Utjecaj folijarne primjene željeza na mineralni sastav ploda jagode 'Joly'

Hasanović, Ana

Master's thesis / Diplomski rad

2022

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:204:677365

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

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

Repository / Repozitorij:

Repository Faculty of Agriculture University of Zagreb

zir.nsk.hr

dabar
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

UTJECAJ FOLIJARNE PRIMJENE ŽELJEZA NA MINERALNI SASTAV PLODA JAGODE 'JOLY'

DIPLOMSKI RAD

Ana Hasanović

Zagreb, srpanj, 2022.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

Diplomski studij:
Hortikultura - Voćarstvo

UTJECAJ FOLIJARNE PRIMJENE ŽELJEZA NA MINERALNI SASTAV PLODA JAGODE 'JOLY'

DIPLOMSKI RAD

Ana Hasanović

Mentor: prof. dr. sc. Boris Duralija

Zagreb, srpanj, 2022.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

IZJAVA STUDENTA
O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Ja, **Ana Hasanović**, JMBAG 0178116605, rođen/a 21.12.1998 u Zagrebu, izjavljujem da sam samostalno izradila/izradio diplomski rad pod naslovom:

UTJECAJ FOLIJARNE PRIMJENE ŽELJEZA NA MINERALNI SASTAV PLODA JAGODE 'JOLY'

Svojim potpisom jamčim:

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

U Zagrebu, dana _____ _____

Potpis studenta / studentice

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

IZVJEŠĆE

O OCJENI I OBRANI DIPLOMSKOG RADA

Diplomski rad studenta/ice **Ana Hasanović**, JMBAG 0178116605, naslova

UTJECAJ FOLIJARNE PRIMJENE ŽELJEZA NA MINERALNI SASTAV PLODA JAGODE 'JOLY'

obranjen je i ocijenjen ocjenom _____ , dana _____ .

Povjerenstvo:			potpisi:
1.	Prof. dr. sc. Boris Duralija	mentor	_____
2.	Izv. prof. dr. sc. Boris Lazarević	član	_____
3.	Prof. dr. sc. Martina Skendrović Babojelić	član	_____

Zahvala

Zahvaljujem se prof. dr. sc. Borisu Duraliji na mentorstvu, iskazanoj pomoći te stručnom vođenju kroz proces izrade diplomskog rada pod naslovom „Utjecaj folijarne primjene željeza na mineralni sastav ploda jagode 'Joly'“.

Sadržaj

1. Uvod 1
   1.1. Cilj rada 1
2. Pregled literature 2
   2.1. Botanička pripadnost jagode 2
   2.2. Rasprostanjenost jagode 3
   2.3. Morfologija jagode 3
   2.4. Agroekološki uvjeti za uzgoj jagode 5
   2.5. Sortiment 5
   2.6. Berba, transport i skladištenje 5
   2.7. Nutritivna vrijednost i mineralni sastav 6
      2.7.1. Dušik (N) 7
      2.7.2. Fosfor (P) 7
      2.7.3. Kalij (K) 8
      2.7.4. Kalcij (Ca) 8
      2.7.5. Magnezij (Mg) 9
      2.7.6. Željezo (Fe) 9
      2.7.7. Cink (Zn) 10
      2.7.8. Mangan (Mn) 10
      2.7.9. Bakar (Cu) 10
3. Materijali i metode 11
   3.1. Opis istraživanja 11
   3.2. Sorta 'Joly' 11
   3.3. Analiza fizikalno-kemijskih svojstava 12
   3.4. Analiza mineralnog sastava ploda 14
   3.5. Statistička analiza 17
4. Rezultati i rasprava 18
   4.1. Pomološka svojstva sorte 'Joly' 18
   4.2. Fizikalno-kemijska svojstva sorte 'Joly' 19
   4.3. Mineralni sastav sorte 'Joly' 23
5. Zaključak 30
6. Popis literature 31
7. Životopis 36

Sažetak

Diplomskog rada studentice **Ana Hasanović**, naslova

UTJECAJ FOLIJARNE PRIMJENE ŽELJEZA NA MINERALNI SASTAV PLODA JAGODE 'JOLY'

Tijekom 2021. godine provedeno je istraživanje kvalitete plodova jagode sorte 'Joly' uzgajane hidroponski u Petrovini Turopoljskoj gdje je na početku cvatnje obavljena folijarna prihrana jagoda sa željezom kod tretmana B i C te potom samo tretman C u punoj cvatnji i to s Fe - Fe-EDDHA 6% (Poly-Feed™). Tijekom dozrijevanja ubrani su plodovi za istraživanje fizikalnog, kemijskog i mineralnog sastava jagoda. Istraživana fizikalno-kemijska svojstva bila su masa (g), tvrdoća (kg/cm^2), topljiva suha tvar (°Brix), ukupne kiseline (% kao limunska kiselina), omjer topljive suhe tvari i ukupnih kiselina te pH. Analiza mineralnog sastava provedena je adekvatnim metodama i to modificiranom Kjeldahlovom metodom, spektofotometrom, plamenim fotometrom i atomskim adsorpcijskim spektrometrom. Istraživani parametri mineralnog sastava bili su podijeljeni na markoelemente (N, P, K, Ca, Mg) te mikroelemente (Fe. Zn, Mn, Cu). Utvrđene su značajne razlike u dobivenim vrijednostima pojedinih mjerenih svojstava kvalitete ploda pod utjecajem dodatne primjene željeza. Dodatno tretiranje folijarnim Fe znatno je smanjilo ukupne kiseline čime se povećao odnos topljive suhe tvari i ukupnih kiselina te je sam okus plodova bio bolji. Jedno folijarno tretiranje početkom cvatnje dovelo je do povećanja sadržaja K u plodu u odnosu na kontrolu. Tretiranje s dodatnim Fe dovelo je do signifikantnog smanjenja nekih istraživanih mikroelemenata kao što su Zn, Mn i Cu.

