveučilište u Zagrebu
Agronomski fakultet

University of Zagreb
Faculty of Agriculture

IZJAVA STUDENTA
O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Ja, **Martina Šarić**, JMBAG 0178095394, rođen dana 11.11.1993. u Vinkovcima, izjavljujem da sam samostalno izradila diplomski rad pod naslovom:

Primjena biopolimernih mikrokapsula u uzgoju rajčice na tlu

Svojim potpisom jamčim:

- da sam jedina autorica 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 upoznata s odredbama Etičkog kodeksa Sveučilišta u Zagrebu (Čl. 19).

U Zagrebu, dana _____ _____

Potpis studenta / studentice

Sveučilište u Zagrebu
Agronomski fakultet

University of Zagreb
Faculty of Agriculture

IZVJEŠĆE

O OCJENI I OBRANI DIPLOMSKOG RADA

Diplomski rad studenta **Martina Šarić**, JMBAG 0178095394 , naslova

Primjena biopolimernih mikrokapsula u uzgoju rajčice na tlu

obranjen je i ocijenjen ocjenom _____ , dana _____ .

Povjerenstvo:			potpisi:
1.	izv. prof. dr. sc. Marko Vinceković	mentor	_____
2.	izv. prof. dr. sc. Božidar Benko	član	_____
3.	izv. prof. dr. sc. Ivanka Žutić	član	_____

Sadržaj

1. UVOD 1
1.1. Cilj istraživanja 1
2. PREGLED LITERATURE 2
2.1. Povijest i podrijetlo 2
2.2. Nutritivna vrijednost 2
2.3. Morfološka svojstva rajčice 4
2.4. Biološka svojstva rajčice 5
2.5. Izbor kultivara 5
2.6. Inkapsulacija – mikrokapsule 6
2.6.1. *Trichoderma viride* 7
2.6.2. Kalcijevi ioni 8
2.6.3. Ioni bakra 8
3. MATERIJALI I METODE 9
3.1. Postavljanje i provedba pokusa 9
3.2. Mjere njege nasada 10
3.3. Primjena mikrokapsula 10
3.4. Testirani kultivari 11
3.5. Kemijske analize 13
3.5.1. Priprema uzorka 13
3.5.2. Određivanje udia suhe tvari 14
3.5.3. Određivanje udia karotenoida (likopena i β-karotena) 14
3.5.4. Određivanje udia ukupnih polifenola 15
3.5.5. Određivanje antioksidacijskog kapaciteta DPPH metodom 16
4. REZULTATI I RASPRAVA 17
4.1. Temperatura i relativna vlaga zraka 17
4.2. Komponente prinosa 18
4.2.1. Broj tržnih plodova po biljci 18
4.2.2. Masa tržnih plodova 20
4.2.3. Tržni prinos 21
4.2.4. Udio netržnih plodova 22
4.3. Kemijske analize 23
4.3.1. Udio suhe tvari 23

4.3.2. Likopen 24
4.3.3. Ukupni polifenoli 24
4.3.4. ABTS – antioksidacijski kapacitet 25
5. ZAKLJUČAK 27
6. LITERATURA 28
7. ŽIVOTOPIS 32

Sažetak

Diplomskog rada studentice **Martine Šarić**, naslova

Primjena biopolimernih mikrokapsula u uzgoju rajčice na tlu

Rajčica je zeljasta jednogodišnja biljka. Sastoji se od 93 do 95 % vode, 5 do 7 % suhe tvari, organskih kiselina (limunske i jabučne), šećera (glukoze, fruktoze i saharoze), tvari netopljivih u alkoholu (proteini, celuloza, pektin, polisaharidi), karotenoida i lipida. Cilj ovog rada bio je testiranje učinkovitosti primjene mikrokapsula na bazi alginata sa simultano inkapsuliranim ionima bakra (Cu^{2+}) ili kalcija (Ca^{2+}) i spora gljive *Trichoderma viride*, na prinos i kvalitetu rajčice uzgojene u tlu u zaštićenom negrijanom plasteniku. Tijekom višekratne berbe utvrđen je broj tržnih i netržnih plodova, masa tržnih i netržnih plodova, prinos i kvalitativna svojstva. Kemijskom analizom utvrđen je udio karotenoida, ukupnih polifenola te antioksidacijska aktivnost plodova. Rezultati su pokazali pozitivan utjecaj mikrokapsula na rajčicu. Izdvojiti posebno neki tretman kod rajčice je teško jer uz genetiku svake sorte rajčice, svaki tretman je pokazao svoj rezultat. Tretman mikrokapsula s Cu^{2+} je u prosjeku davao najbolje rezultate u smislu morfoloških karakteristika. Tretmani mikrokapsula s kalcijevim ionima imali su pozitivan utjecaj na sadržaj likopena.

Ključne riječi: likopen, *Lycopersicon esculetnum*, masa ploda, mikrokapsule, polifenoli

Summary

Of the master's thesis - student **Martina Šarić**, entitled

Application of biopolymer microcapsules in soilgrown tomato

Tomato is a herbaceous one-year plant. It consists of 93-95% water, 5-7% dry matter, organic acids (lemon and apple), sugars (glucose, fructose and sucrose), alcohol-insoluble substances (proteins, cellulose, pectin, polysaccharides), carotenoids and lipids. The aim of this paper was to test the efficacy of microcapsules based on biopolymer alginate with simultaneously encapsulated copper (Cu^{2+}) or calcium (Ca^{2+}) and *Trichoderma viride* fungus spores on the yield and quality of tomatoes grown in soil in protected nonheated greenhouses. During the multiple harvests, the number of marketable and non-marketable fruits, the mass of marketable and non-marketable fruits, yield and qualitative properties was established. Chemical analysis showed the proportion of carotenoids, total polyphenols, and antioxidant activity of fruits. The results showed a positive influence on the tomatoes treated with microcapsules. To distinguish a particular tomato treatment is difficult because, with the genetics of each tomato variety, each treatment showed relatively different results. Treatment with microcapsules with Cu^{2+} gave the best results in terms of morphological characteristics. Microcapsules loaded with Ca^{2+} had a positive effect on lycopene content.

Keywords: fruit weight, lycopene, *Lycopersicon esculetnum*, microcapsules, polyphenols

1. UVOD

Rajčica je jedna od najraširenijih kultura u svijetu. Značajna je u prehrani ljudi zbog svojih nutritivnih sastojaka koji su potrebni u svakodnevnoj prehrani, a koristi se svježa ili prerađena. Sve se više primjenjuje uzgoj rajčice u zaštićenim sustavima proizvodnje jer je omogućeno bolje praćenje rasta i razvoja biljke s ciljem dobivanja plodova veće kvalitete (Dobričević i sur., 2008). Uzgojem rajčice u negrijanom plasteniku omogućena je nešto ranija sadnja u odnosu na otvoreno, a time i ranije plodonošenje, duži period berbe i veći prinos. Za ostvarenje navedenog, uz odgovarajuće mikroklimatske uvjete, potrebno je tlo odgovarajuće opskrbljenosti hranivima, redovito navodnjavanje i fertirigacija te zaštita od bolesti i štetnika.

Budući da se u današnje vrijeme jako puno koriste mineralna gnojiva, kemijski proizvodi za zaštitu bilja i sl., cilj je napraviti ekološki proizvod koji će omogućiti biljci izvor nutrijenata kroz cijeli period rasta i razvoja. Inkapsulacija je jedna od metoda kojima se aktivne tvari (nutrijenti, mikroorganizmi i sl.) mogu zaštititi od vanjskih faktora te se može omogućiti i njihovo postupno otpuštanje. Ciljanom dostavom nutrijenata uz pomoć mikrokapsula može se dobiti plod ili proizvod od ploda/biljke koji je dostupan kroz duži vremenski period u godini, a da je nutritivno bogat i izgledom privlačan. Metoda inkapsulacije je postala alat za ekološki i održiv uzgoj biljaka. Inkapsulacija u poljoprivredi je započela s inkapsuliranjem pesticida i gnojiva kako bi se prvenstveno smanjilo korištenje pesticida i mineralnih gnojiva te da bi se olakšao rad poljoprivrednicima s manjim brojem tretmana prskanja i sl. (Bedek, 2018). Prednosti inkapsulacije uključuju sporo otpuštanje bioaktivnih sastojaka, učinkovitu iskoristivost agrokemikalija, veću sigurnost za korisnika i bolju zaštitu okoliša (Vinceković i sur., 2017a).

1.1. Cilj istraživanja

Cilj ovog rada bio je testiranje učinkovitosti mikrokapsula na bazi biopolimera alginata sa simultano inkapsuliranim ionima bakra (Cu^{2+}) ili kalcija (Ca^{2+}) i sporama gljive *Trichoderma viride* na prinos i kvalitetu rajčice uzgajane na tlu u negrijanom plasteniku

2. PREGLED LITERATURE

2.1. Povijest i podrijetlo

Rajčica je iz roda *Lycopersicon* i porodice *Solanace* u kojoj se nalazi oko 80 vrsta. Kod različitih autora mogu se naći različiti znanstveni nazivi, ali danas se najviše upotrebljava najstarije latinsko ime *Lycopersicon esculetnum* koje je predložio Miller 1768. godine (Lešić i sur., 2004).

Rajčica potječe iz Perua, ali uzgoj je započeo u Meksiku s divljom vrstom *Lycopersicum esculentum var. cerasiforme* koja je i danas rasprostranjena kao korov. Kada je stigla u Europu, dugo se uzgajala samo kao botanička vrsta jer se mislilo da je otrovna. Početkom 20. stoljeća počinje se uzgajati kao povrtna kultura (Lešić i sur., 2004).

2.2. Nutritivna vrijednost

Rajčica je danas jako rasprostranjena te ju se može upotrijebiti na više načina. Popularni načini upotrebe su svježa sama ili u kombinaciji s drugim povrćem, ali sitno plodni kultivari se koriste kao i voće. Što se tiče prerade, rajčica je jedna od glavni sirovina u prerađivačkoj industriji. Preraditi se može u koncentrat, sokove i pelate, dok zeleni plodovi mogu biti sastojak mariniranih miješanih salata. Plodovi se mogu i zamrznuti, a sok rajčice se ponekad konzervira liofilizacijom (Lešić i sur. 2004).

Okus rajčice ovisi o odnosu količine šećera i kiselina te ovisi i o čvrstoći i strukturi ploda. Plod rajčice se sastoji od 93 do 95 % vode, 5 do 7 % suhe tvari, organskih kiselina (limunske i jabučne), šećera (glukoze, fruktoze i saharoze), tvari netopivih u alkoholu (proteini, celuloza, pektin, polisaharidi), karotenoida i lipida (Preedy i Watson, 2008). Nutritivna vrijednost ploda rajčice te sadržaj važnijih minerala i vitamina prikazani su u tablicama 2.2.1. do 2.2.3. (prema Lešić i sur., 2004).

Tablica 2.2.1. Nutritivna vrijednost ploda rajčice

Nutrijent	**g/100 g svježe tvari**
Voda	92,0 - 95,2
Proteini	0,4 - 1,25
Masti	0,2 - 0,95
Ugljikohidrati	1,87 - 9,0
od toga šećeri	2,4 - 7,0
Vlakna	0,31 - 1,8
Minerali	0,6 - 0,61

Izvor: Lešić i sur., 2004.

Tablica 2.2.2. Količina važnijih minerala u plodu rajčice

Minerali	**mg/100 g svježe tvari**
Natrij	2,6 – 32,7
Kalij	92 - 376
Magnezij	13 - 20
Kalcij	10 - 21
Fosfor	7 - 53
Željezo	0,4 – 1,2
Sumpor	13 - 20

Izvor: Lešić i sur., 2004.

Tablica 2.2.3. Količina vitamina mg/100 g svježe tvari

Vitamin	**mg/100 g svježe tvari**
Vitamin A	0,15 – 2,3
Vitamin E	0,36
Vitamin K	0,4 – 0,8
Vitamin B_1	0,016 – 0,08
Vitamin B_2	0,02 – 0,09
Vitamin B_3	0,3 – 0,85
Vitamin B_5	0,28 – 0,34
Vitamin B_6	0,074 – 0,15
Biotin	0,004
Folna kiselina	0,0086
Vitamin C	15 - 59

Izvor: Lešić i sur., 2004.

