

Prikladnost udomaćenih sorti rajčice za hidroponski uzgoj

Lagundžija, Denis

Master's thesis / Diplomski rad

2021

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:204:849685>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-27**



Repository / Repozitorij:

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





Sveučilište u Zagrebu
Agronomski fakultet

University of Zagreb
Faculty of Agriculture



Prikladnost udomaćenih sorti rajčice za hidroponski uzgoj

DIPLOMSKI RAD

Denis Lagundžija

Zagreb, rujan, 2021.



Sveučilište u Zagrebu
Agronomski fakultet

University of Zagreb
Faculty of Agriculture



Diplomski studij:

Hortikultura: Povrćarstvo

Prikladnost udomaćenih sorti rajčice za hidroponski uzgoj

DIPLOMSKI RAD

Denis Lagundžija

Mentor:

Izv. prof. dr. sc. Božidar Benko

Zagreb, rujan, 2021.



Sveučilište u Zagrebu
Agronomski fakultet

University of Zagreb
Faculty of Agriculture



IZJAVA STUDENTA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Ja, **Denis Lagundžija**, JMBAG 0178107261, rođen 11.7.1996. u Zagrebu, izjavljujem da sam samostalno izradio diplomski rad pod naslovom:

Prikladnost udomaćenih sorti rajčice za hidroponski uzgoj

Svojim potpisom jamčim:

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

U Zagrebu, dana _____

Potpis studenta / studentice



Sveučilište u Zagrebu
Agronomski fakultet

University of Zagreb
Faculty of Agriculture



IZVJEŠĆE

O OCJENI I OBRANI DIPLOMSKOG RADA

Diplomski rad studenta **Denisa Lagundžije**, JMBAG 0178107261, naslova

Prikladnost udomaćenih sorti rajčice za hidroponski uzgoj

obranjen je i ocijenjen ocjenom _____, dana _____.

Povjerenstvo:

potpisi:

- | | | | |
|----|----------------------------------|--------|-------|
| 1. | Izv. prof. dr. sc. Božidar Benko | mentor | _____ |
| 2. | Prof. dr. sc. Nina Toth | član | _____ |
| 3. | Doc. dr. sc. Sanja Radman | član | _____ |

Sadržaj

1. Uvod	1
2. Pregled literature	3
2.1. Morfologija i biologija rajčice	3
2.2. Hidroponski uzgoj	4
3. Materijali i metode.....	6
3.1. Izbor sortimenta	6
3.1.1. Alamina	6
3.1.2. Volovsko srce	6
3.1.3. Novosadski jabučar	7
3.2. Supstrati.....	8
3.2.1. Kamena vuna.....	8
3.2.2. Kokosova vlakna	9
3.3. Provedba pokusa	9
3.4. Mjerenje obojanosti plodova.....	11
3.5. Statistička analiza.....	12
4. Rezultati istraživanja.....	13
4.1. Reakcija i elektrokonduktivitet hranive otopine	13
4.2. Temperatura i vlaga u plasteniku	14
4.3. Prinos tržnih plodova	15
4.4. Obojenost tržnih plodova	17
4.5. Statistička analiza.....	17
5. Rasprava	20
6. Zaključak	23
7. Literatura	24

Sažetak

Diplomskog rada studenta **Denisa Lagundžije**, naslova

Prikladnost udomaćenih sorti rajčice za hidroponski uzgoj

Mogućnost hidroponskog uzgoja udomaćenih sorti rajčice 'Volovsko srce' i 'Novosadski jabučar' dosad je neistražena. Njihova prikladnost za hidroponski uzgoj utvrdit će se sadnjom na dva najčešće korištena supstrata – kamenu vunu i kokosova vlakna te usporediti sa hibridnom sortom 'Alamina'. Tijekom vegetacije praćeni su mikroklimatski uvjeti u zaštićenom prostoru i parametri hranive otopine (pH- i EC-vrijednost). Tijekom plodonošenja u periodu od 6. srpnja do 18. kolovoza obavljeno je 6 berbi. Utvrđen je prinos tržnih plodova u svakoj berbi te ukupni prinos i udio netržnih plodova. U dva navrata je kolorimetrom utvrđena obojanost plodova. Između testiranih varijanti utvrđene su značajne razlike u prinosu tržnih plodova, s tim da je signifikantno najveći prinos ostvarila hibridna sorta 'Alamina' na kokosovim vlaknima (21,18 kg/m²), dok je najmanji prinos zabilježen kod sorte 'Novosadski jabučar' na kamenoj vuni (5,29 kg/m²). Utvrđeno je da nema značajnih razlika između testiranih varijanti u udjelu netržnih plodova koji je bio u rasponu od 18-29 %. Obojanost plodova bila je ujednačena bez obzira na testiraanu sortu i supstrat. Iako su obje testirane udomaćene sorte ostvarile značajno niže prinose od testirane hibridne sorte, temeljem ostvarenih rezultata, može se preporučiti uzgoj sorte 'Volovsko srce' na kokosovim vlaknima.

Ključne riječi: *Lycopersicum esculentum* Mill., starinska sorta, inertni supstrat, prinos

Summary

Of the master's thesis – student **Denis Lagundžija**, entitled

Suitability of domesticated tomato varieties for soilless culture

The possibility of soilless culture of domesticated tomato varieties 'Volovsko srce' and 'Novosadski jabučar' has not been explored so far. Their suitability for soilless culture will be determined by planting on two most commonly used substrates - rockwool and coconut fibers and compared with the hybrid variety 'Alamina'. During the growing period, the greenhouse microclimatic conditions and the nutrient solution parameters (pH- and EC-value) were monitored. Through the harvest period from July 6 to August 18, 6 harvests were carried out. The marketable fruits yield in each harvest, the total yield and share of nonmarketable fruits were determined. The coloration of the fruits was determined on two occasions with a colorimeter. Significant differences in the marketable fruits yield were found between the tested variants, with significantly highest yield achieved by the hybrid variety 'Alamina' on coconut fibers (21.18 kg/m²), while the lowest yield was recorded for the variety 'Novosadski jabučar' grown on rockwool (5.29 kg/m²). It was found that there were no significant differences between the tested variants in the share of nonmarketable fruits which was in the range from 18 to 29%. Fruit coloration was uniform regardless of the variety and substrate tested. Although both tested domesticated varieties achieved significantly lower yield than the tested hybrid variety, based on the achieved results, the cultivation of variety 'Volovsko srce' on coconut fibers can be recommended.

Keywords: *Lycopersicum esculentum* Mill., antique variety, inert substrate, yield

1. Uvod

Danas se pretežito uzgajaju hibridne sorte rajčice. Uzgojem na tlu ili u hidroponima ostvaruje se ujednačena kvaliteta plodova usprkos različitim uvjetima i tehnologiji uzgoja. Većina modernih sorti rajčice pogodna je za uzgoj i na tlu i u hidroponima, a kod nekih se pogodnost za pojedinu tehnologiju i namjenu dodatno naglašava. Moderne sorte su selekcionirane za ostvarivanje visokog prinosa, uz istovremeno jačanje vegetativne mase. Važno je da biljka bude otporna na razne abiotske i biotske stresove. Od abiotskih stresova najvažniji su vodni stres, variranje saliniteta uzgojnog medija – povećani ili smanjeni elektrokonduktivitet (EC-vrijednost), variranje reakcije uzgojnog medija – povećanje ili smanjenje pH-vrijednosti, temperaturni ekstremi, smanjenje vegetativnog prostora, neadekvatna insolacija, nedostatak određenog hraniva, itd. Najčešće biotske stresove uzrokuju štetnici (insekti, nematode...) i patogeni (bakterije, gljive i virusi) te kompetitivni i alelopatski odnos sa korovima. Otpornost uzgajnih hibridnih sorti na stresne uvjete proizvodnje ima pozitivan učinak na količinu proizvodnje (ostvareni tržišni prinos), ali i do određene granice negativan učinak na kvalitativna i nutritivna svojstva ploda (Heuvelink, 2018.).

Važnu značajku novih sorata predstavlja održivost ploda nakon berbe, odnosno život ploda tijekom skladištenja, transporta i “života na polici”. Udomaćene samooplodne sorte rajčice se u nizu karakteristika razlikuju od novoselekcioniranih. Zbog slabije otpornosti na abiotske i biotske stresne uvjete tijekom proizvodnje, smanjenu učinkovitost uzgoja (ostvarenje nižih prinosa) i intenzitet uzgoja (mogućnost višekratnih berbi), većih zahtjeva za mjerama njege i zaštite od štetočinja, njihov komercijalni uzgoj je značajno smanjen i rijetko se mogu naći u intenzivnom uzgoju. Mogućnost intenzivnog uzgoja udomaćenih sorti je interesantna tema za razmatranje i istraživanje jer se može stvarati veća kompeticija na tržištu stvaranjem sve veće ponude proizvoda. Također, tržište je važno opskrbiti visoko vrijednim nutritivnim proizvodima koji imaju pozitivan učinak na ljudsko zdravlje dok se istovremeno zadovoljavaju organoleptičke potrebe potrošača (Heuvelink, 2018.).

Stavljanjem proizvoda koji objedinjuje kategorije tipa: visoka nutritivna vrijednost, dobra organoleptička svojstva, iskoristivost za različite namjene (svježa potrošnja i prerada), dobra održivost nakon berbe; osigurava povećanje potražnje za tim proizvodom. Za zadovoljenje potražnje u količini i kvaliteti proizvoda neophodno je koristiti modernu tehnologiju uzgoja, Danas je to hidroponska tehnologija koja predstavlja uzgoj bez tla, u hranivoj otopini, s ili bez inertnog supstrata (Aires, 2017.). Hidroponski uzgoj se najčešće odvija u zaštićenim prostorima koji prema Thiyagarajan i sur. (2007.) omogućavaju ovisno o tipu i opremljenosti, kontrolu gotovo svih abiotskih čimbenika proizvodnje (temperatura, vlaga, svjetlost, sastav zraka). Za uzgoj plodovitog povrća pa tako i rajčice primjenjuju se tehnike uzgoja na supstratu. Najčešće se koriste kamena vuna i kokosova vlakna.

Hrvatsko tržište svježih rajčica cijeni plodove starih sorti među kojima se ističu udomaćene samooplodne sorte 'Volovsko srce' i 'Novosadski jabučar'. Ove se sorte uzgajaju konvencionalno na tlu, pretežito u negrijanim zaštićenim prostorima, što uzrokuje redovitu

pojavu problema povezanih s uskim plodoredom i stresnih uvjeta uzgoja. što dovodi do smanjenja prinosa i kvalitete plodova. Budući da se primjenom hidroponske tehnologije uzgoja mogu riješiti navedeni problemi, pretpostavlja da bi hidroponski uzgoj mogao imati pozitivan učinak na gospodarska svojstva starih, udomaćenih sorti rajčice.