Ključne riječi: *Fragaria* x *ananassa* Duch., folijarna prihrana, makroelementi, mikroelementi

Summary

Of the master's thesis - student **Ana Hasanović,** entitled

INFLUENCE OF FOLIAR APPLICATION OF IRON ON THE MINERAL COMPOSITION OF 'JOLY' STRAWBERRY FRUIT

During 2021, a research was done on the quality of strawberry fruits of the cultivar 'Joly' grown hydroponically in Petrovina Turopoljska. At the beginning of flowering foliar fertilization of strawberries with iron was performed in treatments B and C and then only in treatment C during the full bloom with Fe - Fe- EDDHA 6% (Poly-Feed ™). During ripening, the fruits were harvested to study the physical, chemical and mineral composition of the strawberries. The physicochemical properties tested were mass (g), hardness (kg /cm^2), soluble solids (° Brix), total acidity (% as citric acid), ratio of soluble solids to total acidity and pH. The analysis of mineral composition was carried out using appropriatemethods, namely the modified Kjeldahl method, spectrophotometer, flame photometer and atomic adsorption spectrometer. The studied mineral composition parameters were divided into marcoelements (N, P, K, Ca, Mg) and microelements (Fe. Zn, Mn, Cu). On the basis of the obtained results, significant differences were found in the obtained values of individual measured fruit quality properties under the influence of additional iron application. The additional treatment with foliar iron resulted in a significant reduction of total acids, increasing the ratio of soluble solids to total acids, and the taste of the fruit itself was better. Foliar treatment at the beginning of flowering resulted in an increase in the K content in the fruit compared to the control. Treatment with additional Fe led to a significant decrease in some of the trace elements studied, such as Zn, Mn and Cu.

Keywords: *Fragaria* x *ananassa* Duch., foliar fertilization, macroelements, microelements

1. Uvod

Jagoda (*Fragaria* x *ananassa Duch*.) je voćna vrsta koja pripada porodici Rosaceae i rodu *Fragaria*. Kina je najveći proizvođač jagoda sa 3199455 tona, a na drugom mjestu slijedi SAD sa 1035098 tona (FAO 2019.). Za proizvođače je to rentabilna vrsta kvalitetnog ploda koja rano stupa u rod, rano zrije te relativno brzo vraća uložena sredstva (Nikolić i Milivojević, 2015). U usporedbi s drugim jagodastim voćem, jagode sadrže više vitamina C, fenola i flavonoida (Hakkinen i Torronen 2000.). Jagode su popularne diljem svijeta zbog svog visokog antioksidativnog kapaciteta te bogatstva ploda esencijalnim hranjivim tvarima (Giampieri i sur., 2014., 2015.; Manganaris i sur., 2014.). Dostupnost hranjivih tvari u tlu može igrati važnu ulogu u regulaciji produktivnosti jagoda (May i Pritts 1990.). Adekvatna razina dušika (N), fosfora (P) i kalija (K) neophodna je za pravilan rast i razvoj (Ruef i Richey 1925.;Boyce i Matlock 1966.; John i sur. 1975.).

Folijarna prihrana mikronutrijentima ima vrlo važnu ulogu u poboljšanju zametanja plodova, produktivnosti i kvaliteti plodova. Folijarna prihrana u pravo vrijeme poboljšava kvalitetu i urod plodova jagode. Željezo (Fe) ima važnu ulogu kao mikronutrijent. Kloroza zbog nedostatka željeza je uobičajen poremećaj u ishrani biljaka, uglavnom povezan s visokim pH ili vapnenastim tlima te je također ograničavajući čimbenik za voćarsku proizvodnju u mnogim dijelovima svijeta. U vapnenačkim tlima, dostupnost Fe je obično vrlo niska, a nedostatak Fe široko rasprostranjen. Folijarna prihrana u takvim uvjetima mogla bi biti učinkovitija od bilo koje druge primjene Fe. Kako pH tla pada, Fe postaje dostupnije (Dixon 2019.). Pod nedostatkom željeza, na osjetljivim voćkama često dolazi do neravnoteže među hranivima, željezom, fosforom, manganom i cinkom što dovodi do slabije dostupnosti tih hraniva za metaboličke potrebe (Lopez-Millan i sur. 2001.; Ortas i sur. 2015.; Venturas i sur. 2014.).