Suha tvar čini oko 5 do 7 % rajčice. Suha tvar najviše sadrži šećere čiji postotak varira o stupnju zrelosti rajčice te maksimalnu količinu šećera imaju plodovi koji su sazreli na biljci. Od prisutnih šećera, fruktoza je najzastupljenija s udjelom od 1,7 %, zatim glukoza sa 1,5 %. Saharoze nema nikad više od 0,5 %. U suhoj tvari još se nalaze kiseline čija vrijednost se također mijenja sazrijevanjem. Do pune zrelosti se povećava koncentracija limunske kiseline, a smanjuje se koncentracija jabučne kiseline. Uz kiseline i šećere prisutne su i male količine pektina, celuloze, hemiceluloze, bjelančevina, minerala, lipida, dikarboksilne aminokiseline i dr. (Lešić i sur., 2016). Rajčica ima i veliku zdravstvenu vrijednost zbog količine likopena koji je glavni karotenoid u ljudskoj krvi. Djeluje kao antioksidantni regulator rasta stanica. Njegova količina ovisi o zrelosti ploda, kultivaru i načinu prerade. Svježi plod sadrži oko 30 mg/kg likopena, sok od rajčice čak i do 150 mg likopena/L, a kečap do 100 mg/kg. (Matotan, 2004).

2.3. Morfološka svojstva rajčice

Veličina korijenovog sustava ovisi o nasljednim svojstvima, ali i o fizikalnim svojstvima tla i vodnom režimu. Glavni korijen može narasti i do 1 m dubine, no njegovo grananje počinje rano te promjer grananja može doseći i do 1,5 m. Glavnina korijena je u površinskom sloju do 30 cm. Može doći i do stvaranja adventivnog korijenja na stabljici kada se sadi dublje nego su presadnice rasle u kontejneru (Lešić i sur., 2004).

Stabljika rajčice je promjera 2 cm, zeljasta i prekrivena dlačicama. Pod teretom lišća i plodova poliježe jer većina stabljike nema dovoljno sklerenhimskog staničja. Prema načinu rasta stabljike kultivari se dijele na dva tipa: determinantan (niska stabljika, grmasti oblik) i indeterminantan (visoka stabljika). Sve dok su povoljni uvjeti vegetacijski vrh stabljike je aktivan. Može doći do razvoja sekundarnih grana iz pazuha listova. Sekundarne grane (zaperci) imaju isti raspored listova i cvatova, no te grane se uklanjaju (Borošić, 2016).

List kod rajčice ima duguljastu peteljku i neparno je perast. Može doseći i do 50 cm u povoljnim uvjetima. Liska rajčice je zelene boje, dlakava, manje ili više naborana, nazubljena, romboidnog oblika i nejednake veličine (Lešić i sur., 2004).

Cvat je grozd cimoznog ili racemoznog tipa, a prvi cvat se pojavljuje nakon 5 do 9 razvijenih listova. Nakon prvog cvata, u pravilu svaki sljedeći cvat se pojavljuje nakon tri razvijena lista. Jednostavni grozd može imati 7 do 12 cvjetova, a sastavljeni čak i dvostruko više. Cvjetovi na cvatu se razvijaju od dna prema vrhu i sukcesivno te zbog toga na jednom cvatu može biti razvijenih cvjetova i plodova. Kod indeterminantnih stabljika iza prvog cvata razviju se najčešće 3 lista, zatim ide drugi cvat pa opet 3 lista itd. Kod determinantnih stabljika nakon prvog cvata se razvije jedan ili dva lista i rast završava 3. cvatom (Ivančić, 1986., Lešić i sur., 2004).

Cvjetovi su skupljeni u cvat u obliku grozda. Rajčica ima dvospolni cvijet koji je pentameran s pet lapova, pet prašnika i pet latica. Iz pupa kojeg obuhvaćaju zeleni lapovi pomaljaju se žute latice. Tučak se sastoji od dva ili više karpalnih listova. Tučak obuhvaćaju cvjetasto srasli, duguljasti prašnici (prašnička cijev). Dok cvijet nije potpuno otvoren, prašnici uzdužno pucaju s unutrašnje strane i pelud dospijeva na tučak, čime je osigurana samooplodnja. Plod mesnata boba se razvija iz dvogradne, trogradne ili višegradne plodnice (Ivančić, 1986., Lešić i sur. 2004).

Plod je boba koju čine meso (stjenka perikarpa i pokožica) i pulpa (sjeme, placenta i želatinozno tkivo oko sjemenki) koja ispunjava komore te sjemenki. Može biti različite boje, veličine i oblika. Kod nezrelog ploda pokožica može biti bezbojna ili žuta, a kod zrelog ploda žuta, crvena, crvenoljubičasta ili narančasta. Na bazi stapke ploda nalazi se sloj stanica s pomoću kojih se plod odvaja zajedno s čaškinim listićima i dijelom stapke (Borošić i sur., 2016). Prema Lešić i sur. (2004) veličina ploda klasira se prema promjeru ploda na: vrlo sitni (manji od 3 cm), sitni (3 do 5 cm), srednji (5 do 8 cm), krupni (8 do 10 cm), vrlo krupni (veći od 10 cm).

Sjeme rajčice je sitno, dlakavo, ovalno i spljošteno. Jedan gram sadrži 250 do 350 sjemenki. U povoljnim uvjetima čuvanja dobru klijavost ima do par godina (Lešić i sur., 2004).

2.4. Biološka svojstva rajčice

Sjeme rajčice klije na temperaturama između 15 i 25 °C, optimum je 20 do 25 °C, a minimalna 13 °C, ali ima kultivara koji kliju već na 10 °C. Ako kultivar može klijati pri niskim temperaturama, onda može klijati i na visokim, čak do 35 °C, a ima zapisa i do 30 % kultivara koji su klijali na 37 °C. Sjeme rajčice najbolje klije u mraku, a često se koriste i regulatori rasta da pospješe klijanje i nicanje (Lešić i sur. 2004).

Optimalnim uvjetima za rast rajčice smatraju se dnevne temperature u rasponu od 20 do 25 °C i od 13 do 17 °C tijekom noći. Razlika između dnevne i noćne temperature bi trebala biti 7 °C. U početku razvitka, kao presadnica ili na otvorenom, biljka je naročito osjetljiva na temperaturne uvjete. U trenutku otvaranja kotiledona kreće osjetljiva faza i traje oko dva tjedna. Prvi se cvat diferencira u vegetacijskom vrhu oko tri tjedna nakon što se kotiledon otvori, tada je treći prvi list veličine oko 10 mm. U vrijeme diferencijacije, niže temperature (13 do 15 °C) uvjetuju zametanje cvata nakon manjeg broja listova, 5 do 7, a više temperature (25 °C) nakon 10 do 12 listova. Za zametanje ploda optimalna temperatura je danju 19 do 24 °C, a noću 14 do 17 °C (Borošić i sur., 2016). Pri temperaturi između 12 i 21 °C najbolje se razvija boja ploda, a temperatura ispod 10 °C inhibira razvoj ploda i sintezu likopena. Temperatura oko 23 °C povećava kvalitetu ploda i sadržaj suhe tvari (Preedy i Watson, 2008).

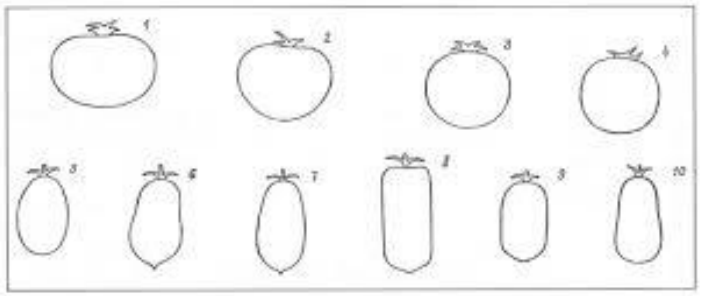
Zahtjevi za vodom kod rajčice su srednji, ali vrijeme cvatnje i zametanja plodova je kritično razdoblje. Umjerena vlažnost zemljišta i zraka (60 do 70 % poljskog vodnog kapaciteta i 50 do 60 % relativne vlažnosti zraka) je potrebna za normalan rast i razvoj rajčice (https://www.agroklub.com/sortna-lista/povrce/rajcica-169/).

Za uzgoj rajčice prikladna su lagana tla bogata humusom te dobre vodozračnosti i usklađenih vodozračnih odnosa. Tolerantna je na kiselija tla s pH vrijednosti od 5,5 do 8 (Borošić i sur., 2016.).

2.5. Izbor kultivara

Na tržištu se može pronaći više od 2000 kultivara, a prvi, dobiveni izborom iz lokalnih eko-tipova datiraju još od polovice 19. st. Uz standardne kultivare, proizvode se i F_1 hibridi koji imaju jaki heterotičan efekt u mnogim svojstvima. Oplemenjivanjem se dolazi do novih kultivara sa željenim svojstvima. Zbog toga kultivari za tržište i potrošnju u svježem stanju mogu biti namijenjeni za uzgoj na otvorenom, na otvorenom i u zaštićenom prostoru, samo u zaštićenom prostoru, posebno za plastenike, a posebno za staklenike. Postoje i kultivari za

kućni vrt i potrošnju u svježem stanju te kultivari za preradu. Kultivari za preradu se dijele na kultivare za koncentrate, kečap, za rezanu rajčicu, pelate i sokove. Kultivari se dijele i prema načinu uzgoja i prema načinu berbe. Mogu biti za izravnu sjetvu ili za uzgoj iz presadnica ili za ručnu berbu ili mehaniziranu berbu. Ujedno tako bira se i prema tipu rasta, determinantni, indeterminantni ili semideterminantni. Svaki od ta tri mogu biti bujnijeg rasta ili manje bujnog rasta, krupnog bujnog ili sitnijeg i nježnog lišća. Kultivari se dijele i prema nastupanju faze zrelosti: vrlo rani, srednje rani, kultivari glavne sezone, srednje kasni i kasni. Prema obliku ploda kultivara isto ima mnogo (slika 2.5.1.).



Slika 2.5.1. Oblik ploda rajčice prema Lešić i sur. (2004):
1. spljošten, 2. okruglospljošten, 3. okrugao, 4. okrugao malo izdužen, 5. ovalni, 6. kruškoliki s kljunastim vrhom, 7. ovalan s kljunastim vrhom, 8. izduženo prizmatičan, 9. okruglo prizmatičan i 10. kruškolik

Kod presjeka, plod može imati 2 do 3 komore, 3 do 5 komora ili više ako je plod jako mesnat. Zreli plod je crvene, crveno-ljubičaste ili crveno-narančaste boje, dok je nezreo zelene. No, postoje i kultivari čiji su plodovi žute boje. Kultivari se razlikuju i po krupnoći ploda: vrlo sitni (trešnjari) 15 g, sitni (koktel) 30 do 50 g; za konzerviranje sitnoplodni 50 do 100 g, srednje krupni 100 do 150 g te krupni više od 150 g; za kultivare namijenjene za tržište i korištenje u svježem stanju bitna je otpornost na pucanje, transportabilnost i održivost. Kultivari za preradu su determinantni, pogodni za uzgoj bez potpore. Otpornost na bolesti već je dio genetike mnogih kultivara, a pogotovo hibrida (Lešić i sur., 2004).

2.6. Inkapsulacija – mikrokapsule

Inkapsulacija aktivnih komponenata razvija se zadnjih par godina i koristi kao novi potencijalni alat za ekološki i održiv način uzgoja biljke (Vinceković i sur., 2017). Metodom inkapsulacije se dobivaju mikročestice, a to je proces kojim se čvrsti, tekući ili plinoviti aktivni sastojci imobiliziraju u matrikse ili jezgre, koje kontrolirano otpuštaju aktivne sastojke (Gallo i Corbo, 2010).

Mikrokapsule na bazi prirodnih materijala su idealan nosač aktivnih tvari koje se otpuštaju kroz period rasta i razvoja biljke. Opće poznato je da su biljkama potrebni kemijski elementi (primarni, sekundarni i mikronutrijenti) za razvoj i opstanak (Vinceković i sur.,

2016). Prednost mikrokapsula je sporo otpuštanje bioaktivnih sastojaka, učinkovito iskorištenje korištenih kemikalija, veća sigurnost za korisnika i bolja zaštita okoliša (Vinceković i sur., 2017a). Pomoću mikrokapsula, kroz duži vremenski period, laganim otpuštanjem biljka prima određene nutrijente i ujedno dodatnu zaštitu od bakterija, virusa i drugih štetnika.