Stoga je provedeno istraživanje sa ciljem utvrđivanja prikladnosti odabranih udomaćenih samooplodnih sorti rajčice za hidroponski uzgoj, temeljem ostvrenih agronomskih svojstava.

2. Pregled literature

2.1. Morfologija i biologija rajčice

Solanum lycopersicum je kritosjemenjača iz porodice pomoćnica (Solanaceae), koja se uzgaja zbog jestivih plodova (Lešić i sur., 2004.). Glavni korijen može narasti do 1,5 m i više. Inače korijen raste u dubinu ali i u površinskom sloju tla do 20 cm dubine razvija postrano korijenje. Stabljike rajčice uglavnom su vrlo razgranate, širine grananja 60 do 180 cm ali nekoliko vrsta je kompaktnih i uspravnih (Britannica, 2021.). Glavni izdanak mlade biljke rajčice daje 5 do 10 listova, a zatim stvara cvjetnu etažu (Peet, 2009.). U indeterminantnom rastu, izdanak nastavlja rasti prema gore, cvjetne etaže razvijaju se na boku glavne stabljike. U staklenicima, glavnim stabljikama ponekad je dopušteno rasti do neodređenih visina i mogu doseći 10 do 20 metara. Da bi se olakšala berba, uklanjaju se stariji listovi, a gole stabljike spuštaju na zemlju. Samo najmlađi dio stabljike biljaka od 1,5 do 2 m, koji uključuje i cvjetne etaže i lisne grane, postavljaju se za uspravan rast (Peet, 2009.).

U ovom sustavu uzgoja uklanjaju se vegetativni bočni izbojci (zaperci) koji se razvijaju u pazuhu listova. Iako se čini da indeterminantne biljke imaju jednu glavnu stabljiku, to zapravo nije slučaj. Rast primarnog izdanka završava stvaranjem prvog cvijeta. Rast prema gore nastavlja se jer posljednji list koji je izrastao prije cvjetne etaže daje bočni izdanak. Ovaj bočni izdanak daje još tri lista prije nego što završi u cvjetnoj etaži. Proces pokretanja novog rasta sa bočnog izdanka iz pazuha zadnjeg lista koji je izrastao prije cvjetne etaže nastavlja se, dajući izgled centralne stabljike s cvjetnom etažom između svaka tri lista (Peet, 2009.). Kod determinantnog rasta razlika je u tome što bočni izdanak iznad prve cvjetne etaže daje do 2 lista i cvjetnu etažu, ali nema daljnjih vegetativnih izbojaka. Time završava uspravan rast biljke, stvarajući centralnu stabljiku mnogo kraćom.

Mnogi bočni izdanci proizlaze iz primarnog izdanka, dajući biljci grmolik izgled, ali svaki na kraju završava u cvjetnoj etaži (Peet, 2009.). Istodobni razvoj mnogih cvjetnih etaža potiče ranije zrenje plodova kada se uspoređi s indeterminantni uzgojem. Stabljika i lišće su gusto žljezdano-dlakavi. Listovi su sastavljeni sa urezanim plojkama, neparno su perasti, pet do devet listova na lisnoj grani, nazubljeni rub. Mladi listovi su više dlakaviji od starijih, ispuštaju intenzivan miris. Cvjetna etaža je simpodijalna, račvasta, sa sedam do dvanaest cvjetova (Cooper, 1927.). U svakom cvatu istodobno se otvori više od dva cvijeta, često se nađe etaža koja istovremeno donosi male plodove, otvorene cvjetove i pupove. To se dešava jer cvjetna etaža razvija cvjetove akropetalno i sukcesivno. Cvijet rajčice je dvospolan i tipično pentameran ili heksameran ako krupnoplodni sortimenti se promatraju. Peteljka čaške vrlo je kratka i ima pet do šest lapova koji su linearnog ili kopljastog oblika. Čaška opstaje i povećava se kako se razvija plod. Vjenčić se sastoji od pet do šest latica. Blijedo zelenkaste do žute boje je kada se cvijet počinje otvarati, a laticice su naborane. Potpuno otvoren cvijet ima žute laticice. Pet do šest prašnika su priljubljeni uz grlo tučka. Spojeni su međusobno na bokovima, time tvore šuplji konus oko tučka koji zauzima središnji dio cvijeta. Tučak je blijedo žućkasto zelene boje. Tuba je prilično izdužena, a njuška je spljoštena i proteže se

malo izvan vrha prašnika. Cvjetovi su promjera 2 cm, otvaraju se sukcesivno kako se razvijaju prašnici i tučak (Cooper, 1927.). Plod je mesnata boba promjera od 1,5 do 7,5 cm moguće i više. Obično je crvene, bordo ili žute boje. Po obliku se razlikuju od sferičnog, ovalnog, izduženog do kruškolikog oblika. Svaki plod sadrži najmanje dvije unutrašnje šupljine punih sitnih sjemenki okruženih želatinoznim tkivom (Britannica, 2021.).

Biljka zahtijeva relativno toplo vrijeme i mnogo insolacije – optimalno 15 sati. Sjeme klije na temperaturi od 15-25 °C. Optimalne temperature klijanja su 20-25 °C, minimalna 13 °C, maksimalna za neke sorte je 35 °C. Temperature tijekom vegetativnog razvoja su različite tokom dana i noći. Time, dnevne temperature su 20-25 °C, noćne 13-17 °C. Temperature za diferenciju cvjetova je 13-15 °C (Benko, 2016.). Optimalna temperatura za diferencijaciju cvjetova pri 5-7 listova je 13-15 °C, kasnije pri 10-12 listova se poveća na 25 °C. Optimalna temperatura za zametanje plodova tijekom dana je 19-24 °C, noću 14-17 °C (Šarić, 2019.). Optimalna relativna vlaga znaka za rast, razvoj, cvatnju, oprašivanje i plodonošenje je oko 70 %. Ako temperatura je niža od 16 °C tijekom plodonošenja, neće doći do formiranja crvene boje ploda, tj. neće doći do sinteze β -karotena (Benko, 2016.). Optimalna reakcija medija za rast je između 5,5-6,5.

2.2. Hidroponski uzgoj

Uzgoj bilja koji ne zahtijeva tlo. Postoje dvije kategorije – u supstratu i bez supstrata. Oba sustava mogu biti ili zatvoreni ili otvoreni, s razlikom što u zatvorenom sustavu hraniva otopina cirkulira nazad u sustav dok u otvorenom ne, već izlazi iz sustava (Borošić i sur., 2011.). Uzgoj u supstratu podrazumijeva korištenje medija koji će držati korijen biljke dok dopušta korijenu da se razvija unutar pora supstrata. Supstrat mora biti kemijski inertan i sterilan, imati povoljan omjer mikropora i makropora, povoljnu dreniranost, povoljnu reakciju (pH), te povoljnu elektrokonduktivnu (EC) vrijednost. Ovisno o podrijetlu supstrata, mogu se klasificirati u 3 kategorije: organski, anorganski i sintetički (Enzo i sur., 2001.).

Organski supstrati uz već navedene vrijednosti imaju i određenu količinu humusa. Očituju se po sniženoj pH vrijednosti te povećanom udjelu mikropora naspram makropora što utječe povoljno na vodni kapacitet jer ga povećava ali zračni kapacitet je smanjen, te slabijoj dreniranosti. Neki materijali imaju EC vrijednost kao piljevina ali ona ne prelazi 0,6 mS/cm (Enzo i sur., 2001.). Anorganski supstrati se odlikuju u uravnoteženosti vodnog i zračnog kapaciteta sa iznimkama kamene vune i pečene ekspandirane gline.

Anorganski supstrati sadrže višji pH te EC vrijednosti im se kreću od 0,01-0,1 mS/cm. Također gustoća im je u velikim razmjerima, kamena vuna ima gustoću 55-90 kg/m³, dok silikatni pijesak ima gustoću 1400-1600 kg/m³ (Enzo i sur., 2001.). Sintetski supstrati se najčešće koriste za istraživačke svrhe. Karakteristike su im vrlo balansirane; gustoća 6-25 kg/m³, kapacitet za zrak je veći od kapaciteta vode – skoro da ne mogu uopće zadržavati vodu, reakcija je blago kisela i iznosi 6,1, dok EC vrijednost iznosi 0,01 mS/cm.

Postoje samo tri sintetska tipa supstrata – poliuretanska pjena, polistirenska pjena i urea – formaldehid (Enzo i sur., 2001.). Pošto se istraživanje odvijalo na supstratima, u ovom radu se neće razmatrati metode uzgoja bez supstrata. Za ovo istraživanje izabrani su kamena vuna i kokosova vlakna za supstrate jer se komercijalno najčešće koriste, a karakteristike su im ujedno i najpovoljnije za uzgoj bilo koje povrtne kulture.

3. Materijali i metode

3.1. Izbor sortimenta

3.1.1. Alamina

Hibrid prve generacije. Stabljika ima tendenciju brzog rasta uvis što se očituje u brzom formiranju lisnih i cvjetnih grana u roku od tjedan dana nakon sadnje ako su uvjeti uzgoja povoljni. Brzo formira cvjetne grane i zameće plodove u roku od 3 dana nakon formiranja. Zaperci se ne stvaraju često, nakon svakog 3 lista se stvori jedan zaperak na zadnjoj lisnoj grani. Zaperci sami po sebi ne rastu brzo ali imaju tendenciju stvaranja cvjetne etaže u roku od 7 dana. Vrlo dobro podnosi temperaturne ekstreme – niske i visoke, dobro podnosi vodni stres – ne gubi turgor brzo što znači da transpiracija je sporija od volovskog srca. Plodovi su glatki, okrugli i uniformnog oblika, prosječne mase 180-200 g (slika 3.1.1.1.). Svi plodovi na cvjetnoj etaži dozrijevaju jednako s iznimkom zadnjeg ploda jer je zametnut najkasnije ali je nesignifikantno jer ne kasni predugo. Stabljika i listovi nisu predlakavi, dlake su bijele boje i kod vegetativnog vrha ne rastu vrlo gusto. Plodovi nemaju iznimnu osjetljivost na manjak kalcijevog iona zbog čega pojava vršne truleži ploda nije tako intenzivna kao kod volovskog srca. To je pozitivna značajka izdržljivosti na vodni stres, što pokazuje kako biljka dobro zadržava vodu u sebi i ujedno kako se teško pomični elementi lakše transportiraju ksilemom u ovoj sorti (Kadmo, 2021.).