U ključnim fenofazama može se primijeniti folijarna prihrana kojom se osiguravaju pojedini elementi neophodni za rast i razvoj biljke.

1.1. Cilj rada

Cilj ovog rada je bio utvrditi utjecaj folijarne primjene željeza na mineralni sastav plodova jagode sorte 'Joly'.

2. Pregled literature

2.1. Botanička pripadnost jagode

Jagoda (*Fragaria* x *ananassa Duch.*) pripada porodici Rosaceae (ruže) (Nikolić i Milivojević 2010.). Porodica Rosaceae dijeli se na 4 potporodice s obzirom na morfologiju cvjetišta, položaj plodnice i tip ploda. To su Spiroideae, Rosoideae, Maloideae i Prunoideae. Rod *Fragaria* (jagoda) pripada potporodici Rosoidae (Tablica 2.1.1.). Najznačajniji rodovi unutar potporodice Rosoidae, između kojih se nalazi i rod *Fragaria*, su: *Rubus* i *Rosa*. Danas u svijetu postoji više od 10 000 sorti kultivirane jagode, koje se međusobno razlikuju po genetskim svojstvima, porijeklu, biološko-gospodarskim i proizvodno-tehnološkim svojstvima. Osnovni broj kromosoma je x=7. Vrste iz roda *Fragaria* su međusobno genotipski i fenotipski jako različite. Najčešće su diploidne ili oktoploidne, ali mogu biti i ostalih ploidnosti, međusobno relativno lako hibridiziraju. Različite su prema reakciji na dužinu dana, boji cvijeta i ploda, morfologiji cvijeta i lista, sposobnosti stvaranja vrježa (Stewart 2011.). Prema Stančeviću (1977.) najveći broj kultiviranih sorti jagode nastao je od šest vrsta, koje se dijele u četiri skupine: europska, zapadno-američka, istočno-američka i azijska skupina.

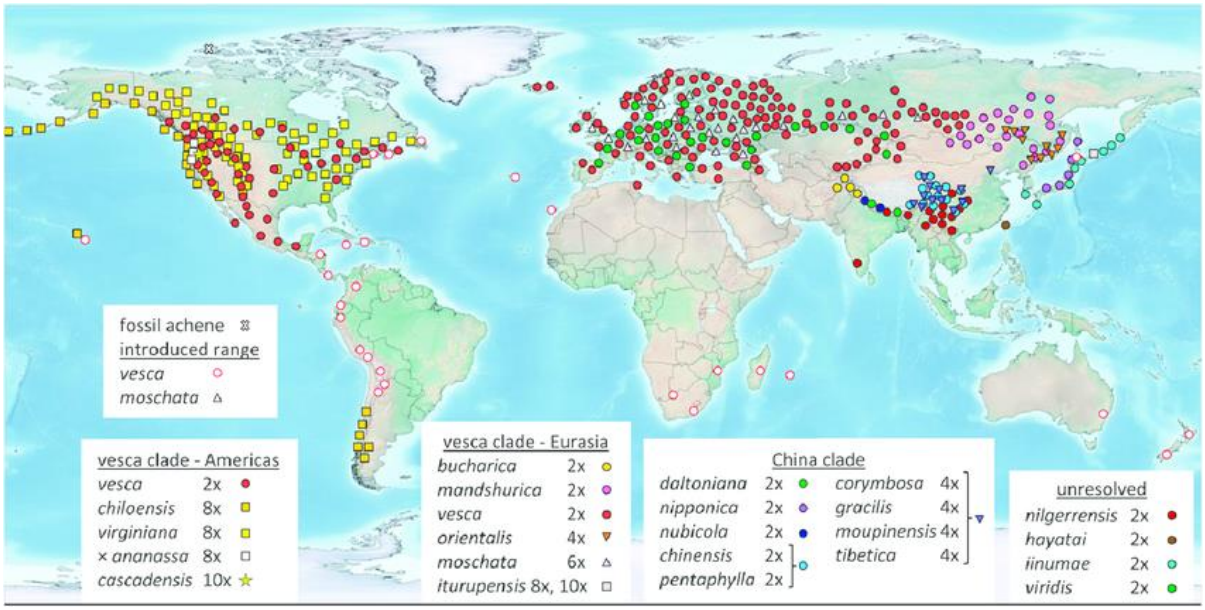
Tablica 2.1.1. Sistematika jagode

Odjeljak	Spermatophyta (sjemenjače)
Pododjeljak	Angiospermae (golosjemenjače)
Razred	Dicotyledones (dvosupnice)
Red	Rosales
Porodica	Rosaceae
Potporodica	Rosoidae
Rod	*Fragaria*
Vrste	*Fragaria vesca* L.
	Fragaria x ananassa Duch. *(F. grandiflora)*
	Fragaria viridis Duch.
	Fragaria moschata Duch. *(F. elatior)*

Izvor: Nikolić i Milivojević (2010.)