2.6.1. Biopolimeri – nosači aktivnih tvari

Mnogi se polimeri koriste za dobivanje mikrokapsula, ali najviše biopolimeri. To su npr. polisaharidi poput alginata i kitozana, a dobiveni su iz poljoprivrednih sirovina ili ljuski rakova (Racovită i sur., 2009). Koriste se jer imaju sposobnost stvaranja mikrokapsula metodom ionskog geliranja (Fan i sur., 2011). Alginat je natrijeva sol alginske kiseline (Vinceković i sur., 2016), a izolira se iz smeđih algi. Alginat sadrži uronske kiseline, α-L-guluronske i β-L-manuronske kiseline povezane α-glikozidnom vezom. Čvršće i poroznije gelove koji su postojaniji dulje razdoblje razvija alginat s visokim sadržajem guluronske kiseline. Poliguluronatne jedinice molekula alginata stvaraju model „kutija za jaja“ tj., keliranu strukturu s metalnim ionima. Takav spoj između lanaca kinetički je stabilan prema disocijaciji. Polimanuronatne jedinice imaju polielektrolitske karakteristike vezanja kationa. Rezultat vezanja tih međudjelovanja je stvaranje okruglih mikrokapsula (Racovită i sur., 2009).

2.6.1. *Trichoderma viride*

Trichoderma viride se u poljoprivredi koristi ne samo zbog njenog agrikulturnog značaja u suzbijanju fitopatogenih gljiva, već su istraživanja pokazala i sposobnosti za stimulaciju biljnog rasta, povećanje biljne mase, povećanje lisne mase te suhe mase. Zabilježena su i neka druga pozitivna djelovanja spora gljive *Trichoderma viride* kao što su stimulacija produkcije fitohormona te zbog saprofitske aktivnosti *Trichoderma viride* povećan je pristup hranjiva i minerala biljci (Topolovec-Pintarić i sur., 2017). Rezultati istraživanja koje su proveli Pascale i sur. (2017) pokazuju da *Trichoderma sp.* djeluje na povećanje ukupnih polifenola i antioksidacijskog kapaciteta u grožđu (*Vitis vinifera* L.). *Trichoderma* sojevi su prirodno otporni na mnoge toksične spojeve, uključujući herbicide, fungicide i pesticide te zbog toga inokulacijom u tlo brzo rastu. Pretpostavka je da je otpornost na toksične spojeve povezana s prisutnošću ABC transportnih sustava (Benitez i sur., 2004).

Kombinacija *Trichoderma viride* i kalcijevih iona (Ca + Tv) ili *Trichoderma viride* i bakrovih iona (Cu + Tv) u mikrokapsulama je zbog toga što oportunistički simbiont, *Trichoderma viride*, može stimulirati biljku na uzimanje hranjiva te pomoći uspostaviti uravnoteženu ishranu te urod (Topolovec-Pintarić i sur., 2017).

2.6.2. Kalcijevi ioni

Kalcijevi ioni su esencijalni dio koji ima veliku ulogu u strukturi i propusnosti stanične membrane, podjeli i produženju, karbonskoj translokaciji i N-metabolizmu (White, 2000; El-Beltagi i Mohamed, 2013).

Nedostatak kalcija može dovesti do deformacije presadnica i pojave međužilne kloroze te brzog odumiranja vrha. Kod starijih biljaka, rubovi mladih listova poprime smeđu boju, a neke međužilne zone požute, a ako potraje nedostatak kalcija, baza lista se suši i odumire. Cvjetni pupovi i vrh rasta se niti ne razviju. Najčešći i najuočljiviji simptom nedostatka kalcija je vršna trulež ploda (Petek, 2016).

2.6.3. Ioni bakra

Ion bakra (Cu^{2+}) je esencijalan mikronutrijent za biljke i koristi se za zaštitu od gljivica i bakterija u različitim usjevima. Ima važnu ulogu u fotosintezi, dišnom sustavu, staničnom metabolizmu, oksidativnom stresu i zaštiti te u biogenezi molibdena. Ion Cu^{2+} je mikro komponenta u rastu biljke, esencijalan u pojedinim biokemijskim i fiziološkim dijelovima (Murashige i Skoog, 1962), no u visokim koncentracijama postaje toksičan (Narula i sur., 2005). Stoga, bitno je kontrolirati dozu bakrovih iona tijekom rasta i razvoja biljke i minimalizirati ispuštanje bakrovih iona u okoliš. Također u interakciji s proteinom oštećuje glavni stanični proces, inaktivira enzime i uništava njihovu strukturu. Stoga, inkapsulacijom Cu^{2+} se može kontrolirati njegovo otpuštanje i djelovanje prema potrebi biljke (Vinceković i sur., 2017b). Mikrokapsulama koje sadrže Cu^{2+} može se regulirati količina iona dostupna biljkama te spriječiti njegov nedostatak, što je važno jer nedostatak iona bakra uzrokuje pojavu blage kloroze mladih listova i savijanje peteljki prema dolje, a liski prema gore. Osim toga, dolazi do gubitka turgora u mladim listovima, a kod jačeg nedostatka bakrovih iona javlja se nekroza te se na razvijenim listovima može pojaviti blijeđenje i bjelkasto sivi sjaj.

3. MATERIJALI I METODE

3.1. Postavljanje i provedba pokusa

Istraživanje je provedeno u negrijanom plasteniku površine 96 m^2 na pokušalištu Maksimir Zavoda za povrćarstvo, Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Sjetva četiri hibridna kultivara rajčice je obavljena 12. ožujka 2018. godine. Sjeme je posijano u polistirenske kontejnere sa 104 sjetvena mjesta, napunjene supstratom Potgrond H. Presadnice su uzgojene u grijanom zaštićenom prostoru. U fazi kotiledona, 26. ožujka obavljeno je pikiranje u kontejnere s 40 lončića. Prije sadnje, tlo zaštićenog prostora je malčirano crnom polietilenskom folijom ispod koje je postavljen sustav za navodnjavanje kapanjem (slika 3.1.1.). Sadnja presadnica s razvijenih 7 do 8 pravih listova obavljena je 24. travnja na razmak 40 cm između biljaka u redu i 100 cm između redova, čime je ostvaren sklop od 2,5 biljke/m^2.

Pokus je postavljen po split-plot metodi u tri ponavljanja. Glavni faktor je bio tretman mikrokapsulama, a podfaktor kultivar rajčice. Svakim tretmanom mikrokapsulama tretirane su 24 biljke, a po parceli su posađene 3 biljke. Berba je započela 12. srpnja i do 5. rujna je obavljeno 7 berbi u razmaku od 7 do 15 dana, prema vanjskim karakteristikama boje, oblika i veličine (Dobričević i sur., 2008). Tijekom višekratne berbe utvrđen je broj i masa tržnih plodova, tržni prinos te udio netržnih plodova i kvalitativna svojstva. Kemijskom analizom utvrđen je udio ukupnih polifenola, karotenoida te antioksidacijska aktivnost plodova.

Statistička obrada rezultata komponenti prinosa je provedena analizom varijance uz korištenje $LSD_{p<0,05}$ testa za utvrđivanje značajnosti razlika među testiranim faktorima i njihovim interakcijama. Rezultati kemijskih analiza statistički su obrađeni posthoc Tukey HSD testom ($p<0,05$).

Slika 3.1.1. Pokusni plastenik nakon sadnje rajčice
(Izvor: M. Šarić)

3.2. Mjere njege nasada

Osnovne mjere njege nasada (pinciranje zaperaka i omatanje biljke oko veziva). provođene su najmanje jednom tjedno. Sustavom za navodnjavanje kapanjem navodnjavalo se 1 do 3 puta tjedno s 15 do 20 mm vode. Prihrana rajčice obavljana je jednom tjedno vodotopivim Polyfeed gnojivima različite formulacije, ovisno o razvojnoj fazi rajčice. Nakon sadnje korištena je formulacija 11:44:11+1MgO+ME (mikroelementi) sa povećanim udiom fosfora kako bi se pospješio razvoj korijena i ukorjenjivanje. Tijekom faze vegetativnog rasta primijenjena je formulacija 20:20:20 sa podjednakim udiom dušika, fosfora i kalija. Prijelazom biljaka u generativnu fazu i tijekom plodonošenja korištena je formulacija 16:8:32+2MgO+ME sa povećanim udiom kalija. Gnojidba se provodila 1%-tnom otopinom dobivenom otapanjem 100 g gnojiva u 10 L vode. Otopina gnojiva injektirana je u sustav za navodnjavanje pomoću dozatora. Tijekom plodonošenja, jednom tjedno je primijenjivana na isti način pripremljena otopina kalcijeva nitrata (15,5 % N, 26,5 % CaO).

U pokusnom nasadu nije zabilježena pojavila biljnih bolesti, ali je ovisno o kultivaru zabilježen različiti intenzitet pojave fiziološkog poremećaja vršne truleži ploda. Od štetnika zabilježena je pojava bijele mušice (slika 3.2.1.), protiv koje nije obavljano tretiranje.

Slika 3.2.1. Vršna trulež rajčice (Izvor: https://www.agronomija.info) i bijele mušice (Izvor: http://pinova.hr/hr)

3.3. Primjena mikrokapsula

U istraživanju su testirana djelovanja četiri vrste kapsula na četiri sorte rajčice. Kapsule koje su se koristile bile su: kapsule s kalcijevim ionima (Ca), kapsule s bakrovim ionima (Cu), kapsule s kalcijevim ionima i sporama gljive *Trichoderma viride* (Ca + Tv) te kapsule s bakrovim ionima i sporama gljive *Trichoderma viride* (Cu + Tv). Parcele bez primjene mikrokapsula predstavljale su kontrolnu varijantu (K). Po biljci se primjenjivalo 4 grama kapsula.

Mikrokapsule su pripremljene tehnikom ionskog geliranja. Izrada mikrokapsula se provodi dokapavanjem otopine nosača aktivne tvari, natrijevog alginata inkapsulatorom Büchi - Encapsulator B-390 (BÜCHI Labortechnik AG, Švicarska) u otopine 1%-tnog $CaCl_2$ ili 1%-

tnog $CuSO_4x5H_2O$. Koncentracija natrijevog alginata je 1,5% (w/v). Otopina natrijevog alginata ili smjesa natrijevog alginata i spora *T. viride* propušta se kroz mlaznicu veličine 300 µm pri frekvenciji vibracija od 800 Hz i tlaku od 120 mbar (Encapsulator Büchi-B390, BÜCHI Labortechnik AG, Švicarska). Mikrosfere koje nastaju gotovo trenutno, sadrže ili aktivne tvari iona ili kombinaciju iona i spora *T. viride* u mreži kalcijevog alginata i miješaju se na magnetnoj miješalici (IKA topolino, USA) oko 30 min kako bi dodatno očvrsnule. Potom se filtriraju kroz jednoslojni muslin i ispiru 3x s destiliranom vodom (Vinceković i sur., 2016).

3.4. Testirani kultivari

'Abellus' je rajčica blago plosnata, crvene boje bez zelenog prstena oko peteljke i izuzetno ujednačena. Plodovi nisu podložni pucanju i dugo ostaju svježi. Masa ploda je prosječno 150 do 180 g (slika 3.4.1.). Stabljika je kompaktna, kratkih internodija. Rani je hibridni kultivar za zaštićene prostore. Biljci nakon sadnje odgovara viša EC-vrijednost, od 2,8 do 3,2 u rano proljeće, te od 2,5 do 2,8 ljeti (http://www.kadmo.hr/).

Slika 3.4.1. Plod rajčice kultivara 'Abellus' (http://www.agrohemija.com/)

Kultivar **'Alamina'** razvija okruglaste plodove intenzivne crvene boje. Plodovi su ujednačeni po obliku i masi, čvrsti te ne pucaju. Njihova prosječna masa je 180 do 220 g (slika 3.4.2.). 'Alamina' je rani hibrid. Njezina ranozrelost uspoređuje se s poludeterminentnim hibridima. Dobro podnosi slabije osvjetljenje i hladnije ili ekstremno tople periode. Generativna je biljka, rasta otvorenog tipa. U proljeće i jesen ima kraći uzgojni ciklus (http://www.kadmo.hr/).

Slika 3.4.2. Plod rajčice kultivara 'Alamina' (https://www.kadmo.hr/)

'Clarabella' ima krupne, čvrste, malo spljoštene plodove. Plodovi nemaju zeleni prsten oko peteljke i nisu podložni pucanju. Okus ploda je pun i aromatičan. Plod ima prosječnu masu 200 do 220 g (slika 3.4.3.). Biljka ima srednje duge do dugačke internodije te nije bujna. To je rodan, rani hibrid za intenzivan uzgoj u zaštićenim prostorima, koji ostvaruje visoke prinose (http://www.kadmo.hr/).