Slika 3.1.1.1. Plodovi sorte 'Alamina'
(foto: Denis Lagundžija)

3.1.2. Volovsko srce

Starinska sorta indeterminantnog rasta. Stabljika naraste do 2 m, formiraju se 3 lisne grane te onda cvjetna etaža. Cvjetne grane stoje uz stabljiku, spuštaju se prema dolje, nemaju jaku čvrstoću i imaju tendenciju nastavljanja rasta. Terminalni pup glavne grane završava u cvijetu te se razgranjuje u 2 strane na kojima se formira mnogo cvjetova. Od tih lateralnih cvjetova se formira nastavak grane iz koje izlazi mnogo deblja grana na kojoj se nalaze listovi te pri vrhu dodatni cvjetovi. Stabljika je promjera 2-4 cm ali u pazuhu lisnih grana stvara zaperke, čak 2

zaperka se mogu stvoriti po jednom pazuhu. Zaperci vrlo brzo se razvijaju te od mekane i malene izrasline u roku od tri dana može se razviti čvrst izdanak sa dobro razvijenim listovima i početkom formiranja cvjetne etaže. Potrebno je zaperke redovito odstranjivati, dok se tek formiraju. U suprotnom dolazi do grananja stabljike gdje će zaperak preuzeti glavni rast i postati centralna stabljika. Plodovi su raznoraznog oblika ali najčešći oblik je jajoliki, elongirani (slika 3.1.2.1.). Što su plodovi zametnutiji od baze cvjetne etaže, to su sitniji i jajolikog oblika. Svi plodovi su vrlo osjetljivi na smanjenje kalcija u ishrani. Pošto je Ca^{2+} teško pokretljiv ion i prenosi se ksilemom potreban je “mass flow“ - velike količine vode koje će prenijeti hranivo. U slučaju smanjenja vlage u mediju dolazi do brzog formiranja vršne truleži ploda. Također, što je plod udaljeniji od baze cvjetne grane, to je osjetljiviji na smanjenje vlage te ujedno i na vršnu trulež ploda. Pošto sorta ima tendenciju razvoja grana od lateralnih strana cvjetne grane time će stvoriti dodatne cvjetove. Jedna cvjetna etaža može imati i više od 15 cvjetova i svi se mogu zametnuti. Četiri ili pet zametnutih plodova po etaži predstavlja optimalan broj kako bi svi plodovi bili zadovoljavajuće veličine i mase, razvoj plodova je brži, a ujedno se smanjuje intenzitet pojave vršne truleži ploda (Agroklub, 2021). Stoga je potrebno obavljati prikraćivanje cvjetnih grana na željeni broj plodova.



Slika 3.1.2.1. Plodovi sorte 'Volovsko srce'
(foto: Denis Lagundžija)

3.1.3. Novosadski jabučar

Indeterminantna sorta, zbijenog vegetativnog rasta, kompaktnih listova koji često prekrivaju cvjetne grane. Cvjetne grane su također ostaju dosta kratke i kompaktne. Zbog kompaktnog rasta, razvijeni zaperci koji se najčešće stvaraju stvaraju pri bazi stabljike i vegetativnom vrhu, teško se primjećuju. Pri bazi se zaperak najčešće stvara kod trećeg lista, ali zbog kompaktnog i gustog rasporeda lišća nema snažan porast. Ako se ne ukloni na vrijeme, zaperak raste uz stabljiku dok ne izbije van pri višim etažama. Zaperci koji se stvaraju pri vegetativnom vrhu najčešće izrastu iz pazuha trećeg lista odozgo prema dolje. Ti zaperci imaju sklonost da rastu u širinu, znači suprotno nego zaperci pri bazi. Porast u širinu je toliko izražen da ometa rast vegetativnog vrha, odnosno može preuzeti rast ako se ne odstrani. Kada biljka preraste 1m, počinju se stvarati zaperci svugdje po etažama no nisu toliko izraženi u rastu kao već navedeni. Plodovi su okrugli i glatki, intenzivno crvene boje, mase 130-150 g (slika 3.1.3.1.). Ako se ne odstrane listovi koji ih prekrivaju neće doći dovoljno osvjetljenja

do ploda i njihov razvoj će biti usporen. Zbog stvaranja velike i kompaktne vegetativne mase mnogo vode i hraniva se troši na njen razvoj tako da je potrebno redovito obavljati rezidbu listova. Izdržljivost na stresove vode i temperature je malo slabije izražena nego kod hibridne sorte 'Alamina', zbog čega plodovi nisu osjetljivi na manjak kalcijevog iona (Tepić i sur., 2006.).



Slika 3.1.3.1. Plodovi sorte 'Novosadski jabučar'

(foto: Denis Lagundžija)

3.2. Supstrati

3.2.1. Kamena vuna

Kamena vuna je supstrat anorganskog podrijetla dobiven taljenjem bazaltne stijene na temperaturi od 1600 °C (Armanda, 2016.). Bazaltne stijene se tale dok ne pređu u tekuće stanje. Zatim u tekuću masu dodaje se koks i onda se prelijevaju na rotacione valjke koji svojom brzinom stvaraju centrifugalnu silu i odbacuju sa sebe tekuće bazaltne stijene. Pošto se tekuća stijena brzo hladi, brzo se skrućuje te nastaju fine, tanke i duguljaste mineralne niti. Te niti se sakupljaju i pakiraju (<https://www.rockwool.com>). Inertan i sterilan je materijal te lako se koristi u hidroponici. Struktura vlakana kamene vune je vrlo tanka i vrlo kratka što doprinosi vodnom kapacitetu ali ima negativan učinak na zračni kapacitet. Reakcija je blago alkalna zbog toga što u svojem kemijskom sastavu sadrži magnezijeve i kalcijeve ione. Svojstva kamene vune prikazana su u tablici 3.2.2.1.. Reakcija se lako popravljala korištenjem kiseline u hranjivoj otopini koja snižava pH do željene vrijednosti između 5,5-6,5. Kamena vuna može se koristiti višekratno ali samo dva puta nakon prvog korištenja – ukupno tri puta. Problem nakon prvog korištenja je opadanje razine plodonošenja koja se očitava najznačajnije u trećoj godini. Procjena je da za 14,3 % padne plodonošenje u drugoj godini (Borošić, 2009.) ali nakon treće godine pad plodonošenja je drastičan. Ploče se pakiraju u folije koje sa vanjske strane su bijele boje kako bi se smanjila temperatura u zoni korijena dok su s unutarnje strane crne boje kako bi se spriječio razvoj algi (Borošić i sur., 2011.).

3.2.2. Kokosova vlakna

Kokosova vlakna koriste se za izradu supstrata organskog podrijetla. Dobiva se od miješanja raznih ostataka kokosovog oraha nakon čišćenja i prerade u druge proizvode (Armanda, 2016.). U vreću supstrata se stavlja: čips od ljuske, treset kokosovih vlakana, razlomljena vlakna i dvoslojna mješavina grublje i finije mljevenih vlakana. Vlakna se dobivaju od mezokarpa oraha *Cocos nucifera* koja raste u području Indonezije. Čips od ljuske dolazi u ranim veličinama: 5-8 mm, 8-12 mm, 12-18 mm te se koriste za proizvodnju miješanih supstrata. Treset kokosovih vlakana se proizvodi u vlakna veličine 3-8 mm te se koristi za proizvodnju miješanih supstrata ili koristi se samostalno. Razlomljena vlakna dolaze u dvije duljine: do 10 mm i do 15 mm te se također koriste u mješavini ili samostalno (Armanda, 2016.). Dvoslojne mješavine se sastoje samo od kokosovih vlakana te kao što naziv i indicira, jedan sloj je finije mljeven dok drugi grublje u određenom omjeru. Pakiraju se u vreće supstrata koje su obojane bijelo s vanjske i crno s unutarnje strane. Supstrat je dehidriran zbog lakšeg prijevoza i očuvanja tijekom skladištenja. Prije korištenja potrebno je ploče rehidrirati što može trajati do 24 h. Volumen ploča se poveća i do 6 puta. Ploče dobro zadržavaju vodu ali problem dolazi do stvaranja bikarbonata ako voda za navodnjavanje ima veliku koncentraciju kalcija u sebi. Svojstva su prikazana u tablici 3.2.2.1..

Tablica 3.2.2.1. Prikaz svojstava supstrata (Enzo i sur., 2001.)

Volumna masa (kg/m ³)	Ukupan porozitet (vol. %)	Porozitet za vodu (vol. %)	Porozitet za zrak (vol. %)	pH	EC (mS/cm)
Kamena vuna					
55-90	95-97	75-80	10-15	7,0-7,5	0,01
Kokosova vlakna					
65-110	94-96	80-85	10-12	5,0-6,8	-

3.3. Provedba pokusa

Pokus sa dvije udomaćene i jednom hibridnom sortom postavljen je po metodi slučajnog bloknoeg rasporeda u tri ponavljanja u svibnju 2021. godine, na pokušalištu Maksimir, u negrijanom zaštićenom prostoru. Osnovna parcela se sastojala od 5 ploča, odnosno 15 biljaka, a obračunska od srednje 3 ploče (9 biljaka). Slučajni blokni raspored se primijenio kako bi se pogreška pokusa smanjila, a rezultati pokusa bili pouzdani. Članovi pokusa su slučajno raspoređeni i ponovljeni da tvore ponavljanje ili blokove. To znači da je broj osnovnih jedinica u pokusu unutar svakog ponavljanja ili bloku jednak broju članova, dok se svaki član u ponavljanju pojavljuje samo jedanput. Uvjeti unutar ponavljanja moraju biti ujednačeni kako bi se pogreška smanjila na najmanju moguću mjeru. Minimalizira se varijabilnost između parcela unutar ponavljanja. Maksimalizira se varijabilnost između ponavljanja. U pogrešci pokusa ostaje varijabilnost unutar ponavljanja (Vasilj, 1974.).