2.2. Rasprostanjenost jagode

Prema Husaini i Neri (2016.) rani kolonisti u Sjevernoj Americi uzgajali su virdžinijsku jagodu, *Fragaria virginiana*, koja je bila otporna i imala sposobnost da izdrži niske temperature i sušu. U ranim 1600-im, *Fragaria virginiana* je uvezena u Europu iz Sjeverne Amerike. Istraživači su 1700-ih opisali čileansku jagodu *Fragaria chiloensis* u Čileu koja je imala krupne plodove, ali nije bila dobro prilagođena različitoj klimi (Slika 2.2.1.). Sjeverna Europa, uključujući Francusku, uzgajala je šumsku jagodu *Fragaria vesca* L., te je već 1300. godine bila cijenjena po cvjetovima, kao i po plodovima. Prvi su je kao hranu spominjali Vergilije, Ovidije i Plinije Stariji u Starom Rimu te Teofrast u Staroj Grčkoj (Hancock 1999; Nikolić i Milivojević 2010.). Prema Volčeviću (2008.) jagoda je rasprostranjena po cijeloj Europi, Aziji, Sjevernoj Americi. Njezin uzgoj može biti vrlo rentabilan, osobito u blizini većih gradova.



Slika 2.2.1. Karta rasprostanjenosti samonikle jagode (Izvor: Liston i sur. 2014.)

2.3. Morfologija jagode

Prema Milošu (1997.) grm jagode sastoji se od korijena, stabla, lista s lisnom drškom i vriježe (stolon), koji spadaju u vegetativne organe, dok u generativne ubrajamo cvijet, plod i sjeme. Nakon sadnje u jesen, u prvoj godini jagoda daje najviše mladih sadnica i najkvalitetniji prirod plodova. Slabiji vegetativni rast se primjećuje već u drugoj godini, ali je prirod lošije kakvoće. Korijen je prema Milošu (1997.) podzemni vegetativni organ koji služi za usvajanje vode, i otopljenih mineralnih tvari iz tla, koje dalje provodi u ostale dijelove biljke. On skladišti mnoge organske tvari, a dijelom ih sam sintetizira (aminokiseline, lipide, bjelančevine), te služi za vegetativno razmnožavanje. Nikolić i Milivojević (2010.) navode da je korijen jagode u povoljnim uvjetima tla dosta razgranat, i obrastao vlasastim apsorptivnim korjenčićima. Stablo je visine svega nekoliko centimetara, a njegova uloga je da kroz ksilem provodi vodu i hranjive

tvari iz korijena u list, a floemskim putem provodi vodu s otopljenim organskim tvarima (Mratinić 2012.). Prema Šoškiću (2009.) stablo se svake godine deblja i pri tome se stvaraju jasno izraženi godovi, na osnovu kojih se vrlo lako može utvrditi starost biljke. List je, kako navode Nikolić i Milivojević (2010.) vegetativni organ jagode u kojem se odvijaju brojni fiziološki procesi: fotosinteza, transpiracija, respiracija, gutacija i dr. Ograničenog je rasta i složene građe. Autori dalje navode da se list sastoji od lisne osnove, lisne drške i liski, najčešće od 3 liske tj.lisne plojke (trodijelan list). Vriježa je nadzemni tanki, dugačak izdanak, zeleno crvene boje, valjkastog oblika, dužine do 1,5 m. Prema Galletti i Bringhurstu (1990.) vriježe služe za vegetativno razmnožavanje i razvijaju se iz pupova koji se nalaze u pazuhu novog lišća. Na jednoj matičnoj biljci, u toku vegetacije, može se razviti u prosjeku od 8 do 20 vriježa različite dužine i debljine. Više ih se razvija u uvjetima dugog dana i visokih temperatura (Šoškić 2009.). Cvijet jagode ima obično 5 latica, 10-16 lapova, 20-35 prašnika i 520-580 tučkova koji su pravilno spiralno raspoređeni (Slika 2.3.1.). Sastoji se u idealnim uvjetima od jednog primarnog, dva sekundarna, četiri tercijarna cvijeta i osam kvartarnih cvijetova (Region 2013.). Pelud sazrijeva prije nego što se prašnici otvore, ali se ne uklanja sve dok se cvjetovi otvore (Darrow 1966.; Hancock i sur. 1996.).



Slika 2.3.1. Cvijet jagode

https://mojpogled.com/gozdna-jagoda-drobcena-zdravilka/

Plod jagode, kako navodi Mratinić (2012.) nastao je od većeg broja pojedinačnih jednosjemenih plodova oraščića povezanih ispupčenom i mesnatom cvjetnom ložom. Autor dalje navodi kako plod jagode može biti različitog oblika i krupnoće, što ovisi o sorti i uvjetima uzgoja. Sjeme se razvija iz embrionalne vreće, sastoji se od: klice (embrija), hranjivog tkiva (sekundarnog endosperma) i sjemene lupine (teste). Ima ulogu održavanja vrste (Nikolić i Milivojević 2010.).