Slika 3.4.3. Plod rajčice kultivara 'Clarabella' (https://www.kadmo.hr/)

'Vasanta' je poluvisoki hibrid rajčice visokog prinosa. Njezini plodovi su tamno crvene boje, okrugli, čvrsti i iznimne kvalitete. Prosječna masa ploda je oko 170 do 200 g (slika 3.4.4.). Zatvorena je biljka, snažnog porasta. Može se uzgajati na jednu granu te će berba biti ranije, ili na dvije grane te će prinos biti veći. Kultivar 'Vasanta' se preporučuje za proljetni uzgoj (Rijk Zwaan 2017).

Slika 3.5.4. Plod rajčice kultivara 'Vasanta' (https://hollandfarming.ro/)

3.5. Kemijske analize

3.5.1. Priprema uzorka

Za potrebe kemijskih analiza sakupljeni su reprezentativni uzorci plodova rajčice po tretmanima. Uzorkovanje je obavljeno u dva navrata tijekom plodonošenja, a svaki uzorak se sastojao od dva ploda. Određivanje udia ukupnih polifenola započinje pripremom uzorka. Priprema uzorka kreće s pripremom praha rajčice. Za pripremu praha, uzorci rajčice usitnjeni u blenderu, stavljaju se na etape u sušionik i suše oko 8 h. Zatim se tako osušeni uzorci usitnjavaju u laboratorijskom mikseru na 30 sekundi, prosijavaju (<450 µm) i spremaju u kivete te se čuvaju zaštićene od svjetla na 4°C (slika 3.5.1.1.).

Slika 3.5.1.1. Kivete s osušenim i usitnjenim uzorcima ploda rajčice i sušionik
(izvor: Martina Šarić)

Odmjeri se 1 g praha rajčice u Erlenmeyerova tikvicu te se doda 50 mL 30%-tnog (v/v) etanola i stavlja na orbitalnu tresilicu na miješanje. Nakon 1 sat, uzorak se filtrira uz pomoć vakuum pumpe preko Whatman No. 4 filter papira te se filtrat prenese u tikvicu od 50 mL i dopuni otapalom.

3.5.2. Određivanje udia suhe tvari

Za određivanje suhe tvari svježi uzorak se sjecka na komadiće i stavlja u blender na 30 sekundi. Pet grama tako usitnjenog uzorka suši se u uređaju u PMB 202 MoistureAnalyzer (slika 3.5.2.1.) kako bi se odredila ukupna količina suhe tvari. Mjeri se početna masa, završna masa, ukupna vlaga te vrijeme sušenja.

Slika 3.5.2.1. PMB 202 MoistureAnalyzer – uređaj za određivanje udia vlage u uzorku
(Izvor: Martina Šarić)

3.5.3. Određivanje udia karotenoida (likopena i β-karotena)

Za određivanje karotenoida potrebno je odvagati 0,05 g praha rajčice. Uzorak se stavlja u kivetu te se dodaje 10 ml otopine acetona i heksana (4:6). Da bi se uzorak zaštitio tijekom ekstrakcije, kiveta mora biti umotana u foliju. Uzorak s otopinom se miješa 1 minutu, filtrira kroz filter papir u tikvicu od 10 ml. Filtrat se nadopuni otopinom acetona i heksana do oznake (slika 3.5.3.1.). Kako bi se izračunala količina likopena i β-karotena, izmjeri se apsorbancija filtrata uz pomoć UV-Vis spektrofotometra pri valnim duljinama 663nm, 505nm i 453nm. Ekstrakti se pripremaju u paralelama. Otapalo se koristi kao slijepa proba.

Za izračun se koriste dvije jednadžbe:

Likopen (mg/100 mL) = -0,0458 x A663 + 0,372 x A505 - 0,0806 x A453

Rezultati se preračunaju i izražavaju kao μg likopena po g suhe tvari (ST) uzorka.

Slika 3.5.3.1. Filtrat smjese aceton/heksana i uzorka
(Izvor: M. Šarić)

3.5.4. Određivanje udia ukupnih polifenola

Metoda analize ukupnih polifenola se temelji na kolorimetrijskoj reakciji Folin-Ciocalteau reagensa s nekim reducirajućim reagensom, tj. polifenolnim spojem. U epruvetu se dodaje 0,1 mL ekstrakta praha rajčice, 7,9 mL destilirane vode te 0,5 mL Folin-Ciocalteau reagensa (razrijeđenog s vodom u omjeru 1:2). Reakcija započinje dodatkom 1,5 mL 20 %-tne (w/v) otopine natrijeva karbonata (Na_2CO_3). Epruveta se dobro promiješa (vorteks). Tako pripremljen uzorak (slika 3.6.2.1.) stoji 2 sata na sobnoj temperaturi te se mjeri apsorbancija razvijenog plavog obojenja na 765 nm, u odnosu na slijepu probu. Slijepa proba priprema se na isti način kao i ispitivani uzorci, ali razlika je da se umjesto ekstrakta u reakcijsku smjesu dodaje 30%-tni etanol (v/v) kao otapalo.

Izrada baždarnog pravca za određivanje ukupnih polifenola:

Iz osnovne otopine standarda galne kiseline koncentracije 1000 mg/L, u odmjerne tikvice od 50 mL pripreme se sljedeća razrjeđenja: 50, 100, 200, 300, 400, 600 i 800 mg/L. Postupak reakcije se ponavlja s Folin-Ciocalteau reagensom, ali umjesto uzorka u reakcijsku smjesu se dodaje 0,1 mL pripremljenih razrjeđenja galne kiseline. Na temelju dobivenih vrijednosti apsorbancije i vrijednosti koncentracije galne kiseline, računa se baždarni pravac. Prema tom pravcu, tj. njegovoj jednadžbi se izračunava koncentracija ukupnih polifenola u uzorvima. Rezultati se izražavaju kao mg ekvivalenata galne kiseline (EGK) po gramu suhe tvari uzorka.

Slika 3.5.4.1. Reakcijska smjesa za određivanje ukupnih polifenola
(Izvor: M. Šarić)

3.5.5. Određivanje antioksidacijskog kapaciteta DPPH metodom

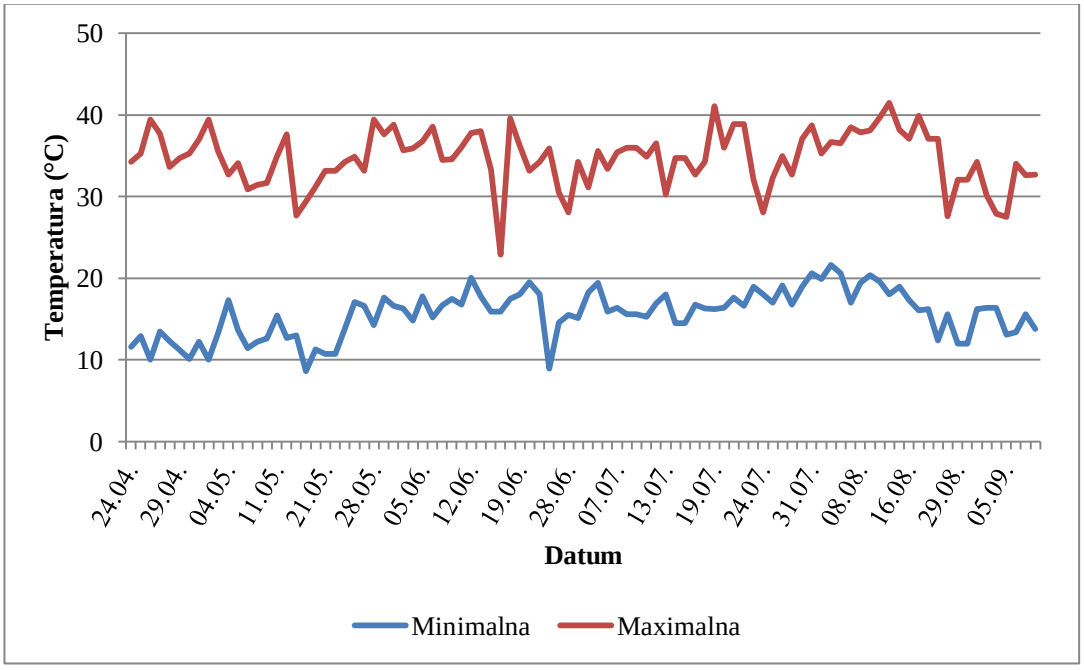
Metoda se temelji na redukciji 1,1-difenil-2-pikrilhidrazil (DPPH) radikala u metanolnoj otopini. Postupak određivanja započinje pripremom 0,094 mmol/L otopine 1,1-difenil-2-pikrilhidrazil radikala (DPPH) u metanolu. 100 mL ekstrakta se pipetira u epruvetu te se doda 3,9 mL 0,094 mmol/L otopine DPPH. Reakcijska smjesa se vorteksira, a reakcija se provodi kroz 30 minuta u mraku nakon čega se mjeri apsorbancija pri 515 nm. U slijepoj probi umjesto uzorka dodaje se metanol. Izrada baždarnog pravca:

U odmjernoj tikvici od 50 mL od osnovne otopine standarda Trolox-a koncentracije 1 mmol/L priprema se razrjeđenje: 0,1 mmol/L, 0,25 mmol/L, 0,5 mmol/L i 0,75 mmol/L. Postupak reakcije s DPPH radikalom se ponavlja, ali umjesto uzorka, dodaje se 100 µL pripremljenih razrjeđenja standarda Trolox-a. Iz izračuna vrijednosti apsorbancija i vrijednosti koncentracije Trolox-a izrađuje se baždarni pravac ovisnosti apsorbancija [Y-os (ΔA)] o koncentraciji [X-os (mmol/L)]. Apsorbancija uzorka se oduzima od apsorbancije slijepe probe. Ista apsorbancija se pomoću baždarnog pravca preračuna na koncentraciju Trolox-a, postiže se isti reakcijski učinak. Rezultati se izražavaju kao ekvivalenti Troloxa (ET) po gramu suhe tvari uzorka.

4. REZULTATI I RASPRAVA

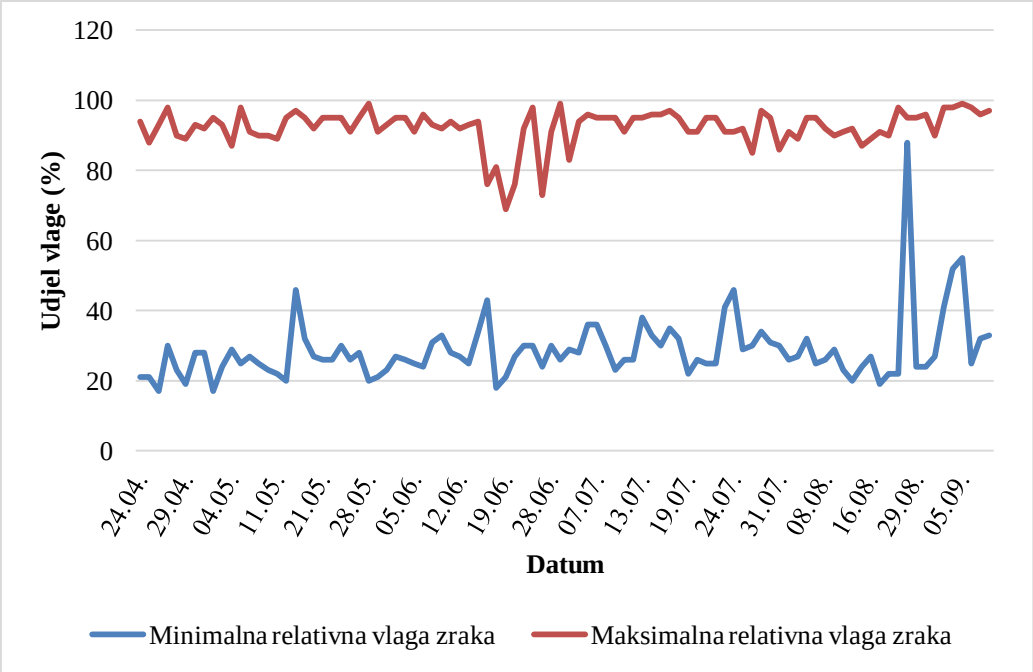
4.1. Temperatura i relativna vlaga zraka

Grafikon 4.1.1. prikazuje izmjerene vrijednosti temperature u plasteniku tijekom vegetacije rajčice. Prosječna maksimalna temperatura u plasteniku je bila 35,0 °C, a prosječna minimalna 16,6 °C. Najviša minimalna temperatura zraka od 21,6 °C zabilježena je 2. kolovoza, a najniža maksimalna temperatura od 22,9 zabilježena je 15. lipnja. Najviša izmjerena temperatura zraka od 41,5 °C zabilježena je 13. kolovoza, a najniža temperatura zraka od 8,6 °C zabilježena je 16. svibnja. Prema Borošiću (2016) i Lešić i sur. (2006), optimalni rast rajčice smatra se da je pri dnevnim temperaturama od 20 do 25 °C i noćnima od 13 do 17 °C.