Sjetva sjemena u čepove kamene vune smještene u kontejneru sa 240 lončića obavljena je 16. ožujka 2021. Posijano je 60 sjemenki svake sorte. Nakon sjetve čepovi su prekriveni vermikulitom i navlaženi, a kontejner je smješten u grijani zaštićeni prostor na naklijavanje. Dva tjedna nakon sjetve (1. travnja) obavljeno je pikiranje bičica u kocke kamene vune, brida 7,5 cm. Kocke kamene vune su neposredno prije pikiranja potopljene u otopini kompleksnog mineralnog gnojiva PolyFeed 11-44-11. Razvoj presadnica do sadnje trajao je 5 tjedana. Tijekom razvoja presadnica obavljeno je jedno razmicanje kocki. Sadnja presadnica na ploče s nupstrata (kamene vune i kokosovih vlakana) natopljene standardnom hranivom otopnom prema Enzo i sur. (2001) obavljena je 4. svibnja 2021. Posađene su po tri biljke na jednu ploču dimenzija 100 cm x 15 cm x 7,5 cm. Sklop biljaka je iznosio 2,5 biljke/m².

Svakodnevno su praćene minimalna i maksimalna temperatura i relativna vlaga zraka u zaštićenom prostoru, dok su periodički mjerene pH- i EC-vrijednosti hranive otopine u spremniku i zoni korijena. Mjerenja su obavljena tri, odnosno pet puta tijekom vegetacije. Nekoliko dana nakon sadnje ploče su prorezane na dva mjesta 2 cm iznad dna kako bi se omogućilo otjecanje viška hranive otopine u postrane kanalice. Tijekom vegetacije obavljene su standardne mjere njege: vezanje i omatanje biljaka oko veziva, odstranjivanje zaperaka, rezidba lisnih grana, odstranjivanje lisnih izraslina na cvjetnim granama, reduciranje broja cvjetova na cvjetnoj etaži, reduciranje broja zametnutih plodova. S ciljem smanjenja intenziteta pojave vršne truleži ploda 25. lipnja obavljeno je tretiranje plodova 1 %-tnom otopinom Ca dobivenom otapanjem 100 g Ca na 10 L vode.

Hraniva otopina sastava prikazanog u tablici 3.3.1. pripremljena je iz 100x koncentriranih otopina. Za pripremu 100x koncentriranih otopine korištena su vodotopiva kompleksna gnojiva u obliku soli i 60%-tna dušična kiselina. Hranive soli su kemijski spojevi visoke čistoće komprimirane od nekoliko elemenata. Soli i kiselina moraju se miješati pažljivo u odvojene spremnike kako ne bi došlo do reakcija između određenih elemenata u soli. Tipična reakcija je između sulfatnih ili fosfatnih soli i kalcijeve soli - kalcijevog nitrata. To dovodi do stvaranja netopivog taloga u spremniku te gubitka soli i mogućeg začepljenja distribucijskog sustava. Da bi se takva reakcija izbjegla, sulfatne i fosfatne soli se miješaju u zaseban spremnik, kalcijeve soli se miješaju u zaseban spremnik, te kiselina se miješa u zaseban spremnik. Soli i kiselina su otopljene u zasebnim spremnicima te se u svaki od tri spremnika dodalo 100 L vode. Zatim su se dozatori smješteni na dovodnoj cijevi za vodu postavili na omjer 1:100 (1 %). Stvaranjem podtlaka prolaskom vode kroz cijev, pomoću dozatora se uzimaju otopine soli i kiseline i odvođe u glavni spremnik gdje se miješaju i kasnije distribuiraju. Broj obroka fertirigacije u trajanju od 2 do 7 minuta je ovisno o fazi razvoja biljke, mikroklimatskim uvjetima u zaštićenom prostoru i stupnju naoblake varirao između 6 i 24. To znači da je svaka biljka dnevno primila od 0,4 do 5,6 L hranive otopine.

Tijekom plodonošenja u periodu od 6. srpnja do 18. kolovoza obavljeno je 6 berbi. Plodovi su brani u fiziološkoj zriobi, tj. kada je pigmentacija ploda bila potpuno crvena i dostigli su potpunu veličinu. Tijekom perioda berbe utvrđen je tržišni prinos za svaku berbu, ukupni tržišni

prinos i udio netržnih plodova. Nakon berbe je na reprezentativnim uzorcima kolorimetrom određena obojenost plodova.

Tablica 3.3.1. Hraniva otopina prema Enzo i sur. (2001.)

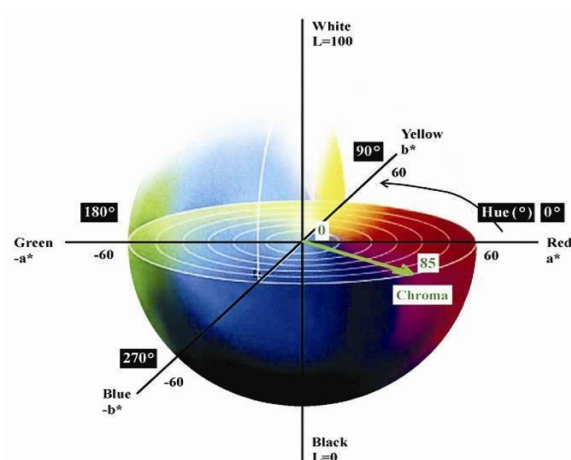
Hranivo	Spremnik	
	mmo L ⁻¹	mg L ⁻¹
NO₃⁻	13,75	193
H₂PO₄⁻	1,25	39
SO₄²⁻	3,75	120
NH₄⁺	1,25	17,5
K⁺	8,75	342
Mg²⁺	2,00	48
Ca²⁺	4,24	170
	μmol L ⁻¹	mg L ⁻¹
Fe³⁺	15,00	0,80
Mn²⁺	10,00	0,55
B³⁺	30,00	0,33
Zn²⁺	5,00	0,33
Cu²⁺	0,75	0,05
Mo⁶⁺	0,50	0,05
EC, mS/cm	2,3	
pH	5,5-6,5	

3.4. Mjerenje obojanosti plodova

Korištenjem kolorimetra određena je obojenost plodova. Intenzitet boje utvrđivao se pomoću “PCE Instruments“ PCE – CSM kolorimetra, odnosno CIELAB metodom. Ovom metodom se energija iz uzorka pomoću filtera pretvara u psihofizikalnu funkciju, odnosno boju. Kolorimetar je fotolektrični tristimulusni uređaj što znači da se boje na njemu opisuju pomoću tri brojčane vrijednosti: L*, a* i b*.

Vrijednost L* označava intenzitet svjetla ili tame. Ako je vrijednost L* = 0 tada nema refleksije što upućuje na prisutnost crne boje, a ako je L* = 100 tada se radi o bijeloj boji i refleksija je najveća. Vrijednost a* označava intenzitet crvene ili zelene boje, stoga negativne vrijednosti (-a*) ukazuju na prisutnost zelene boje, a pozitivne vrijednosti (+a*) ukazuju na prisutnost crvene boje. Vrijednost b* označava intenzitet žute ili plave boje, stoga negativne vrijednosti (-b*) ukazuju na prisutnost plave boje, a pozitivne vrijednosti (+b*) ukazuju na prisutnost žute boje. Vrijednosti se koriste kao koordinate na kromatografskom dijagramu.

Na kromatskom dijagramu (slika 4.4.1.) se može očitati H^* vrijednost (vizualni doživljaj, ton boje) i c vrijednost (zasićenost boje) preko očitanih vrijednosti a^* i b^* na Hunterovom kolorimetru (AOAC, 1995).



Slika 3.4.1. Kromatski dijagram
preuzeto sa: <https://www.dnaphone.it>

Uzorci za mjerenje obojenosti sastojali su se od po tri ploda ujednačene krupnoće i stadija zrelosti. Plodovi su ubrani sa biljaka obračunske parcele, a ukupno je sakupljeno 18 uzoraka (6 kombinacija testiranih faktora u 3 repeticije). Mjerenje je obavljeno u dva navrata 15. i 28. srpnja 2021. godine.

Specifikacije aparata su (<https://www.pce-instruments.com>):

- Geometrija mjerenja: $45^\circ / 0^\circ$
- Otvora mjerenja: $\varnothing 20$ mm (PCE-CSM 4)
- Senzor: Silicij-fotodioda
- Prostori boja: CIEL*a*b*C h* (korištena za analizu)
 - CIEL a* b*
 - CIEXYZ
- Formula za jednakost u boji: ΔE^*_{ab}
 - ΔL^*_{ab}
 - $\Delta E^*_{C H^*}$
- Izvor svjetlosti: D65
- Vrsta izvora svjetlosti: LED

3.5. Statistička analiza

Za provedbu analize ANOVA i LSD korišten je program Microsoft Excel 2016. Obje vrste analize su korištene za usporedbu prinosa i boje ploda između tretmana. Utvrđivalo se da li ima statistički opravdane razlike između testiranih sorata uzgajanih na različitim supstratima u prinosu i boji.

4. Rezultati istraživanja

4.1. Reakcija i elektrokonduktivitet hranive otopine

Prosječne pH-vrijednosti hranive otopine su u pločama kokosovih vlakana ovisno o sorti bile u rasponu od 6,46 do 6,53, a u pločama kamene vune od 6,60 do 6,73. Viša pH-vrijednost u pločama kamene vune u odnosu na kokosova vlakna je očekivana budući da kamena vuna ima alkalnu reakciju. U glavnom spremniku prosječna pH-vrijednost je 6,83 (tablica 4.1.1.). Obzirom na utvrđene vrijednosti standardne devijacije (0,39-0,56), može se zaključiti kako je pH-vrijednost u zoni korijena bila dosta ujednačena tijekom vegetacije.