2.4. Agroekološki uvjeti za uzgoj jagode

Prema Šoškiću (2009.) razvoj i proizvodnja jagode ne ovise samo o njenim genetskim svojstvima, već i o ekološkim čimbenicima, odnosno klimatskim i zemljišnim uvjetima. Jagoda je vrlo prilagodljiva na različite klimatske uvjete i klimatska područja. Moguće ju je pronaći od suptropske klime do umjereno kontinentalne klime. Iako su jagode tolerantne na kiselost tla, moglo bi biti neophodno primijeniti vapno za podizanje pH tla (Dixon 2019.). Za proizvodnju jagoda moguće je koristiti pH oko 4,6-6,5 (Milošević 1997.), ali za idealan rast potreban je pH oko 6,0-6,5 (Hancock 1999.). Organska gnojiva se globalno koriste za zaštitu tla i povećanje plodnosti. Organske hranjive tvari povećavaju aktivnosti enzima, dostupnih nitrata, ugljika u tlu te ukupni omjer organskog ugljika i metaboličkog kvocijenata koji rezultiraju poboljšanom plodnošću tla (Okwuagwu i sur. 2003.). Jedan od najvažnijih proizvodnih problema u uzgoju jagoda je suša, koja je često povezana s visokim temperaturama (Hancock i sur. 2008.).

Plodovi sazrijevaju 25 – 30 dana nakon oprašivanja na 18 – 25 ºC. Prema Brzici (1991.) za uzgoj jagode najbolji su otvoreni, ravni ili blago nagnuti položaji okrenuti prema jugu, jugoistoku ili jugozapadu. Najpovoljniji nagib terena se kreće od 2 do 5%, ne viši od 8%.

2.5. Sortiment

Do danas je razvijeno više od 10 000 sorata jagode, no samo manji broj ih je od privrednog značaja. Izbor sorte tj. biljnog materijala za uzgoj je najvažniji čimbenik uspješne moderne proizvodnje. Neutralne i stalnorađajuće sorte stvaraju manje vriježa nego sorte kratkog dana. Sorte dugog dana uglavnom se ne uzgajaju intenzivno, malo su zastupljene (Chen 2013.; Hancock 1999.). U svjetskoj proizvodnji dominiraju sorte kratkog dana, neke od značajnijih su: 'Addie', 'Alba', 'Antea', 'Arosa', 'Asia', 'Camarosa', 'Chandler', 'Clery', 'Darselect', 'Earliglow', 'Elsanta', 'Elvira', 'Gorella', 'Honeoye', 'Idea', 'Irma', 'Joly', 'Kent', 'Madeleine', 'Marmolada', 'Maya', 'Miranda', 'Oso Grande', 'Pajaro', 'Polka', 'Queen Elisa', 'Raurica', 'Roxana', 'Senga Sengana', 'Sonata', 'Sweet Charlie', 'Symphony', 'Tethis', 'Toyonoka', 'Tudla', 'Ventana'. Sorte tamnije boje, tvrđeg mesa, kiselijeg okusa, izražene arome su pogodnije za preradu. Sorta 'Senga Sengana' je bila vodeća sorta za tu namjenu u drugoj polovici 20. stoljeća u Europi (Krpina 2004.). Novije sorte su poboljšane kvalitete plodova i bolje adaptabilnosti na uvjete uzgoja (Stewart 2011.).

2.6. Berba, transport i skladištenje

Berba jagoda se obično odvija svaka 2-3 dana, rano ujutro ili kasno navečer, da se izbjegne branje kad su visoke temperature. Najveći udio vremena i troška ljudskog rada u uzgoju jagode otpada na berbu. Prosječno je potrebno oko 15-20 berača za 1 ha površine, 1 berač za 10 sati može ubrati 80-150 kg plodova (Miloš 1997.). Plodovi se mogu brati i mehanizirano, ali samo za prerađivačke svrhe jer se tako oštećuju i smanjuje im se kvaliteta. Za preradu su pogodnije tamnije obojene sorte, tvrđeg mesa, kiselijeg okusa, izražene arome. Plodovi se beru u tehnološkoj zrelosti, s čaškom i peteljkom dužine oko 1 cm. Za smrzavanje

se beru bez čaške i peteljke. Za daljnji transport beru se kada je 2/3 do 3/4 površine obojeno. U istraživanjima je utvrđeno kako se sadržaj nekih mikroelemenata razlikuje ovisno o stupnju zrelosti ploda jagode (Bebek Markovinocić i sur., 2022.). Pakiraju se najčešće u plastične posudice zapremnine 250 ili 500 g, prozirne ili plave boje, s perforiranim dnom. Više posudica-košarica se pakira u veću ambalažu, najčešće kartonsku ili plastičnu ambalažu. Plodovi se brzo kvare, potrebno ih je što prije dopremiti na skladištenje ili preradu, već par sati nakon berbe im se smanjuje tržišna vrijednost, plod jagode je mekan i osjetljiv. Dolazi do bioloških, fizioloških te promjena u teksturi, kemijskom sastavu, senzorskim svojstvima i nutritivnoj vrijednosti. Gubi se voda, plodovi se smežuraju, omekšaju, gube sjaj, smanjuje se sadržaj hranjivih tvari. Jagode su osjetljive na sivu plijesan (uzročnik *Botrytis cinerea*) (Sinha 2006). Dozvoljeni kalo tijekom skladištenja za jagodu iznosi 4,0 (Jašić 2007.). Jagode bi se u roku od 6 sati nakon berbe morale ohladiti na 0 °C. Pri 0 °C jagoda ima visoku toplinu respiracije, 700-960 kcal/t/24 h, a za svakih 10 °C više povećava se 3-4 puta (Katalinić 2006.). Na temperaturi od 0-2 °C i relativnoj vlažnosti zraka od 90-95% plodovi za svježu potrošnju mogu se čuvati do 2 tjedna. Osim temperature i relativne vlažnosti zraka, u kontroliranoj atmosferi mogu se regulirati i ostali parametri kao što su udio CO_2 i O_2 (Sinha 2006.).