Grafikon 4.1.1. Temperatura zraka u plasteniku tijekom vegetacije rajčice

Grafikon 4.1.2. prikazuje izmjerenu relativnu vlagu zraka u plasteniku tijekom vegetacije rajčice. Prosječna maksimalna relativna vlaga zraka iznosila je 92,3 %, a prosječna minimalna 28,6 %. Minimalna relativna vlaga zraka od 17 % zabilježena je 26. travnja i 2. svibnja, a maksimalna relativna vlaga zraka od 99 % zabilježena je 28. svibnja i 5. rujna. Najmanja maksimalna relativna vlaga zraka od 69 % zabilježena je 19. lipnja, a najviša minimalna relativna vlaga zraka od 88 % zabilježena je 28. kolovoza. Prema literaturi, 50 do 60 % relativne vlažnosti zraka je potrebna za normalan rast i razvoj rajčice. (https://www.agroklub.com)



Grafikon 4.1.2. Relativna vlaga zraka u plasteniku tijekom vegetacije rajčice

4.2. Komponente prinosa

4.2.1. Broj tržnih plodova po biljci

Broj tržnih plodova po biljci najveći je kod kultivara 'Abellus' (35) koji se značajno razlikuje od drugih testiranih kultivara (tablica 4.2.1.1.). To se moglo vidjeti i tijekom vegetacije u pokusnom plasteniku. Plodovi su većinom bili zdravi, crveni i imali su potrebnu tvrdoću. Statistički podjednak broj tržnih plodova ubran je sa biljaka kultivara 'Alamina' (25,3) i 'Vasanta' (21,3). Značajno manje tržnih plodova (14,6) od ostalih kultivara razvile su biljke kultivara 'Clarabella', što je rezultat intenzivne pojave vršne truleži na plodovima.

Tretmani mikrokapsulama nisu značajno utjecali na broj tržnih plodova po biljci (tablica 4.2.1.1.). Sa netretiranih biljaka ubrano je prosječno 24,3 ploda, dok je ovisno o tretmanu broj tržnih plodova po biljci bio u rasponu od 23,5 kod primjene mikrokapsula Cu + Tv do 24,5 kod primjene mikrokapsula sa kalcijevim ionima.

Među testiranim interakcijama utvrđene su značajne razlike, no karakteristično je da je kod svih kultivara osim 'Clarabelle' najveći broj tržnih plodova utvrđen pri tretmanu mikrokapsulama Ca i Ca + Tv (grafikon 4.2.1.1.). Kod 'Clarabelle' je tretman mikrokapsulama Ca + Tv i Cu + Tv značajno smanjio broj tržnih plodova tako da je ubrano svega 8, odnosno 10,3 tržna ploda po biljci, što je bilo statistički podjednako sa netretiranim biljkama 'Clarabelle', a značajno manje od svih ostalih interakcija. Iz navedenog se može zaključiti kako je kultivar 'Clarabella' osjetljiv na gljivu *Trichoderma viride* (Tv).

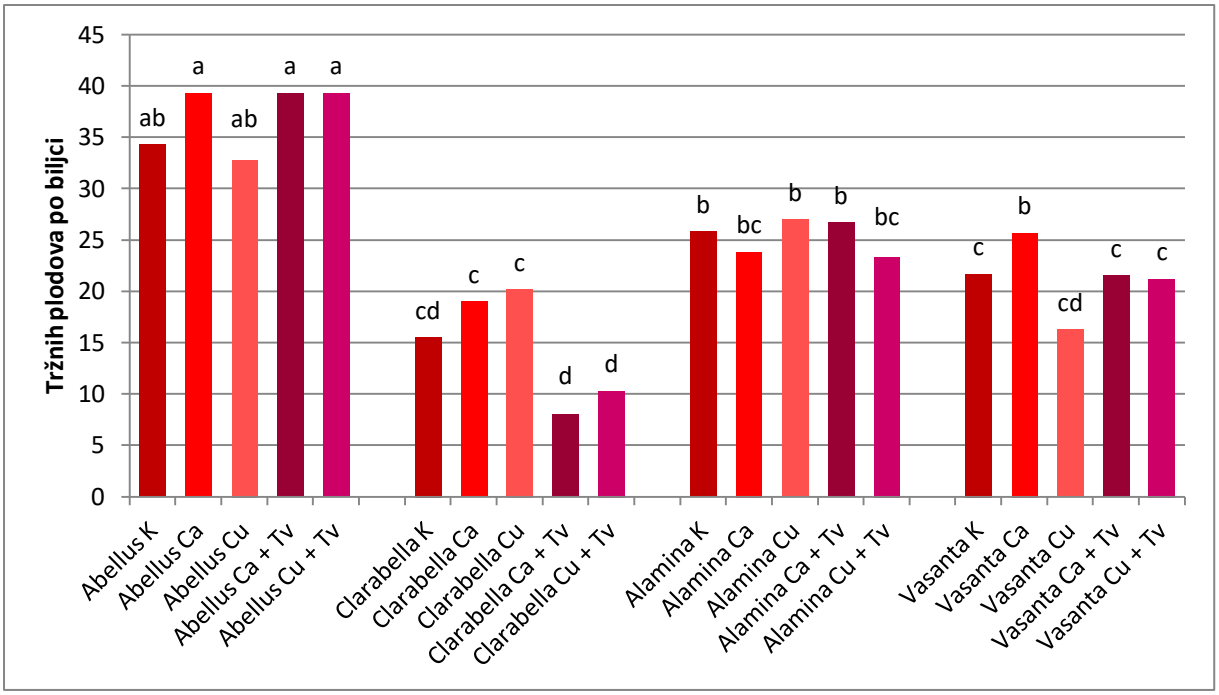
Po brojnosti tržnih plodova može se izdvojiti kultivar 'Abellus', koji je kod svih tretmana imao najveći broj plodova po biljci (od 32,8 do 39,3). Najviše tržnih plodova imale su biljke tretirane mikrokapsulama Ca te Ca + Tv i Cu + Tv, što dovodi do zaključka da su obrnuto od kultiuvara 'Clarabella', mikrokapsule s *Trichodermom viride* imale pozitivan učinak na kultivar 'Abellus'.

Kultivar 'Alamina' je ovisno o tretmanu mikrokapsulama razvio od 23,3 do 27 tržnih plodova po biljci bez značajnih razlika među tretmanima. Kod kultivara 'Vasanta' ističe se tretman mikrokapsulama s kalcijevim ionima (25,7 tržnih plodova po biljci), dok je na ostalim tretmanima i kontroli bez tretiranja utvrđen značajno manji broj tržnih plodova (grafikon 4.2.1.1.).

Tablica 4.2.1.1. Komponente prinosa kultivara rajčice tretiranih mikrokapsulama

	Broj tržnih plodova po biljci	Masa tržnih plodova, g	Tržni prinos, g/biljci	Udio netržnih plodova, %
		Kultivar		
Abellus	35,0 [a*]	155,4 [c]	5467 [a]	9,7 [b]
Clarabella	14,6 [c]	179,9 [ab]	2702 [c]	34,6 [a]
Alamina	25,3 [b]	185,3 [a]	4699 [ab]	7,2 [b]
Vasanta	21,3 [b]	173,5 [b]	3765 [b]	10,2 [b]
$LSD_{p<0,05}$	4,978	8,47	954	5,360
		Mikrokapsule		
K	24,3	158,3 [d]	3748	12,1 [b]
Ca	24,5	166,7 [c]	4009	16,0 [ab]
Cu	24,1	192,1 [a]	4616	7,5 [b]
Ca + Tv	23,9	174,7 [bc]	4223	21,0 [a]
Cu + Tv	23,5	181,5 [b]	4194	20,6 [a]
$LSD_{p<0,05}$	4,136 n.s.	8,06	1344 n.s.	4,232

* Vrijednosti označene istim slovom unutar jednog stupca ne razlikuju se značajno prema $LSD_{p<0,05}$



* Stupci označen istim slovom ne razlikuju se značajno prema $LSD_{p<0,05}$

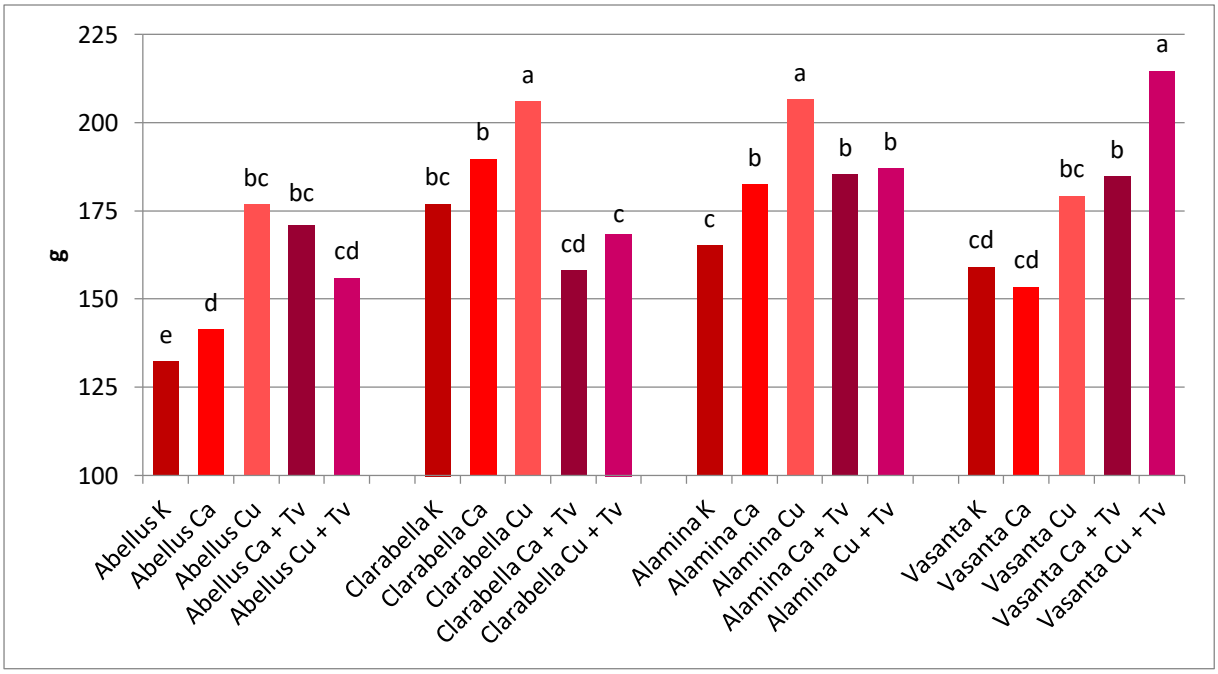
Grafikon 4.2.1.1. Broj tržnih plodova po biljci kod interakcija testiranih faktora

4.2.2. Masa tržnih plodova

Najkrupnije plodove (185,3 g) razvio je kultivar 'Alamina' i oni su bili statistički podjednake mase sa plodovima kultivara 'Clarabella' (179,9 g) te značajno krupniji od preostala dva kultivara. Najsitnije plodove mase 155,4 g razvio je kultivar 'Abellus' (tablica 4.2.1.1.), ali to je njegova genetska osobina da razvija nešto sitnije plodove u odnosu na ostale kultivare u pokusu.

Kod tretmana može se istaknuti tretman mikrokapsula s ionima bakra. Biljke tretirane ovim mikrokapsulama razvile su najkrupnije plodove mase 192,1 g. Značajno manju masu (158,3 g) u odnosu na sve tretmane imale su netretirane biljke, što dovodi do zaključka da su tretmani imali značajan utjecaj na masu tržnog ploda (tablica 4.2.1.1.).