Tablica 4.1.1. Prosječne pH vrijednosti u glavnom spremniku zoni korijena sa standardnim devijacijama

Glavni spremnik		6,83 ± 0,26
Alamina	Kokosova vlakna	6,55 ± 0,42
	Kamena vuna	6,62 ± 0,56
Volovsko srce	Kokosova vlakna	6,46 ± 0,39
	Kamena vuna	6,60 ± 0,45
Novosadski jabučar	Kokosova vlakna	6,53 ± 0,45
	Kamena vuna	6,73 ± 0,43

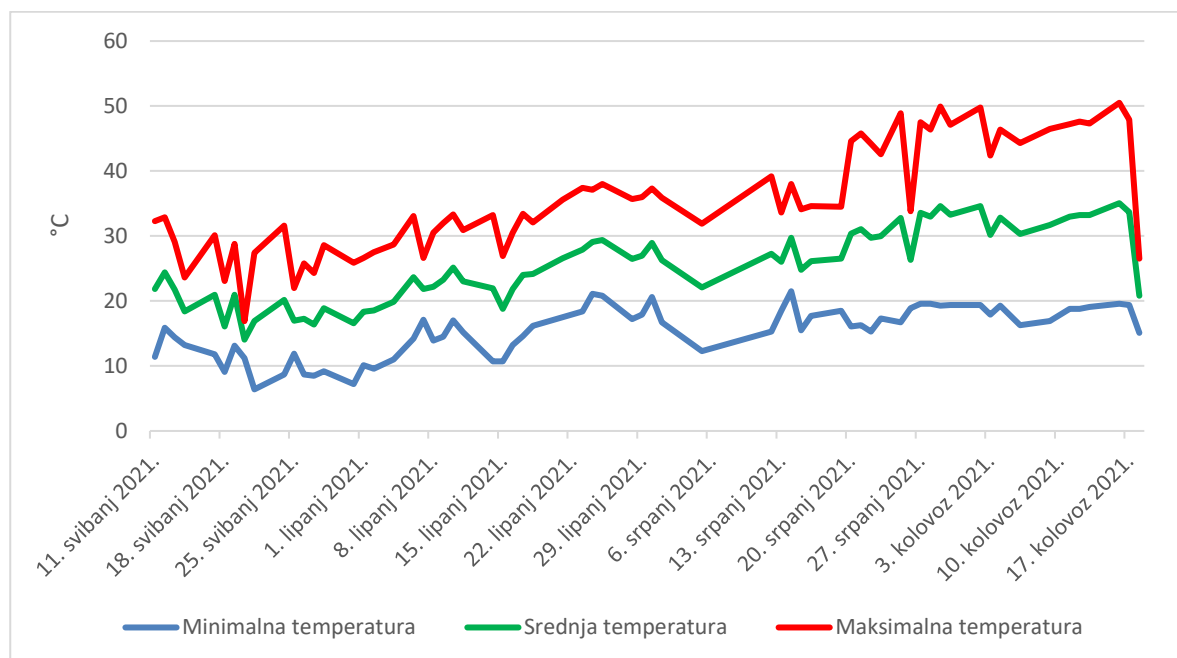
Raspon EC-vrijednosti hranive otopine u zoni korijena kod ploča kokosovih vlakana je od 2,41-2,71 mS/cm, dok prosjek iznosi 2,52 mS/cm. Raspon za ploče kamene vune je 2,14-2,66 mS/cm, dok prosjek iznosi 2,42 mS/cm. Nešto više EC-vrijednosti utvrđene su u zoni korijena biljaka uzgajanih na kokosovim vlaknima. Prosječna EC-vrijednost u glavnom spremniku 1,65 mS/cm. U tablici 4.1.2. je vidljiv porast EC-vrijednosti u zoni korijena za oko 1 mS/cm u odnosu na spremnik. Usprkos porastu, izmjerene EC-vrijednosti su niže od 3 mS/cm, što je uobičajena vrijednost u zoni korijena

Tablica 4.1.2. Prosječne EC vrijednosti u glavnom spremniku i zoni korijena sa standardnim devijacijama

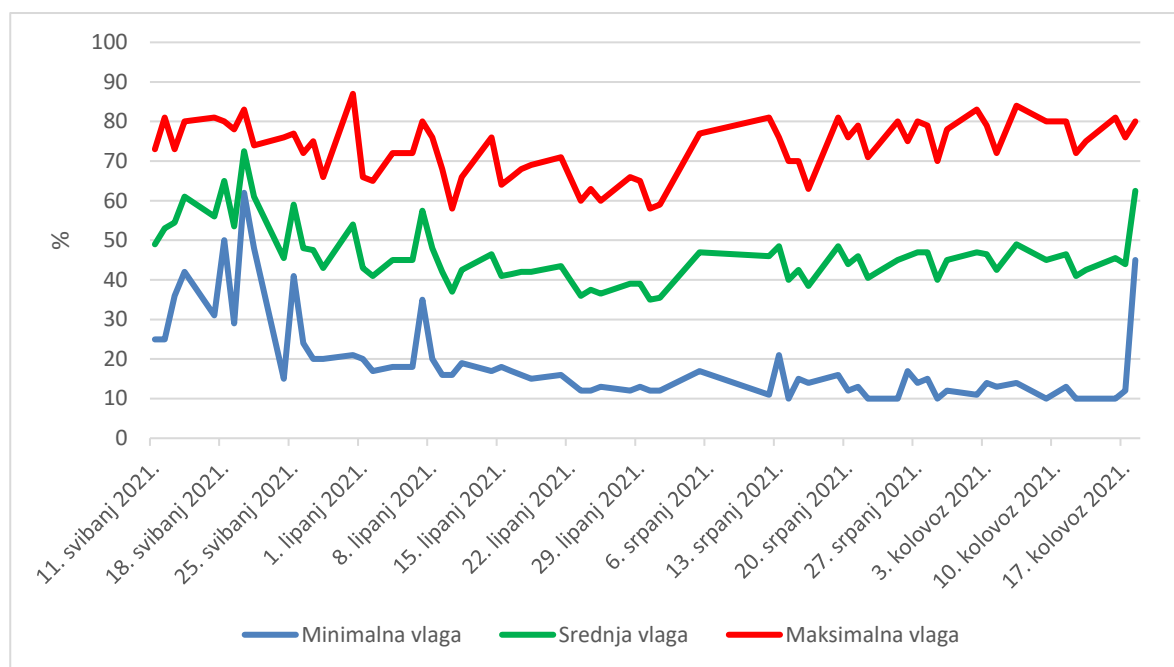
Glavni spremnik		1,65 ± 0,79
Alamina	Kokosova vlakna	2,71 ± 1,08
	Kamena vuna	2,66 ± 1,11
Volovsko srce	Kokosova vlakna	2,41 ± 1,09
	Kamena vuna	2,48 ± 1,19
Novosadski jabučar	Kokosova vlakna	2,45 ± 1,21
	Kamena vuna	2,14 ± 1,12

4.2. Temperatura i vlaga zraka u plasteniku

Iako je pokus postavljen u zaštićenom prostoru s ciljem smanjenja pojave stresnih uvjeta uzgoja, tijekom provedbe pokusa zabilježena su znatna odstupanja od optimalnih uvjeta temperature (grafikon 4.2.1.) i relativne vlage zraka (grafikon 4.2.2.). Temperatura zraka se mijenjala, tj. povećavala sa promjenom vremena, dok je relativna vlaga zraka uravnoteženo varirala sa promjenom vremena. Najniža minimalna temperaturna vrijednost zabilježena se 21. svibnja i iznosila je 6,4 °C, dok je najviša maksimalna vrijednost zabilježena 16. kolovoza i iznosila je 50,5 °C. Raspon srednje vrijednosti temperature je iznosio 16,1-35,1 °C. Najmanja vrijednost vlage zraka iznosila je 10 % i nije padala ispod te vrijednosti, izmjerena je prvi put 14. srpnja i nekoliko uzastopnih dana iza toga. Najviša vrijednost vlage zraka iznosila je 87 % i izmjerena je 21. svibnja. Raspon srednje vrijednosti relativne vlage zraka je iznosio između 35 i 72,5 %.



Grafikon 4.2.1. Temperatura zraka u plasteniku



Grafikon 4.2.2. Vlaga zraka u plasteniku

4.3. Prinos tržnih plodova i udio netržnih

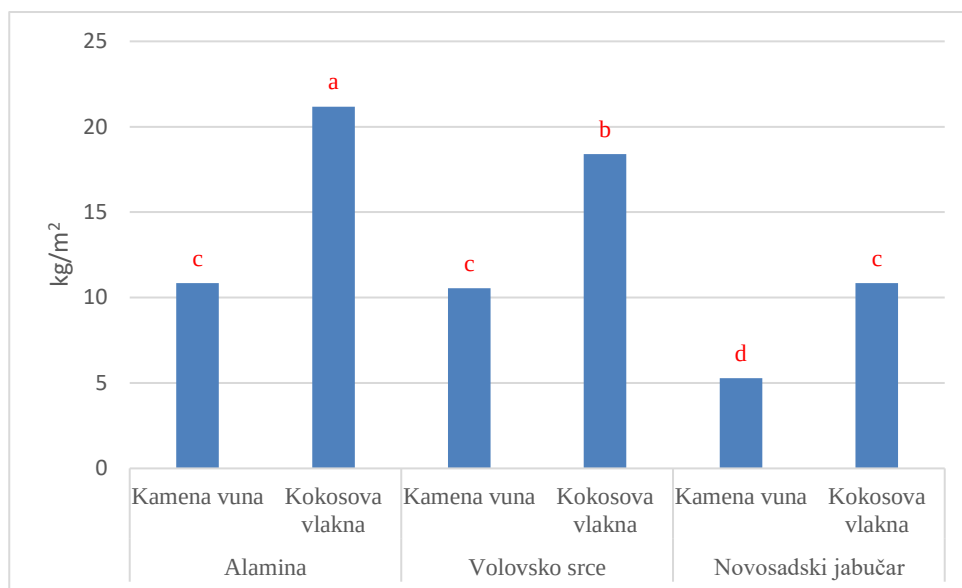
Nakon svake berbe plodovi su brojani i vagani. Dijelili su se na tržne i netržne plodove. Netržnim plodovima su smatrani plodovi fizičkim oštećenjima, fiziološkim poremećajima, te abnormalnostima u rastu. Tijekom vaganja svi plodovi, znači tržni i netržni, su zajedno vagani te od ukupne mase se oduzela masa netržnih plodova kako bi se dobila masa tržnih. Plodovi su brani sa obračunske parcele, izračunata je prosječna vrijednost za tri repeticije, nakon čega su vrijednosti preračunate u prosječan prinos po m^2 i prikazane u tablici 4.3.1.