2.7. Nutritivna vrijednost i mineralni sastav

Jagode imaju veliku hranjivu vrijednost i snažnu antioksidacijsku aktivnost koja je usko povezana s visokom razinom antocijana, fenolnih spojeva, flavonoida, tokoferola i askorbinske kiseline. Nadalje, visok sadržaj fitokemikalija i visok antioksidacijski kapacitet pokazuju zaštitni učinak protiv kroničnih bolesti, bolesti kardiovaskularnog sustava, ali i antikancerogena svojstva (Meyers i sur. 2003). U usporedbi s drugim jagodastim voćem, jagode sadrže veći postotak vitamina C, fenola i flavonoida (Hakkinen i Torronen 2000.). Jagode su popularne diljem svijeta zbog svog visokog antioksidativnog kapaciteta te bogatstva ploda esencijalnim hranjivim tvarima (Giampieri i sur. 2014., 2015.; Manganaris i sur. 2014.). Adekvatna razina dušika (N), fosfora (P) i kalija (K) neophodna je za pravilan rast i razvoj (Ruef i Richey 1925.;Boyce i Matlock 1966.; John i sur. 1975.).

Uzevši u obzir nutritivni i kemijski sastav jagode (Tablica 2.6.1.), jagoda predstavlja nutritivno dobar izbor hrane. Prehrambena vlakna imaju zaštitnu ulogu kod razvoja bolesti probavnog trakta, te također pozitivno utječu na kronične bolesti kao što su bolesti krvožilnog sustava. Dobar su izvor vitamina C i folata, ali i tiamina, riboflavina, niacina, vitamina B6, vitamina K, A i E (Giampieri i sur. 2014.). Najvažniji antocijanidini su pelargonidin, odgovoran za narančasto-crvenu boju jagode, i cijanidin kao najrašireniji antocijanidin u plodovima voća i povrću. Antocijani su kvantitativno najzastupljeniji oblik polifenola u jagodama, a najvažniji predstavnik je u vodi topljiv pelargonidin-3-glukozid (Proteggente i sur. 2002.). Kako se koncentracija antocijana povećava tijekom procesa zrenja, ona direktno utječe na intenzitet obojenja svježih jagoda. Najzastupljeniji flavonoidi, uz antocijane, su kamferol, kvarcetin, katehin i leukocijanidini. Kao predstavnici fenolnih kiselina izdvajaju se p-kumarinska, p-hidroksibenzojeva i galna kiselina (Amakura i sur. 2000.).

Tablica 2.6.1. Kemijski sastav plodova jagode izražen na 100 g svježeg ploda

Sastojak	Prosječna količina	Mjerna jedinica
Energija	35	J
Voda	91,1	g
Proteini (ukupno)	0,6	g
Masti (ukupno)	0,2	g
Ugljikohidrati (ukupno)	7,6	g
Dijetalna vlakna	1,8	g
Pepeo	0,4	g
Vitamin C	56,0	mg
Tiamin	0,1	mg
Riboflavin	0,1	mg
Niacin	0,39	mg
Folati	8,0	µg
Kalij (K)	89,0	g
Fosfor (P)	20,0	g
Kalcij (Ca)	12,0	g

Izvor: USDA National Nutrient Database (2021.)

2.7.1. Dušik (N)

Prema Trejo-Téllez i Gómez-Merino (2014.) dušik (N) je najvažniji mineral za rast biljaka, izdanaka i formiranje plodnih pupova. U ishrani, jagoda usvaja dušik u obliku nitratnih i amonijevih iona koji stimuliraju rast vegetativnih organa jagode (Nikolić i Milivojević 2015.). Pretjerana gnojidba dušikom može uzrokovati pojačan vegetativan rast što pak povećava osjetljivost na bolesti ploda jagode. Tijekom razdoblja brzog rasta, listovi s nedostatkom dušika ostaju maleni, a boja ploda može se promijeniti u svijetlozelenu ili žutu boju. Kod starijih listova lisna peteljka pocrveni i lisne plohe postaju sjajno crvene. Veličina ploda je smanjena, a čaška oko ploda postaje crvenkasta. Prihrana dušikom utječe na čvrstoću ploda, kvalitetu i rok trajanja jagode. Dušik također može utjecati na otpornost jagode na bolesti.