Među interakcijama testiranih faktora može se izdvojiti tretman mikrokapsulama Cu kod kultivara 'Alamina' i 'Clarabella' te mikrokapsulama Cu + Tv kod kultivara 'Vasanta' koji su rezultirali značajno najvećom masom tržnih plodova, većom od 200 g (grafikon 4.2.2.1.). Značajno najsitniji plodovi mase 132,2 g utvrđeni su na netretiranim biljka kultivara 'Abellus'. Masa tržnih plodova ostalih interakcija bila je u rasponu od 141,3 g kod kultivara 'Abellus' tretiranog mikrokapsulama Ca do 189,7 g kod kultivara 'Clarabella' također tretiranog mikrokapsulama Ca.



* Stupci označen istim slovom ne razlikuju se značajno prema $LSD_{p<0,05}$

Grafikon 4.2.2.1. Masa tržnih plodova kod interakcija testiranih faktora

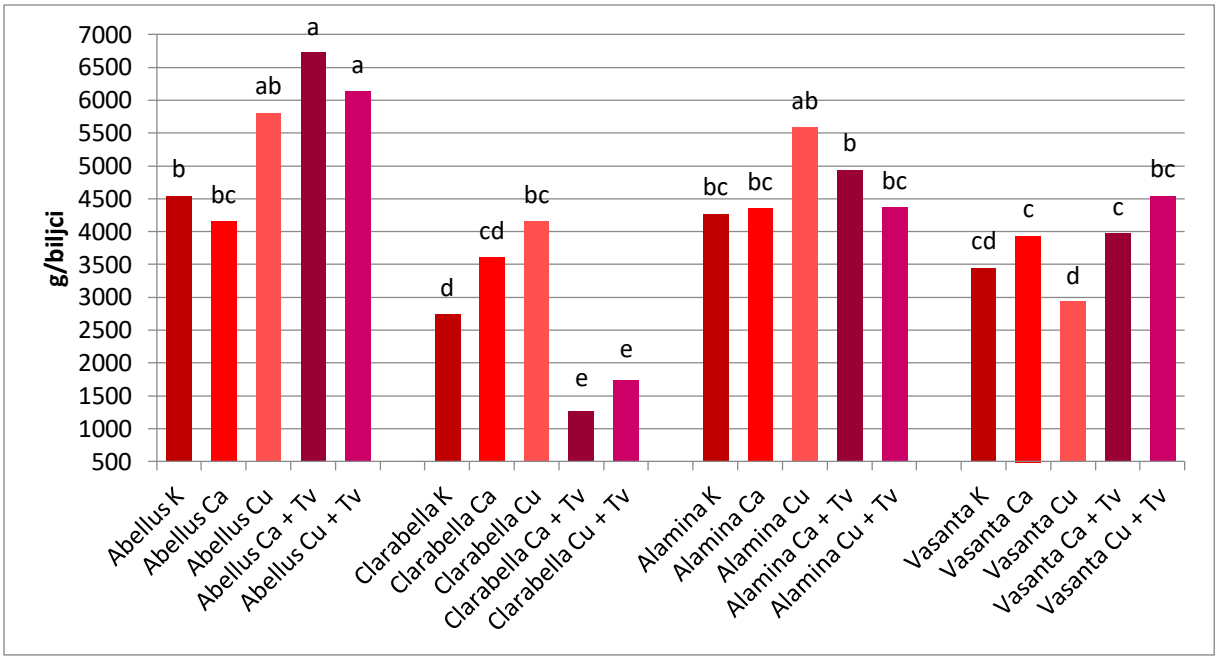
4.2.3. Tržni prinos

Podaci o ostvarenom prinosu tržnih plodova (tablica 2.4.1.1.) ukazuju na veliku razliku između sorti. Značajno najviši prinos je ostvario kultivar 'Abellus' (5467 g/biljci), što je u skladu s najvećim brojem tržnih plodova ostvarenim kod ovog kultivara. Suprotno tome, kultivar 'Clarabella' ostvario je signifikantno najmanji prinos (2701 g/biljci), što je u korelaciji s najmanjim brojem tržnih plodova po biljci.

Iako je najniži prinos (3748 g/biljci) ostvaren sa neteretiranih biljaka, primjena mikrokapsula nije rezultirala značajnim povećanjem tržnog prinosa rajčice (tablica 2.4.1.1.). Najviši prinos od 4616 g/biljci ostvaren je sa biljaka tretiranih mikrokapsulama Cu, što je povezano s najvećom masom tržnih plodova ostvarenom pri istom tretmanu.

Najviši prinos od 6716 g/biljci zabilježen je kod kultivara 'Abellus' tretiranog mikrokapsulama Ca + Tv (grafikon 4.2.3.1.). Statistički podjednak prinos zabilježen je kod istog kultivara tretiranog mikrokapsulama Cu + Tv (6133 g/biljci) i Ca (5804 g/biljci) te kod kultivara 'Alamina' tretiranog mikrokapsulama Cu (5577 g/biljci). ,

Značajno najmanji prinos od 1265, odnosno 1741 g/biljci ostvaren je kod kultivara 'Clarabella' tretiranog mikrokapsulama Ca + Tv i Cu + Tv i rezultat je vrlo malog broja tržnih plodova po biljci.



* Stupci označen istim slovom ne razlikuju se značajno prema $LSD_{p<0,05}$

Grafikon 4.2.3.1. Tržni prinos kod interakcija testiranih faktora

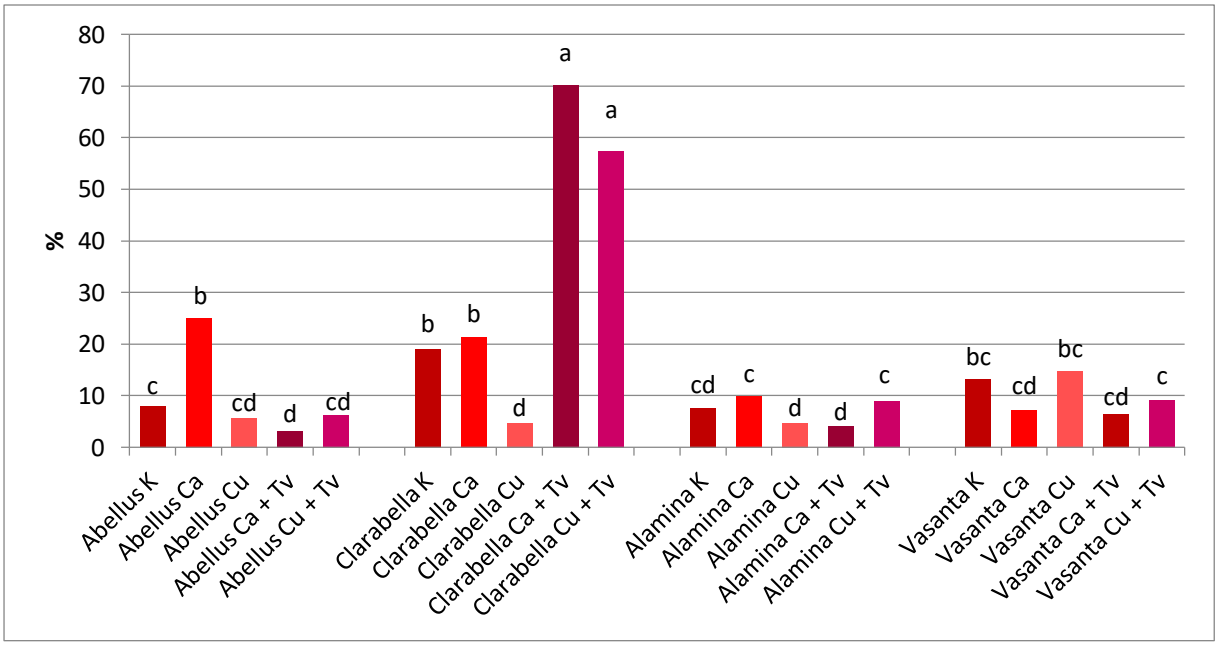
4.2.4. Udio netržnih plodova

Na udio netržnih plodova uvelike utječu štetnici, fiziološki poremećaji i sl. Kod kultivara 'Clarabella' zabilježena je intenzivna pojava vršne truleži ploda tako da je udio netržnih plodova iznosio 34,6 % (tablica 4.2.1.1.) i bio je značajno veći nego kod ostalih kultivara u pokusu. Udio netržnih plodova kod ostalih kultivara bio je u rasponu od 7,2 ('Alamina') do 10,2 % ('Vasanta').

Obzirom na tretmane, najmanji udio netržnih plodova (7,5 %) zabilježen je kod tretmana mikrokapsulama Cu, dok su tretmani mikrokapsulama Ca + Tv i Cu + Tv rezultirali najvišim udiom netržnih plodova od 21, odnosno, 20,6 %. Suprotno očekivanjima, tretman mikrokapsulama Ca nije doveo do značajnog smanjenja pojave vršne truleži ploda (16,0 %).

Značajno najviši udio netržnih plodova zabilježeni su kod biljaka kultivara 'Clarabella' (grafikon 4.2.4.1) tretiranih mikrokapsulama koje sadrže spore *T. viride* (70,2 % tretman Ca + Tv i 57,5 % tretman Cu + Tv), te može se zaključiti da je na udiol netržnih plodova kod ovog kultivara značajan negativni utjecaj imala gljiva *T. viride*. Najniži udio netržnih plodova kod ovog kultivara (4,7 %) zabilježen je kod biljaka tretiranih mikrokapsulama s bakrovim ionima i on je bio u rangu s dijelom interakcija kod kojih je udio netržnih plodova bio u rasponu od 3,3 do 7,7 %.

Unutar svih kultivara velike su oscilacije u ostvarenim rezultatima udia netržnih plodova. Od testiranih tretmana može se izdvojiti primjena mikrokapsula Ca + Tv, koje su kod svih kultivara osim 'Clarabelle' pridonijele najnižem udiu netržnih plodova (grafikon 4.2.4.1.).



* Stupci označen istim slovom ne razlikuju se značajno prema $LSD_{p<0,05}$

Grafikon 4.2.4.1. Udio netržnih plodova kod interakcija testiranih faktora

4.3. Kemijske analize

Kemijskim analizama rajčica određen je udio vode, likopena, ukupnih polifenola i antioksidacijski kapacitet (ABTS). Rezultati su prikazani u tablici 4.3.1..

4.3.1. Udio suhe tvari

Usporedbom rezultata kod udia suhe tvari nema velikih odstupanja. Svaki kultivar i svaki tretman (mikrokapsula) te kontrola varira između 5,1 – 8,1 %. Najmanji udio suhe tvari je imao kultivar 'Vasanta' bez tretmana i tretiran kapsulama Cu + Tv, dok je najveći udio imao kultivar 'Abellus' tretiran mikrokapsulama Cu + Tv. Prema dobivenim rezultatima, nije bilo statistički velikog značajnog utjecaja tretmana na udio suhe tvari u plodovima rajčica. Moglo bi se jedino izdvojiti kultivar 'Abellus' tretiran mikrokapsulama Cu + Tv jer ima malo odstupanje od literature. Nadalje, rezultati su u skladu s literaturom Lešić i sur. (2016) navode da je udio vode u plodu rajčice između 5 - 7 %. No, prema Dobričević N. i sur. (2009) rajčice uzgojene u kamenoj vuni imaju jako manji udio suhe tvari, od 4,40% do 5,49% i prema Dobrićević i sur. (2008) rajčica uzgojena u hidroponu i tlu također imaju manje srednje vrijednosti suhe tvari 5,12-5.22%.

4.3.2. Likopen

Likopen je pigment zaslužan za crvenu boju rajčice. Ima antioksidacijsko djelovanje povezano sa smanjenjem oštećenja proteina, lipida i drugih staničnih struktura. Likopen se ubraja u sastojke hrane s potencijalnim funkcionalnim učincima (Marković i sur., 2006).

Rezultati su pokazali da postoji statistički značajan utjecaj primjene mikrokapsula na sve kultivare u sadržaju likopena. Neki kultivari poput 'Abellusa' i 'Vasante' pokazuju veći sadržaj likopena (506,66 µg/g ST i 728,54 µg/g ST) tretmanom mikrokapsulama koje sadrže samo kalcijeve ione u odnosu na kontrolu (293,64 µg/g ST i 338,01 µg/g ST). Na kultivare 'Clarabella' i 'Alamina' su više imali utjecaj tretmani mikrokapsulama koje sadrže kombinaciju kalcijevih iona i *T. viride* spora s vrijednostima od 784,19 µg/g ST i 563,75 µg/g ST, a relativno na odgovarajuće kontrole 309,95 µg/g ST i 248,29 µg/g ST sa statistički značajnim razlikama.