Tablica 4.3.1. Prosječan prinos tržnih plodova, kg/m^2

Datum		6.7.2021.	13.7.2021.	21.7.2021.	28.7.2021.	3.8.2021.	18.8.2021.
Alamina	Kamena vuna	1,26	4,00	1,67	1,35	1,27	1,29
	Kokosova vlakna	2,73	3,84	2,31	2,58	1,76	7,96
Volovsko srce	Kamena vuna	2,93	2,38	1,24	1,64	1,87	0,49
	Kokosova vlakna	1,93	7,40	2,18	1,84	1,91	3,13
Novosadski jabučar	Kamena vuna	1,18	0,62	1,38	0,53	0,93	0,64
	Kokosova vlakna	0,93	2,80	1,13	1,53	3,40	1,04

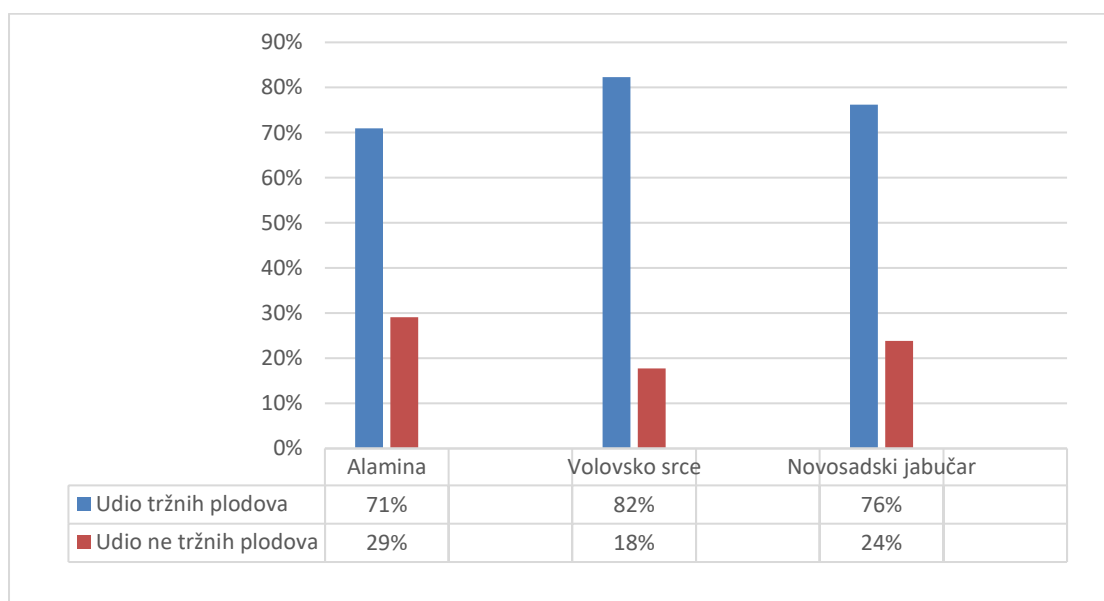
Prinos predstavlja umnožak mase i broja plodova na određenoj površini ili po biljci. Za potrebe ove analize korišten je prinos po površini. Hibridna sorta 'Alamina' je ostvarila najveći tržni prinos na oba testirana supstrata: $10,84 kg/m^2$ na kamenoj vuni, odnosno $21,18 kg/m^2$ na kokosovim vlaknima. Udomaćene sorte 'Volovsko srce' i 'Novosadski jabučar' su na oba supstrata ostvarile znatno niži prinos tržnih plodova koji je bio u rasponu od 5,29 do 18,4

kg/m² (grafikon 4.3.1.). Iz grafikona 4.3.1. je također vidljivo kako su sve tri sorte ostvarile signifikantno veći prinos na kokosovim vlaknima u odnosu na kamenu vunu.



Grafikon 4.3.1. Prinos tržnih plodova, kg/m²

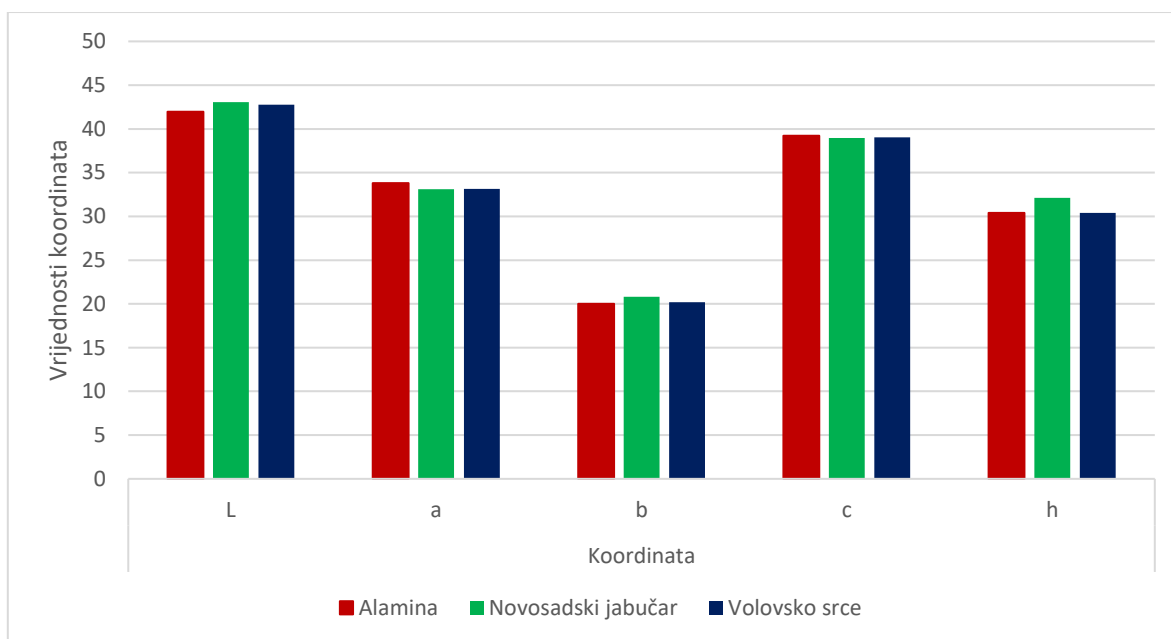
Kada se pregledaju udjeli tržnih i netržnih plodova vidi se da udio netržnih ne prelazi 30 %. Najveći udio netržnih plodova (29 %) utvrđen je kod hibridne sorte 'Alamina', a najmanji (18 %) kod udomaćene sorte 'Volovsko srce' (grafikon 4.3.2.). Ovi podaci govore kako su udomaćene sorte tolerantnije na stresne uvjete, ali to kako hibridne sorte u hidroponskom zahtijevaju primjerenu hranivu otopinu sukladno njihovim potrebama.



Grafikon 4.3.2. Udio tržnih i netržnih plodova

4.4. Obojenost tržnih plodova

Plodovi su u prosijeku osrednje svijetli jer L^* koordinata iznosi 42,57. Vrijednost a^* je pozitivna što ukazuje da plodovi su crvene boje, vrijednost iznosi u prosjeku 33,34. Vrijednost b^* je pozitivna što označava da plodovi sadrže žute boje, prosjek iznosi 20,29. Vrijednost c iznosi 39,07 što označuje da saturiranost boje, tj. zasićenje, nije intenzivno. Na kraju, vrijednost h^* iznosi 30,87 u prosjeku što označava da nijanse su crvene (grafikon 4.4.1.).



Grafikon 4.4.1. Prosjek kromatografskih vrijednosti plodova

4.5. Statistička analiza

Kod analize varijance tržnih plodova rezultati ukazuju da u oba slučaja, kamene vune i kokosovih vlakana, F_{exp} (kamena vuna iznosi 1,29, kokosova vlakna iznosi 1,58) je manji od oba F_{tab} (5% iznosi 3,80, 1% iznosi 6,70). Na oba supstrata sve sorte nemaju statistički opravdane razlike u količini tržnih plodova na oba supstrata. U usporedbi parova između svih sorata, u oba supstrata, utvrđeno je da t_{exp} je manji od t_{tab} za sve parove. T – test za usporedbu parova na kamenoj vuni pokazuje da parovi alamina – volovsko srce i volovsko srce – novosadski jabučar daju t_{exp} od 0,14, dok par alamina – novosadski jabučar daje t_{exp} od 1,46. T_{tab} za parove od 5 % iznosi 2,16, dok od 1% iznosi 3,01. LSD test signifikantnosti α od 0,05 je pokazao da iznosi 1,51. T – test za usporedbu parova na kokosovim vlaknima pokazuje da par alamina – volovsko srce daje t_{exp} od 0,40, par alamina – novosadski jabučar daje t_{exp} od 1,70, par volovsko srce – novosadski jabučar daje t_{exp} od 1,29. T_{tab} za parove od 5 % iznosi 2,16, dok od 1% iznosi 3,01. LSD test signifikantnosti α od 0,05 je pokazao da iznosi 3,37.

Kod analize varijance ne tržnih plodova rezultati ukazuju na isti ishod. U oba slučaja, kamene vune i kokosovih vlakana, F_{exp} (kamena vuna iznosi 0,08, kokosova vlakna iznosi 1,12) je

manji od oba F_{tab} (5% iznosi 3,88, 1% za kamenu vunu iznosi 6,92 a za kokosova vlakna iznosi 7,20). Na oba supstrata sve sorte nemaju statistički opravdane razlike u količini ne tržnih plodova na oba supstrata. U usporedbi parova između sorata na oba supstrata t_{exp} je manji od t_{tab} za sve parove na oba supstrata. T – test za usporedbu parova na kamenoj vuni pokazuje da par alamina – volovsko srce ima t_{exp} od 0,35, par alamina – novosadski jabučar daju t_{exp} od 0,20, dok par volovsko srce – novosadski jabučar daje t_{exp} od 0,12. T_{tab} za parove od 5 % iznosi 2,18, dok od 1% iznosi 3,05. LSD test signifikantnosti α od 0,05 je pokazao da iznosi za par alamina – volovsko srce 0,70, a za parove alamina – novosadski jabučar i volovsko srce – novosadski jabučar iznosi 0,74. T – test za usporedbu parova na kokosovim vlaknima pokazuje da par alamina – volovsko srce ima t_{exp} od 0,50, par alamina – novosadski jabučar daju t_{exp} od 1,61, dok par volovsko srce – novosadski jabučar daje t_{exp} od 1,06. T_{tab} za parove od 5 % iznosi 2,20, dok od 1% iznosi 3,10. LSD test signifikantnosti α od 0,05 je pokazao da iznosi za par alamina – volovsko srce 0,780, a za par alamina – novosadski jabučar iznosi 0,78, te za par volovsko srce – novosadski jabučar iznosi 0,81.

Za podatke kolorimetra rezultati analize varijance ukazuju na različite F_{exp} rezultate. Prvo će se pokriti rezultati kamene vune. Za koordinatu L^* utvrđeno je da F_{exp} (4,45) je veći od F_{tab} 5% (3,30) ali manji od F_{tab} 1% (5,36) (F_{tab} 5% < F_{exp} < F_{tab} 1%). F_{tab} – ovi su isti za oba supstrata i za sve koordinate. To ukazuje da postoji razlika u osvjetljenosti plodova ali nije visokog značaja. LSD test signifikantnosti α od 0,05 daje rezultat od 1,52. T – test za parove ukazuje da jedino alamina i volovsko srce se razlikuju u osvjetljenosti sa t_{exp} od 2,94, dok t_{tab} 5% iznosi 2,04 i t_{tab} 1% iznosi 2,74. T_{tab} – ovi od 5% i 1% su istih vrijednosti za sve ostale parove na oba supstrata kod svih koordinata.