2.7.2. Fosfor (P)

Fosfor (P) je jedan od 17 esencijalnih hranjivih tvari biljke te je uključen u nekoliko vitalnih biljnih funkcija, uključujući prijenos energije, fotosinteza, transformacija šećera i škroba, kretanje hranjivih tvari unutar biljke i dio je genetskog materijala svih stanica (DNA i RNA) (Trejo-Téllez i Gómez-Merino 2014.). Fosfor može biti ograničavajući u proizvodnji jagoda. Održavanje pH vrijednosti blizu 6,5 će pomoći u održavanju optimalnog unosa fosfora. Kod jagoda s nedostatkom fosfora u plodu, mali, žućkastozeleni listovi postati će jednolični žuti listovi. Nadalje, s godinama stariji listovi postaju crvenkasti. Smanjenje veličine ploda također se opaža kako nedostatak fosfora postaje sve veći. Primjena fosfora se također preporuča za rast krupnijih i jako slatkih plodova koji se dugotrajno čuvaju. Eksperimentalni

podaci pokazuju da P ima bolji učinak na parametre kvalitete ploda i na aktiviranje obrambenih mehanizama više nego na prirod i produktivnost (Odongo i sur. 2011.). Znanstvene literature o utjecaj fosfora na kvalitetu ploda jagode nema mnogo. Ahmad i sur. (2017.) su ispitivali utjecaj različitih količina fosfora na rast, urod i kvalitetu ploda jagode te su plodovi iz nasada sa najnižim količinama fosfora imali najveće koncentracije topljive suhe tvari i ukupnih kiselina, a najniže koncentracije spomenutih parametara su pronađene u plodovima iz kontrolne grupe (Ahmad i sur. 2017.).

2.7.3. Kalij (K)

Kalij (K) igra važnu ulogu u razvoju plodova, jer potiče produljenje stanica, sudjeluje u upravljanju vode ploda i u sintezi ugljikohidrata. Kada su plodovi jagode dobro opskrbljeni kalijem, mogu sintetizirati više šećera, te tako plodovi postanu sve slađi. Lester i sur. (2010.) utvrdili su da se među mnogim biljnim mineralnim hranjivim tvarima kalij ističe kao kation koji ima najjači utjecaj na svojstva kvalitete koja određuju tržišnu vrijednost plodova, preferenciju potrošača i koncentraciju kritično važnih ljudskih zdravih povezanih fitonutrijenata. Kalij također ima važnu ulogu u otpornosti biljaka na stres.

2.7.4. Kalcij (Ca)

Kalcij (Ca) povećava jačinu i debljinu stanične stijenke, te je stoga ključna hranjiva tvar za čvrstoću ploda (Trejo-Téllez i Gómez-Merino 2014.). Također se pokazalo da kalcij pokreće povezane signalne putove za rast, razvoj i odgovore na abiotičke i biotičke stresove uključujući patogene napade. Kalcij poboljšava učinkovitost upotrebe dušika (N). Simptomi nedostatka kalcija u tlu na kojima rastu plodovi jagode su naboranost listova, vrhovi listova ne uspijevaju potpuno se širiti i postaju crne boje („Tip burn“), cvjetne stabljike i listovi postaju pjegavi te često izlučuju sirup i kolabiraju (Slika 2.7.4.1.).



Slika 2.7.4.1. Simptomi nedostatka kalcija – „Tip burn“

Izvor: https://www.yara.co.uk/crop-nutrition/strawberries/how-to-influence-strawberry-health/

2.7.5. Magnezij (Mg)

Ioni magnezija (Mg) nalaze se u središtu molekule klorofila. Kao što je klorofil ključna komponenta u reakciji fotosinteze, koja proizvodi energiju za rast, Mg ioni su stoga bitni za biljnu biologiju. Magnezij također igra značajnu ulogu u transportu fosfora u biljci; pomaže u metabolizmu fosfata, disanju biljaka, sintezi proteina i aktivaciji nekoliko enzimskih sustava (Trejo-Téllez i Gómez-Merino 2014.). Iako ima ključnu ulogu hranjive tvari kao elementa, provedeno je samo nekoliko studija o urodu i berbi jagode. Nedostatak magnezija karakterizira rubno žutilo listova, smeđilo i ožegotine starijih listova; međužilna područja postaju klorotična, zatim nekrotična dok mladi listovi se ne mijenjaju. Kod plodova može izazvati svjetliju crvenu boju te sklonost albinizmu. Nedostatak magnezija u biljkama jagoda koje se uzgajaju na tlu prilično je čest, ali može biti lako saniran. Najčešći izvor magnezija je dolomit.

2.7.6. Željezo (Fe)