Utjecaj kalcijevih iona na sintezu likopena u plodovima rajčice pokazali su Garica i sur. (1995) koji su proveli istraživanje u kojem su folijarno tretirali biljke rajčice sa 0,1 mol/L $CaCl_2$. Nakon berbe, tretirane i netretirane plodove su spremili. Plodovi tretirani Ca^{2+} tijekom skladištenja održali su čvrstoću i brže su postigli crvenu boju što upućuje na veću koncentraciju likopena i utjecaj kalcijevih iona na njegovu sintezu. Subbiah i Perumal (1990) istraživali su utjecaj prskanja otopine s kalcijevim ionima na rajčici. Statistički je dokazano da se koncentracija likopena povećala u plodu rajčice. Biljka je primala Ca 0, 0,2 ili 0,3 % iz 3 različita izvora: kalcijev oksid, kalcijev klorid i kalcijev sulfat koji su primijenjeni folijarnim prskanjem. Nadalje, istraživanje od Kazemi (2014) pokazuje utjecaj folijarnog dodatka Ca^{2+} samog ili u kombinaciji s humusnom kiselinom na povećanje koncentracije likopena u rajčicama. Zelená i sur. (2009) su istraživali fertilizaciju rajčice s dušikom u različitim kombinacijama i najjači učinak na koncentraciju likopena imala je fertilizacija dušikom u kombinaciji s kalcijem.

Lešić i sur., 2006; Matotan , 2004.; Bramley, 2000 te Hart i Scott, 1995. navode da se vrijednost likopena u rajčici obično kreće oko 30 do 50 µg/g. U nekim sortama su pronađeni i viši udio, čak 927 µg/g (Tonucci i sur., 1995). Tamnocrvene sorte imaju više od 150 µg/g, žute oko 5 µg/g (Hart i Scoot, 1995). Shi i sur. (1999) su u istraživanju utjecaja različitih načina sušenja rajčice na ukupnu količinu likopena došli do rezultata od 75,5 µg/g ST Testirane rajčice se ističu svojim vrijednostima od literature, pa čak i kod nekih zapisa su vrijednosti 10x manje, nego što se dobilo kemijskom analizom testiranih rajčica.

4.3.3. Ukupni polifenoli

Polifenoli su biološki aktivne tvari vrlo rasprostranjene u prirodi i značajno prisutne u ljudskoj prehrani. Po strukturi to su aromatski spojevi s više hidroksilnih supstituenata. Rijetko se nalaze u slobodnom obliku u prirodi, uglavnom su u esterificiranom ili konjugiranom obliku (Čović i sur., 2009).

Ioni bakra sudjeluju u sintezi sekundarnih biljnih metabolita (kao npr. polifenola). Mogu inducirati sintezu sekundarnih biljnih metabolita s pozitivnim djelovanjem na stvaranje alkaloida, sintezu alkanina (Mizukami i sur., 1977; Fujita i sur., 1981), stvaranje digitalina (Ohlsson i Berglund, 1989) i betanina (Trejo-Tapia i sur., 2001).

Statistički značajne razlike kod rezultata udia ukupnih polifenola se pojavljuju kod 'Clarabella' Ca (5,92 mg EKG/g ST) te 'Vasanta' Ca + Tv (5,23 mg EKG/g ST) tretmana, dok kod ostalih kultivara utjecaj mikrokapsula nije bio statistički značajan. Relativno niži udio ukupnih polifenola pojavljuju se kod netretiranih biljaka ('Vasanta' K 3,50 mg EKG/g ST, 'Abellus' K 3,97 mg EKG/g ST). Rezultati su nešto niži u odnosu na istraživanja Lenuccia i sur. (2006) gdje je količina polifenola u rajčicama bila 13,6 mg of EGK/g ST, no s obzirom na to da su rajčice druge sorte i drugačijeg načina uzgoja, razlika je očekivana.

Rezultati pokazuju da kod određenih kultivara na povećanje ukupnih polifenola veliki utjecaj ima tretman s mikrokapsulama koje sadrže kalcijeve ione ili kombinaciju kalcijevih iona i *T. viride* spora.

Polifenolni spojevi se uglavnom sintetiziraju pomoću prijenosa signala u stanicama (Bais i sur., 2002; Li i sur., 2005). Uloga Ca^{2+} u metabolizmu polifenola opisana je kod mnogih autora, a prvi rad napisali su Castaneda i Perez (1996) koji je demonstrirao ulogu kalcijevog iona u sintezi polifenolnih dijelova. Djelovanje Ca^{2+} povećava aktivaciju fenilalanin aminolazu koja završava s akumulacijom polifenola što povećava otpornost od infekcije biljke od biljnih patogena. Također, Ca^{2+} indirektno aktivira peroksidazu tako da kation inducira poprečnu vezu pektinskog lanca u strukturu koja je poznata kao izoperoksidaza.

4.3.4. ABTS – antioksidacijski kapacitet

Raspon vrijednosti unutar kultivara je u rasponu od 14 do 23 μmol ET/g ST. U principu, netretirane rajčice imaju relativno niže vrijednosti u odnosu na tretirane. Najveći antioksidacijski kapacitet je određen kod rajčica tretiranih mikrokapsulama s kalcijevim ionima ili mikrokapsulama s bakrovim ionima.

Najveće oscilacije unutra sorte se pojavljuju kod kultivara 'Clarabella' i 'Vasanta'. Najveći antioksidacijski kapacitet kod oba kultivara imale su rajčice tretirane mikrokapsulama koje sadrže kalcijeve ione, a najmanji antioksidacijski kapacitet je određen kod netretiranih rajčica. Netretirane rajčice 'Clarabella' imaju općenito najniži antioksidacijski kapacitet. Admed i sur. (2016) su u svojem istraživanju dokazali da dodatak Ca^{2+} povećava antioksidacijski kapacitet u biljci. Osim što Ca^{2+} utječe na sintezu polifenolnih spojeva, posljedično utječe i na povećani antioksidacijski kapacitet, s obzirom na to da polifenolni spojevi reagiraju sa slobodnim radikalima.

Kod kultivara 'Alamina' i 'Abellus' nema velikih oscilacija unutar kultivara, ali niti između kultivara. Jedina razlika u svim rezultatima općenito je što je kod kultivara 'Alamina'

najniži antioksidacijski kapacitet određen kod rajčica tretiranih mikrokapsulama Cu + Tv, a najviši na rajčicama tretiranih mikrokapsulama Cu. Dakle, usporedba rezultata kultivara 'Alamina' upućuje na osjetljivost kultivara na *T. viride* spore, tj. utjecaja *T. viride* spora na antioksidacijski kapacitet.

Primjenom mikrokapsula može se povećati antioksidacijski kapacitet, a za svaki kultivar bi se trebala prilagoditi priprema mikrokapsula prema potrebama biljaka.

Tablica 4.3.1. Kemijska analiza rajčice

Uzorak	**Udio suhe tvari (%)**	**Likopen (µg/g ST)**	**Ukupni polifenoli (mg EKG/g ST)**	**ABTS (µmol ET/g ST)**
Abellus Ca	6,7 ±0,1	506,66±40,78^{abc}	3,68±0,50	17,94±0,81
Abellus Cu	5,9 ±0,1	218,43±34,10^{ad}	4,65±1,05	19,32±4,58
Abellus Ca + Tv	5,5 ±0,1	298,86±93,62^{b}	5,25±0,86	17,64±2,36
Abellus Cu + Tv	8,1 ±0,1	365,17±6,14^{d}	4,54±1,07	18,29±1,07
Abellus K	6,7 ±0,1	293,64±79,04^{c}	3,97±0,27	17,37±0,59
Clarabella Ca	6,6 ±0,0	517,56±96,05^{a}	5,92±0,08^{a}	22,94±2,77^{a}
Clarabella Cu	6,0 ±0,6	535,32±21,28^{b}	4,71±0,69	19,86±1,81
Clarabella Ca + Tv	7,1 ±0,1	576,31±86,56^{c}	4,82±0,95	18,17±1,84
Clarabella Cu + Tv	8,0 ±0,3	784,19±27,22^{abcd}	5,05±0,76	19,51±1,19
Clarabella K	6,8 ±0,4	309,95±62,48^{abcd}	3,99±0,36^{a}	14,72±2,17^{a}
Alamina Ca	6,7 ±0,3	349,55±35,93^{a}	4,47±0,23	18,84±1,50
Alamina Cu	5,4 ±0,8	319,07±35,29^{b}	5,07±0,90	19,87±2,76
Alamina Ca + Tv	7,1 ±0,3	563,75±68,23^{abcd}	4,43±1,12	17,88±2,39
Alamina Cu + Tv	6,6 ±0,4	289,31±70,63^{c}	3,71±0,39	15,81±1,81
Alamina K	6,0 ±0,2	248,29±76,77^{d}	4,45±0,52	17,68±1,06
Vasanta Ca	5,5 ±0,1	728,54±62,15^{abc}	4,41±0,36	20,13±0,54^{a}
Vasanta Cu	6,3 ±0,3	725,07±20,19^{def}	4,34±0,51	17,53±1,72
Vasanta Ca + Tv	5,3 ±0,9	313,80±18,61^{ad}	5,23±0,14^{a}	18,73±0,72
Vasanta Cu + Tv	5,1 ±0,3	276,24±50,93^{be}	5,04±0,48	17,53±0,77
Vasanta K	5,1 ±0,1	338,01±37,19^{cf}	3,50±0,22^{a}	14,91±1,14^{a}

*Vrijednosti označene istim slovom unutar iste kolone i iste vrste uzoraka su statstički značajno različite prema posthoc Tukey HSD testu ($p<0,05$)

5. ZAKLJUČAK

Temeljem istraživanja utjecaja mikrokapsula na komponente prinosa rajčice može se zaključiti:

- promatrane komponente prinosa bile su pod značajnim utjecajem testiranih kultivara, dok su primijenjene mikrokapsule značajno utjecale na masu tržnih plodova i udio netržnih plodova;
- kod mase tržnih plodova može se izdvojiti tretman mikrokapsulama koje sadrže bakrove ione;
- osjetljivost kultivara 'Clarabella' na gljivu *Trichoderma viride* utjecala je na pojavu signifikantno najvećeg broja netržnih plodova, što je rezultiralo signifikantno najmanjim prinosom.

Promatrajući utjecaj tretmana mikrokapsulama na kemijski profil testiranih kultivara rajčice, utvrđene su statistički značajne razlike koje ovise o testiranom kultivaru i promatranom kemijskom svojstvu:

- kultivari 'Abellus' i 'Vasanta' imaju veći sadržaj likopena kod tretmana mikrokapsulama koje sadrže samo kalcijeve ione, dok su na kultivare 'Clarabella' i 'Alamina' značajniji utjecaj imali tretmani mikrokapsulama s kombinacijom kalcijevih iona i spora *T. viride*;
- statistički značajno veći sadržaj ukupnih polifenola prisutan je kod kultivara 'Clarabella' tretiranog mikrokapsulama koje sadrže kalcijeve ione te kod kultivara 'Vasanta' s kombinacijom kalcijevih iona i spora *T. viride*;
- kultivari 'Clarabella' i 'Vasanta' tretirani mikrokapsulama s kalcijevim ionima imaju relativno visoki antioksidacijski kapacitet u odnosu na kontrolu;
- antioksidacijski kapacitet kod kultivara 'Alamina' pod značajnim je utjecajem gljive *T. viride*.

Kod kemijskih analiza, može se zaključiti da pozitivni rezultati dolaze od mikrokapsula s kalcijem što je za očekivati jer kalcijevi ioni imaju važnu ulogu u razvoju rajčice. Ujedno tako, kalcijev ion ima važnost u sintezi karotenoida i polifenola i sl, Na temelju svih rezultata, primjena biopolimernih mikrokapsula ima pozitivan utjecaj na uzgoj rajčice u tlu u zaštićenom prostoru. Ovisnost genetske osnove sorte i primjene mikrokapsula velika je promatrano kroz komponente prinosa rajčice, te bi se za svaku sortu trebala odrediti vrsta biopolimernih mikrokapsula.

6. LITERATURA

1. Bais H. P., Walker T. S., Schweizer H. P., Vivanco J. M. (2002). Root specific elicitation and antimicrobial activity of rosmarinic acid in hairy root cultures of *Ocimum basilicum*. Plant Physiology and Biochemistry 40(11): 983-995. doi:10.1016/S0981-9428(02)01460-2

2. Bedek M. (2018). Fizikalno-kemijska karakterizacija i mehanizam otpuštanja *Trichoderma viride* spora i kalcijevih iona iz mikrosfera kalcijevog alginata. Rad za rektorovu nagradu. Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet Zagreb, Zagreb.