Analiza varijance koordinate a^* ukazuje da F_{exp} iznosi 3,04 što ukazuje da nema statistički opravdane razlike u crveno / zelenoj boji između sorata. LSD test signifikantnosti α od 0,05 daje rezultat od 2,81. T – test za parove ukazuje da jedino par alamina – novosadski jabučar imaju razliku u obojenosti (t_{exp} od 2,44), volovsko srce nema nikakve različitosti u obojenosti crveno / zelene boje naspram ostalih sorata.

Za koordinatu b^* , F_{exp} iznosi 4,98 što ukazuje da ima malene statistički opravdane razlike u žuto / plavoj boji između sorata. LSD test signifikantnosti α od 0,05 daje rezultat od 3,18. T – test ukazuje da volovsko srce se razlikuje u obojenosti žuto / plave boje od ostalih sorata. T_{exp} za par alamina – volovsko srce iznosi 3,10 a za par volovsko srce – novosadski jabučar 2,10 te za taj par razlika je prisutna ali nije vrlo značajna.

Kod koordinate c , F_{exp} iznosi 3,68 što ukazuje da razlika postoji ali nije signifikantna. LSD test signifikantnosti α od 0,05 daje rezultat od 3,50. T – test za parove ukazuje da jedino par alamina – volovsko srce ima razliku u saturaciji ali nije signifikantna, t_{exp} iznosi 2,30.

Kod koordinate h^* , F_{exp} iznosi 5,37. To znači da postoji signifikantna statistički opravdana razlika u nijansama između sorata. LSD test signifikantnosti α od 0,05 daje rezultat od 3,70. T – test ukazuje da volovsko srce se razlikuje od obje sorte u nijansama crvene boje. T_{exp} za

par alamina – volovsko srce iznosi 2,60, a za par volovsko srce – novosadski jabučar iznosi 3,03.

Rezultati sorata na kokosovim vlaknima ukazuju da F_{exp} kod koordinate L^* je jedini signifikantan i iznosi više od oba F_{tab} ($F_{exp} = 9,85$). Ostali F_{exp} su manji od F_{tab} 5% i 1%. To znači da postoji statistički opravdana razlika između sorata samo u koordinati h^* koja je vrlo signifikantna, dok kod ostalih koordinata nema statistički opravdanih razlika između sorata.

Kod provedbe LSD testa signifikantnosti α od 0,05 utvrđeno je da za koordinatu: L^* iznosi 1,66, a^* iznosi 3,06, b^* iznosi 3,50, c iznosi 3,81, h^* iznosi 4,04. To znači da za svaku koordinatu da bude razlika u vrijednosti između pojedinih parova moraju biti veće od navedenih vrijednosti. T – test za parove ukazuje da jedino par alamina – volovsko srce ima signifikantne razlike u koordinati h sa t_{exp} od 4,94. Svi ostali t_{exp} za druge koordinate nisu višji niti od t_{tab} 5%, niti 1%. To ukazuje da pri ostalim vrijednostima volovsko srce se ne razlikuje od niti od alamine, niti od novosadskoj jabučara.

5. Rasprava

Prema dobivenim podacima od ovog istraživanja imamo na uvid usporedbu sve tri sorte u raznim ispitivanim kategorijama. Počevši od podataka reakcije i elektrokonduktivnosti hranive otopine vidi se da nema velike razlike između sorata. Sve sorte su pokazale kroz sve periode mjerenja da reakcija u zoni korijena je u prihvatljivim razmjerima, tj. unutar vrijednosti 5,5-6,5 na oba supstrata (tablica 4.1.1.). Devijacije od prihvatljivih vrijednosti su male, ne prelaze 0,56. Prosjek svih ploča od svih sorata iznosi 6,58, malo iznad gornje granice prihvatljive reakcije. Usporedba sorata ukazuje da nema velikih razlika u reakciji hranive otopine u zoni korijena. Standardne devijacije su slične, ne samo u usporedbi volovskog srca sa alaminom i novosadskim jabučarom, već i između alamine i novosadskog jabučara. Kako god da sparili sorte dobiva se da nema signifikantne razlike između njih.

EC vrijednost se također mjerila kada i reakcija u zoni korijena. EC vrijednost volovskog srca u zoni korijena na kamenoj vuni iznosi 2,48 mS/cm, dok kod kokosovih vlakana iznosi 2,41 mS/cm. Devijacije od prosjeka za kamenu vunu iznosi 1,19, a za kokosova vlakna 1,09. Prosjek EC vrijednosti svih ploča od svih sorata iznosi 2,47 mS/cm. EC vrijednost hranive otopine u pločama alamine iznosi 2,68 mS/cm, te novosadskog jabučara 2,29 mS/cm. Standardne devijacije svih sorata prelaze 1. Utvrđeno je da nema statistički opravdanih signifikantnih razlika u EC vrijednosti između sorata. Prema Signore i sur. (2016.), učestalost navodnjavanja je od temeljne važnosti za održavanje optimalnog toka hranive otopine. Time se povećava razina vlage u supstratu, te se povećava količina vode u zoni korijena. Time se dovodi više hraniva na samu površinu korijena te time osigurava bolja ishranjenost biljke. Signore i sur. (2016.) navode da u zoni korijena je potrebno imati povećanu EC vrijednost od početka navodnjavanja u hidroponskom sustavu za ostvarenje većih kvalitativnih vrijednosti plodova. EC vrijednost koja bi trebala biti u zoni korijena ovisi o uzgojnoj sorti ali preporuča se da bude oko 40% veća od prosječne navode Signore i sur. (2016.) prema nekim autorima. Povećanje EC vrijednosti ima učinak na povećanje suhe tvari u plodu ali nema učinka na povećanje biomase biljke. Povećana EC vrijednost ukazuje na povećanje saliniteta. To ima negativan učinak na lisnu površinu. Također ima i negativan učinak na apsorpciju vode kroz korijen.

Prinos plodova je značajno veći kod kokosovih vlakana nego kod kamene vune kod svih sorata. Kod svih sorata vidi se trend prinosa koji ukazuje da "alamina" daje najveći, 'Volovsko srce' srednji, te 'Novosadski jabučar' najmanji prinos od sve tri sorte svejedno o promatranom supstratu (grafikon 4.3.1.). Udio tržišnih naspram ne tržišnih plodova ukazuje da kod svih sorata ima više tržišnih od ne tržišnih plodova (grafikon 4.3.2.). Prinos tržišnih plodova prikazuje da nema statistički opravdane razlike između sorata na oba supstrata (tablica 4.3.1.). Pri usporedbi sorata utvrđeno je da nema statistički opravdane razlike u prinosu kada se sorte međusobno uspoređuju. Razlike nema na oba supstrata. Također i za ne tržišne plodove isto vrijedi, nema statistički opravdane razlike na oba supstrata. Na prinos EC vrijednost i pH nisu imali negativan učinak jer nisu prelazili ekstreme. Kod glavnog spremnika prosječna vrijednost pH iznosi 6,83 sa standardnom devijacijom od 0,26. EC vrijednost iznosi 1,65

mS/cm sa standardnom devijacijom od 0,79. pH vrijednost se smanjila u zoni korijena dok EC se povećala prilikom ishrane, tj. istekom hranive otopine (tablica 4.1.1. i 4.1.2.). Prema istraživanju Borošić i sur. (2007.) EC vrijednosti u zoni korijena tokom rasta i razvoja korijena u supstratu kamene vune je rasla do 6,5 dS/m. Također se navodi u istraživanju da EC vrijednost bi trebala biti različita kokom uzgoja, vrijednost bi trebala rasti do pune vegetacije te ponovo opadati do kraja berbe. Time EC vrijednost je bila u normalnom razmjeru tokom uzgoja svih triju sorata kao i pH. Dana 22.6.2021. je pukao ventil što je dovelo do prestanka navodnjavanja. Unatoč manjku vlage u zoni korijena i kratkom povećanju reakcije i EC vrijednosti u zoni korijena nije došlo do oštećenja korijena ili abnormalnosti u razvitku biljaka i plodova. Vrijednosti su se ubrzo vratile u optimalne vrijednosti nakon povećanja broja obroka.

Vrijednost a^* iz kromatografskog mjerenja ukazuje na prisutnost likopena (Tepić i sur., 2006.). U prosjeku razine vrijednosti a^* 'Novosadski jabučar' je ostvario najveći rezultat dok 'Alamina' najmanji. Usporedbom udomaćenih sorata sa hibridom nije utvrđena statistički opravdana razlika u količini likopena kromatografskim mjerenjem. To ukazuje da hibrid i udomaćene sorte imaju sličnu količinu likopena ali mjerenja ukazuju na veću količinu degradacije klorofila te ujedno i sinteze likopena kod udomaćenih sorata (López i Gómez, 2004.). Razina vrijednosti a^* kod 'Novosadskog jabučara' iznosi 33,09 uzgojenog u zaštićenom prostoru hidroponijom, dok uzgoj pri poljskim uvjetima daje vrijednost od 19,85 (Tepić i sur., 2006.). 60 % veća vrijednost koordinate a^* se dobila što ukazuje na veću količinu likopena u plodovima iz hidroponskog uzgoja.

Vrijednost b^* ukazuje na prisutnost ζ -karotena (zeta karoten). Ovaj pigment daje blijedo žutu boju te najveća koncentracija se javlja prije početka zrenja plodova kada klorofili počinju degradirati (López i Gómez, 2004.). ζ -karoten se konvertira u likopen te onda u β -karoten (Thomes i sur., 1953.). β -karoten daje narančastu boju i njegova koncentracija je najveća tokom zrenja. Sve sorte imaju najmanje rezultate koordinate b^* od svih koordinata što ukazuje na pravilno zrenje plodova, tj. na sintezu ζ -karotena u likopen a ne u β -karoten (López i Gómez, 2004.). 'Novosadski jabučar' pokazuje najveću količinu β -karotena dok su hibridn sorta i 'Volovsko srce' podjednake. Vrijednost koordinate b^* kod 'Novosadskog jabučara' hidroponski uzgojenog u zaštićenom prostoru iznosi 20,79, dok kod uzgoja u poljskim uvjetima iznosi 18,35 (Tepić i sur., 2006.).