3. Benitez T., Rincón A.M., Limón M.C., Códon A.C. (2004). Biocontrol mechanisms of *Trichoderma* strains. International Microbiology 7: 249-260.

4. Borošić J. (2016). Uvjeti proizvodnje rajčice. Glasilo biljne zaštite 16(5): 423 - 427.

5. Borošić J., Cvjetković B., Šimala M. (2016.). Proizvodnja rajčice, paprike i patlidžana. Gospodarski list, Zagreb.

6. Bramley P.M. (2000). Is lycopene beneficial to human health? Phytochemistry 54: 233-236.

7. Castaneda P., Perez L.M. (1996). Calcium ions promote the response of citrus lemon against fungal elicitors or wounding. Phytochemistry 42(3): 595-598. https://doi.org/10.1016/0031-9422(95)00981-7

8. Čović D., Bojić M., Medić-Šarić M. (2009). Metabolizam flavonoida i fenolnih kiselina. Farmaceutski glasnik 65: 693-704.

9. Dobričević N., Voća S., Pliestić S., Borošić J., Benko B. (2008). Nutritivna vrijednost plodova rajčice uzgojene u hidroponu i na tlu. Zbornik radova 43. hrvatskog i 3. međunarodnog simpozija agronoma. Opatija: 481-484.

10. Dobrićević N., Voće S., Pliestić S. (2009). Nutritivna vrijednost pet kultivara rajčice uzgojene na kamenoj vuni. Agronomski glasnik. 0002-1954: 3-11

11. El-Beltagi, H.S., Mohamed, H.I. (2013). Alleviation of cadmium toxicity in *Pisum sativum* L. seedlings by calcium chloride. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici 41(1): 157-168. http://dx.doi.org/10.15835/nbha4118910

12. Fan W., Yanb W., Xub Z., Ni H. (2011). Formation mechanism of monodisperse, low molecular weight chitosan nanoparticles by ionic gelation technique. Colloids Surf B: Biointerfaces. 90: 21-27.

13. Fujita, Y., Hara, Y., Suga, C., Morimoto, T. (1981). Production of shikonin derivatives by cell suspension cultures of *Lithospermum erythrorhizon*. II. A new medium for the production of shikonin derivatives. Plant Cell Reports 1(2): 61-63. doi: 10.1007/BF00269273.

14. Gallo M., Corbo M.R. (2010). Mikroencapsulation as a new approach to protect aktive compounds in food. U: Application of Alternative Food. Preservation technologies to enhance food safety and stability. Bentham Science Publisher: 188-195.

15. Hart D.J., Scott K.J. (1995). Development and evaluation of an HPLC method for the analysis of carotenoids in foods, and the measurement of the carotenoid content of vegetables and fruits commonly consumed in the UK. Food Chemistry, 54: 101-111., 1995

16. Ivančić A. (1986). Biološke osnove i metoda hibridizacije u oplemenjivanju bilja. Interna skripta, Zagreb. Agronomski fakultet.

17. Kazemi M. (2014). Effect of foliar application of humic acid and calcium chloride on tomato growth. Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences: 41-46.

18. Lenucci M., Cadinu D., Taurino M., Piro G., Dalessandro G. (2006). Antioxidant composition in cherry and high-pigment tomato cultivars. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 54: 2606-2613

19. Lešić R., Borošić J., Butorac I., Herak-Čusić M., Poljak M., Romić D. (2016). Povrćastvo. Zrinski d.d., Čakovec.

20. Lešić R., Borošić J., Butorac I., Herak-Čusić M., Poljak M., Romić D. (2004.). Povrćarstvo, II dopunjeno izdanje. Zrinski d.d. Čakovec.

21. Li, W., Koike, K., Asada, Y., Yoshikawa, T., Nikaido, T. (2005). Rosmarinic acid production by *Coleus forskohlii* hairy root cultures. Plant Cell, Tissue and Organ Culture. 80(2): 151–155. doi:10.1007/s11240-004-9541-x

22. Lovrić T., Piližota V. (1994). Konzerviranje i prerada voća i povrća. Globus, Zagreb.

23. Maceljski M. (2004). Poljoprivredna entomologija, II. dopunjeno izdanje. Zrinski, Čakovec.

24. Marković K., Hruškar M., Vahčić N. (2006). Likopen u rajčici-svojstva, stabilnost i značaj u prehrani. Hinus, Zagreb.

25. Matotan Z., (2004). Suvremena proizvodnja povrća. Nakladni zavod Globus d.o.o., Zagreb

26. Mizukami, H., Konoshima, M., Tabata, M. (1977). Effect of nutritional factors on shikonin derivative formation in Lithospermum callus cultures. Phytochemistry, 16(8): 1183–1186. https://doi.org/10.1016/S0031-9422(00)94356-5

27. Murashige, T., Skoog, F. (1962). A revised medium for rapid growth and bioassay with tobacco tissue culture. Physiologia Plantarum. 15(1): 473–493. https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1962.tb08052.x

28. Narula, A., Kumar, S., Srivastava, P. S. (2005). Abiotic metal stress enhances diosgenin yield in Dioscorea bulbifera L. cultures. Plant Cell Reports, 24(4): 250–254. DOI 10.1007/s00299-005-0945-9

29. Ohlsson, A.B., Berglund, T. (1989). Effect of high MnSO4 levels on cardenolide accumulation by *Digitalis lanata* tissue cultures in light and darkness. Journal of Plant Physiology, 135(4): 505-507. https://doi.org/10.1016/S0176-1617(89)80112-9

30. Pascale, A.,Vinale, F., Manganiello, G., Nigro, M., Lanzuise, S., Ruocco, M., Marra, R., Lombardi, N., Woo, S.L., Lorito, M. (2017). Trichoderma and its secondary metabolites improve yield and quality of grapes. Crop Protection 92(1): 176-181. https://doi.org/10.1016/j.cropro.2016.11.010

31. Petek M. (2016). Nedostaci hraniva kod rajčice. Glasilo biljne zaštite. 16(5): 524-532.

32. Preedy V.R., Watson R.R. (2008). Tomatoes and tomato products; nutritional, medicinal and therapeutic properties,. Science publishers. United States of America.

33. Racovită S., Vasiliu S., Popa M., Luca C. (2009). Polysaccharides based on micro-and nano particles obtained by ionic gelation and their applications and drug delivery systems. Revue Roumaine de Chimie. 54(9): 709-718.

34. Rijk Zwaan (2017). Seeds & sharing – Sortiment rajčica za kultivaciju u tlu. Rijk Zwaan Product magazin. Kadmo d.o.o., Zagreb.

35. Shi J., Le Maguer M., Kakuda Y., Liptay A., Niekamp F. (1999). Lycopene degradation and isomerization in tomato dehydration. Food research international 32: 15-21.

36. Subbiah, K., Perumal, R. (1990). Effect of calcium sources, concentrations, stages and number of sprays on physico-chemical properties of tomato fruits. South Indian Horticulture 38: 20-27.

37. Tonucci L.H., Holden J.M., Beecher G.R., Khachic F., Davis C., Mulokozi G. (1995). Carotenoid content of thermally processed tomato-based products. Journal of Agricultural and Food Chemistry 43: 579-586.

38. Topolovec-Pintarić S., Vinceković M., Jalšenjak N., Martinko K., Žutić I., Đermić E. (2017). Prototip biognojiva: mikrokapsule na osnovu *Trichoderma viride* i kalcija. 52. hrvatski i 12. međunarodni simpozij agronoma. Dubrovnik: 100-104.

39. Trejo-Tapia, G., Jimenez-Aparicio, A., Rodriguez-Monroy M, De Jesus-Sanchez A, Gutierrez-Lopez, G. (2001). Influence of cobalt and other microelements on the production of betalains and the growth of suspension cultures of *Beta vulgaris*. Plant Cell Tissue Organ Cult, 67(1): 19–23. DOI: 10.1023/A:1011684619614

40. Vinceković M., Jalšenjak N., Topolovec-Pintarić S., Đermić E., Bujan M., Jurić S. (2016). Encapsulation of bological and chemical agents for plant nutrition and protection: citosan/alginate microcapsules loaded with copper cations and *Trichoderma viride*. Journal of Agricultural and Food Chemistry 64(43): 8073-8083.

41. Vinceković M., Jurić S., Đermić E., Topolovec-Pintarić S. (2017a). Kinetics and mechanismsof chemical and biological agents release from biopolymeric microcapsules. Journal of Agricultural and Food Chemistry 65(44): 9608-9617.

42. Vinceković M., Topolovec-Pintarić S., Jurić S., Viskić M., Bujan M., Đermić E., Žutić I., Fabek Uher S. (2017b). Release of *Trichoderma viride* spores from mcrocapsules simultaneously loaded with chemical and biological agents. Agriculturae Conspectus Scientificus 82(4): 395-401.

43. White, P. J. (2000) Calcium channels in higher plants. Biochimica et Biophysica Acta (BBA) – Biomembranes 1465(1-2): 171-189. doi: 10.1016/S0005-2736(00)00137-1

44. Zelená E., Holasová M., Zelený F., Fiedlerová V., Novotná P., Landfeld A. and Houška M. (2009). Effect of Sulphur Fertilisation on Lycopene Content and Colour of Tomato Fruits. Czech J. Food Sci. Vol. 36 S80-S84.

Popis korištenih internet stranica:

1. Agroklub. Sortna lista. Povrće – Rajčica. https://www.agroklub.com/sortna-lista/povrce/rajcica-169/ Pristupljeno 10. Ožujka 2019.
2. Kadmo. Rajčica – 144 Abellus F1 rz. http://www.kadmo.hr/rajcica/144-abellus-f1-rz Pristupljeno 10. veljače 2019.
3. Kadmo. Rajčica – 148 Clarabella F1 rz 72-463. http://www.kadmo.hr/rajcica/148-clarabella-f1-rz-73-463 Pristupljeno 10. veljače 2019.
4. Kadmo. Rajčica – 966 Alamina F1 rz novo. http://www.kadmo.hr/rajcica/966-alamina-f1-rz-novo Pristupljeno 10. veljače 2019.

Izvor slike

Slika 3.2.1. Vršna trulež rajčice. Pristupljeno 19. Ožujka 2019. https://www.agronomija.info/povrcarstvo/vrsna-trulez-rajcice-ber

Slika 3.2.1. Bijela mušica Pristupljeno 19. Ožujka 2019. . http://pinova.hr/hr_HR/baza-znanja/povrcarstvo/rajcica/zastita-rajcice-od-stetnika

Slika 3.4.1. Plod rajčice kultivara 'Abellus'. Pristupljeno 21. Lipanj 2019. http://www.agrohemija.com/proizvodi/semena-i-sadni-materijal/paradajz/paradajz-abellus-f1-100-sem-rijk-zwaan.html

Slika 3.4.2. Plod rajčice kultivara 'Alamina' Pristupljeno 21. Lipanj 2019. https://www.kadmo.hr/rajcica

Slika 3.4.3. Plod rajčice kultivara 'Clarabella'. Pristupljeno 21. Lipanj 2019. https://www.kadmo.hr/rajcica

Slika 3.5.4. Plod rajčice kultivara 'Vasanta'. Pristupljeno 21. Lipanj 2019. https://hollandfarming.ro/vasanta-f1-rz/

7. ŽIVOTOPIS

Martina Šarić rođena je 11.11.1993. godine u Vinkovcima, Republika Hrvatska. Školovanje započinje 2000. godine u Osnovnoj školi Bogumil Toni u Samoboru. Po završetku osnovnoškolskog obrazovanja, 2008. godine upisuje Gimnaziju Lucijana Vranjanina u Zagrebu, u kojoj maturira 2012. godine.

Preddiplomski studij Hortikultura upisuje na Sveučilištu u Zagrebu Agronomskom fakultetu 2013. godine, kojeg uspješno završava 2016. godine obranom završnog rada na temu „Hranidbena vrijednost lisnatog povrća uzgojenog u hidroponu i na tlu“ te stječe naslov sveučilišnog prvostupnika inženjera agronomije. Diplomski studij Hortikultura-Povrćarstvo upisuje 2016. godine. Od 2017. do 2018. godine aktivni je član Vrtlarske grupe. Tijekom studija radi preko student servisa. Sudjelovala je tijekom diplomskog studija na konferencijama kao što su Agro Start up na Agronomskom fakultetu Zagreb i Slavonika na Fakultetu agrobiotehničkih znanosti u Osijeku.