Vrijednost c predstavlja zasićenost boje. Ona se očitava preko vrijednosti a^* i b^* na način da se vrijednosti kvadriraju formulom $(a^*/b^*)^2$ (López i Gómez, 2004.). Vrijednosti su pozitivne te a^* je veći od b^* što ukazuje na zasićenje crvenom bojom, tj. potvrđuje normalnu sintezu likopena u plodovima. Zrenje plodova je normalno jer se crvena boja povećava. Hibrid se očitava sa najvećom zasićenošću boje unatoč tome što 'Novosadski jabučar' ima veće vrijednosti obje koordinate od hibridne sorte. Porast likopena ukazuje na porast vrijednosti a^*/b^* što ukazuje na normalnost u razvoju, tj. zrenju plodova (Viskelis i sur., 2008.). Usporedbom 'Novosadskog jabučara' hidroponski uzgojenog u zaštićenom prostoru dobivena

je vrijednosti c od 38,97, dok uzgojem u poljskim uvjetima iznosi 27,03 (Tepić i sur., 2006.). Razlika u zasićenosti bojom je velika.

Vrijednost L^* označava svjetlinu. Svjetlina se smanjuje kada plod počinje sazrijevati te nastavlja se smanjivati nakon berbe (Viskelis i sur., 2008.). Vrijednosti ispod 100 označuju tamnjenje, tj. zriobu. Boja se sve više izražava te ujedno i količina raznih karotena (Viskelis i sur., 2008.). Na L^* utječu niske temperature i svjetlina prilikom skladištenja plodova te ako vrijednost koordinate b^* je veća od a^* te ujedno i koordinata L^* je visoka, to ukazuje na abnormalnosti prilikom sazrijevanja plodova (López i Gómez, 2004.). Pošto je vrijednost L^* ispod 50 za sve sorte, kod 'Volovskog srca' najveća, to ukazuje da nema abnormalnosti u sazrijevanju plodova u uvjetima zaštićenog prostora. Usporedbom vrijednosti L^* 'Novosadskog jabučara' hidroponski uzgojenog u zaštićenom prostoru (42,75) i u poljskim uvjetima (29,1), vidi se da osvjetljenje plodova je puno manje kod uzgoja u poljskim uvjetima (Tepić i sur., 2006.).

Vrijednost h^* daje vizualni doživljaj, ton boje ploda. H^* se treba smanjivati kako plod sazrijeva jer razina β -karotena treba opadati dok razina likopena se povećava (Viskelis i sur., 2008.). U rezultatima se jasno vidi da h^* je nizak što ukazuje na pravilno sazrijevanje i na nedostatak abnormalnosti u zriobi ploda. 'Novosadski jabučar' pri poljskim uvjetima uzgoja daje h^* od 42,75 (Tepić i sur., 2006.), dok pri hidroponskom uzgoju u zaštićenom prostoru daje h^* od 32,11. Ton boje ploda je puno izraženiji od zrelih plodova iz uzgoja u zaštićenom prostoru.

Vrijednost h^* nije dobar pokazatelj zrelosti rajčice, ali se može koristiti kao dobar pokazatelj prihvatanje potrošača kada rajčica potpuno dozrije. Boja u rajčici najvažnija je vanjska karakteristika koja procjenjuje zrelost i život ploda nakon berbe. Glavni čimbenik u odluci o kupnji potrošača (López i Gómez, 2004.). Lázaro (2018.) navodi da prema izboru potrošača količina likopena, tj. boja ploda nema veliku ulogu u marketabilnosti ploda. Također navodi da korelacija između obojanosti ploda i razine likopena je pozitivna ali malena. Morfološke karakteristike ploda imaju jači utjecaj na izbor potrošača.

6. Zaključak

Temeljem ostvarenih rezultata istraživanja prikladnosti odabranih udomaćenih samooplodnih sorti rajčice za hidroponski uzgoj, može se zaključiti sljedeće:

1. Između testiranih varijanti utvrđene su značajne razlike u prinosu tržnih plodova; signifikantno najveći prinos ostvarila je hibridna sorta 'Alamina' na kokosovim vlaknima ($21,18 \text{ kg/m}^2$), dok je najmanji prinos zabilježen kod udomaćene sorte 'Novosadski jabučar' na kamenoj vuni ($5,29 \text{ kg/m}^2$); sve sorte su ostvarile signifikantno veći prinos tržnih plodova na kokosovim vlaknima u odnosu na kamenu vunu,
2. Utvrđeno je da nema značajnih razlika između testiranih varijanti u udjelu netržnih plodova koji je bio u rasponu od 18-29 %,
3. Različitost u obojanosti plodova između promatranih sorata je slaba. Signifikantna opravdanost razlike jedino se pokazuje u koordinati L^* na kokosovim vlaknima i na koordinati h^* na kamenoj vuni. Promatrane sorte u ostalim koordinatama se slabo razlikuju ili uopće nemaju opravdanosti razlike u međusobnoj usporedbi,
4. Podaci kolorimetra ukazuju na bolje vizualne značajke plodova što se poklapa sa potražnjom tržišta. Tržište zahtijeva jaču crvenu obojanost te ujedno i izostanak abnormalnosti tokom zriobe i skladištenja ploda,
5. Iako su obje testirane udomaćene sorte ostvarile značajno niže prinose od testirane hibridne sorte, temeljem ostvarenih rezultata može se preporučiti uzgoj 'Volovskog srca' na kokosovim vlaknima.

7. Literatura

1. Agroklub (2021.). <https://www.agroklub.com/povrcarstvo/volovsko-srce-isti-naziv-drugaciji-oblik-kakva-je-to-rajcica/57504/>. Pristupljeno: 25.7.2021.
2. Aires, A. (2017.). Hydroponic Production Systems: Impact on Nutritional Status and Bioactive Compounds of Fresh Vegetables, Vegetables - Importance of Quality Vegetables to Human Health, Md. Asaduzzaman and Toshiki Asao, IntechOpen.
3. Armanda, A.R. (2016.). Hidroponiku uzgoj rajčice na kamenoj vuni i kokosovim vlaknima. Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet. Završni rad.
4. AOAC, 1995. Official Methods of Analysis, 16th Edition. Cuniff, P. (Ed.), AOAC International, Washington.
5. Benko, B. (2016.): Porodica Solanaceae - pomoćnice -. Preuzeto s: <https://moodle.srce.hr/2016-2017/>.
6. Borošić, J., Benko, B., Novak, B., Toth, N., Žutić, I., Fabek, S. (2009). Growth and yield of tomato grown on reused rockwool slabs. Acta Horticulturae. 819. 221-226. Doi: 10.17660/ActaHortic.2009.819.24.
7. Borošić, J., Benko, B., Toth, N. (2011). Hidroponski uzgoj povrća. Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, Zavod za povrćarstvo.
8. Britannica (2021.). <https://www.britannica.com/plant/tomato>. Pristupljeno: 15.7.2021.
9. Cooper, D. (1927). Anatomy and development of tomato flower. Botanical Gazette 83(4): 399-411. Retrieved August 24, 2021, from <http://www.jstor.org/stable/2470768>.
10. Enzo, M., Gianquinto, G., Lazzarin, R., Pimpini, F., Sambo, P. (2001). Principi tecnico-agronomici della fertirrigazione e del fuori suolo. Tipografia-Garbin, Padova, Italy.
11. Heuvelink, E. (2018). Tomatoes. CABI.
12. Kadmo (2021.). <http://www.kadmo.hr/rajcica/966-alamina-f1-rz-novo>. Pristupljeno: 20.9.2021.
13. Lázaro A. (2018). Tomato landraces: an analysis of diversity and preferences. Plant Genetic Resources 16(4):315-324. DOI:10.1017/S1479262117000351.
14. Lešić, R., Borošić, J., Buturac, I., Herak Ćustić, M., Poljak, M., Romić, D. (2004). Povrćarstvo, II dopunjeno izdanje. Zrinski, Čakovec.
15. López Camelo, A.F., Gómez, P.A. (2004). Comparison of color indexes for tomato ripening. Horticultura Brasileira 22(3): 534-537.
16. PCE Instruments (2021). The Colorimeter PCE-CSM 4. https://www.pce-instruments.com/english/measuring-instruments/test-meters/colorimeter-pce-instruments-colorimeter-pce-csm-4-det_2155012.htm. Pristupljeno: 4.9.2021.

17. Peet, M. (2009). Sustainable Practices for Vegetable Production in the South. https://web.archive.org/web/20091126050832/http://www.ncsu.edu/sustainable/profiles/bot_tom.html. Pristupljeno: 27.7.2021.
18. Rockwool (2021.). <https://www.rockwool.com>. Pristupljeno: 2.8.2021.
19. Signore, A., Serio, F., Santamaria, P. (2016). A targeted management of the nutrient solution in a soilless tomato crop according to plant needs. *Frontiers in Plant Science*, 7, 391. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00391>
20. Šarić, M. (2019). Primjena biopolimernih mikrokapsula u uzgoju rajčice na tlu. Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet. Diplomski rad. Preuzeto s <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:204:640354>.
21. Tepić, A.N., Vujičić, B.L., Takač, A.J., Krstić, B.Đ., Čalić, L.J. (2006). Chemical heterogeneity of tomato inbred lines. *Acta Periodica Technologica* 37: 45-50.
22. Thiyagarajan, G., Umadevi, R., Ramesh, K. (2007.). Hydroponics. science tech entrepreneur. Pristupljeno: 24.8.2021., Dostupno na: <https://web.archive.org/web/20091229051310/http://www.technopreneur.net/information-desk/sciencetechmagazine/2007/jan07/Hydroponics.pdf>.
23. Tomes, M.L., Quackenbush, F.W., Nelson, O.E., North, B. (1953). The inheritance of carotenoid pigment systems in the tomato. *Genetics* 38(2): 117-127. <https://doi.org/10.1093/genetics/38.2.117>.
24. Vasilj, Đ. (1974). Postavljanje i statistička obrada pokusa po split-blok shemi. *Agronomski glasnik*, 36 (3-4), 125-135. Preuzeto s <https://hrcak.srce.hr/165111>.
25. Viskelis, P., Jankauskiene, J., & Bobinaite, R. (2008). Content of carotenoids and physical properties of tomatoes harvested at different ripening stages. *Food Balt*, 166-170.

Životopis

Denis Lagundžija rođen je 11.7.1996. godine u Zagrebu. Pohađao je Prirodoslovnu školu Vladimira Preloga od 2011.-2015. godine i maturirao sa dobrim uspjehom. Nakon mature, 2015. godine nastavlja školovanje na Agronomskom fakultetu u Zagrebu upisujući preddiplomski studij Zaštite bilja. Godine 2018. završava preddiplomski studij, a 2019. upisuje diplomski studij Hortikultura, usmjerenje Povrćarstvo. Poznaje dva strana jezika, Engleski na razini C1 i Njemački na razini A1+. Vješto koristi računala i posjeduje osnovno znanje korištenja MS Office programa.