Kao mikrohranivo, željezo (Fe) je potreban biljkama u malim količinama, iako je dio mnogih važnih spojeva te uključen u mnoge fiziološke procese u biljkama (Trejo-Téllez i Gómez-Merino 2014.). Željezo je četvrti najzastupljeniji element Zemljine kore te tlo obično sadrži 1–5 % ukupnog željeza te također treće najograničavajuće hranivo za rast i metabolizam biljaka, prvenstveno zbog slabe topljivosti oksidiranog oblika željeza u aerobnim uvjetima (Zuo i Zhang 2011.; Samaranayake i sur. 2012.).Većina željeza u tlu se može naći u silikatnim mineralima ili željeznim oksidima ili hidroksidima, oblicima koji nisu lako dostupni za potrebe biljaka (Schulte 2004.). Povoljno okruženje korijena i dostupnost esencijalnih hraniva su potrebni za optimalnu proizvodnju jagoda. pH tla je ključan čimbenik u održavanju povoljnog okruženja korijena te ne utječe samo na rast korijena, već i na dostupnost mnogih hraniva (Strawberry fertility and nutrient management 2011.). U ionskom obliku nalazi se kao Fe^{3+}, osim u vrlo kiseloj sredini gdje prevladava Fe^{2+}. Porast kiselosti uz prisutnost fosfora dovodi do nastanka vrlo teško pristupačnih fosfata željeza, dok se željezo u lužnatoj sredini nalazi u obliku teško topljivih oksida (Vukadinović i Vukadinović 2011.). Kloroza uzrokovana nedostatkom željeza uglavnom se opaža kod mladih listova te može doći do izbjeljivanja i smeđila. Nedostatak željeza može biti povezano i s raznim drugim čimbenicima koja mogu utjecati na dostupnost željeza, a to uključuje razine karbonata u tlu, salinitet, vlažnost tla, nisku temperaturu te koncentracija drugih elemenata (fosfor, kalcij). U procesu usvajanja Fe iz tla često se javlja kompeticija s ostalim kationima, kao što su Mn^{2+}, Cu^{2+}, Ca^{2+}, Mg^{2+}, Zn^{2+} i K^{+} (Fernandez i Ebert 2005.; Lingle i sur. 1963.), kod viših pH vrijednosti smetaju Ca^{2+} i fosfati, dok ishrana s $N\text{-}NO_3$ smanjuje, a s $N\text{-}NH_4$ povećava usvajanje željeza (Vukadinović i Vukadinović 2011.). Teški metali, kao što su bakar i cink čine izražene probleme jer se vrlo lako izmjenjuju s ionom Fe u organski Fe-kompleksima (Mengel i Kirkby 1987.) Folijarno prskanje željezom 1000 mg L^{-1} koncentracijom preporučuje se za povećanje priroda jagoda (Kazemi 2014.).

2.7.7. Cink (Zn)

Cink (Zn) je biljno mikrohranivo uključen u mnoge fiziološke funkcije. Njegova neadekvatna opskrba će smanjiti urod (Trejo-Téllez i Gómez-Merino 2014.). Cink igra vrlo važnu ulogu u metabolizmu biljke utječući na aktivnosti hidrogenaze i karboanhidraze, stabilizaciju ribosomskih frakcija i sinteze citokroma. Cink je također ključan u iskorištavanju ugljikohidrata, metabolizmu fosfora (P) i sintezi RNA (Yadav i sur. 2015.). Nedostatak cinka je najrašireniji problem nedostatka mikrohraniva u biljnim kulturama. Žutilo i zelene žile također su česte kod plodova jagoda s nedostatkom cinka. Primjena cinka prije cvatnje preporučeno je za povećanje kvalitete ploda i priroda jagode.

2.7.8. Mangan (Mn)

Mangan (Mn) je esencijalni mikroelement za mnoge funkcije biljaka. Sudjeluje u asimilaciji ugljičnog dioksida u fotosintezi. Pomaže u sintezi klorofila te u asimilaciji nitrata. Mangan aktivira enzime za stvaranje masti i upravlja hranjivim tvarima u jagodi koje potiču stvaranje riboflavina, askorbinske kiseline i karotena, kao i u transportu elektrona tijekom fotosinteze (Trejo-Téllez i Gómez-Merino 2014.). Njegov nedostatak može uzrokovati žutilo mladih listova tijekom razvoja. Plodovi s manjkom mangana također budu manjih veličina.

2.7.9. Bakar (Cu)

U usporedbi s drugim mikrohranivima, bakar (Cu) je od manje važnosti za jagode. Ima ulogu u fiksaciji N, preuzimanju Ca i važan je sastojak kloroplasta. Simptomi nedostatka bakra obilježeni su jednoličnom svijetlozelenom bojom mladih, nezrelih listova; zeleni rub postaje bljeđi. Na plodovima jagode nema uočljivih specifičnih simptoma nedostatka bakra (Trejo-Téllez i Gómez-Merino 2014.).

3. Materijali i metode

3.1. Opis istraživanja

Istraživanje je provedeno na plodovima jagode (*Fragaria* x *ananassa Duch*) sorte 'Joly' u negrijanom, proizvodnom plasteniku tvrtke „Jagodar-HB d.o.o.“ površine 6000 m^2 smještenom u Petrovini Turopoljskoj (45 68 66.00 s.g.š. i 16 01 81.07 i.g.d.).

Dana 26.ožujka 2021. prijepodne obavljeno je tretiranje biljaka tretmana B i tretmana C na početku cvatnje, a prijepodne 12. travnja 2021. u punoj cvatnji samo tretman C i to s Fe - Fe-EDDHA 6% (Poly-Feed™) u količini 10 ml/biljci. Sastav otopine je helatno željezo Fe-EDDHA 6% u kojoj je istoga bilo 1 g/L. U jednoj repeticiji bilo je 50 biljaka. Između svakog tretmana bila je izolacija, a u izolaciji je bilo 10 biljaka. Vreće su bile dvoredne (u trokut) punjene kokosovim vlaknima proizvođača GC GreenWorld. Gustoća sadnje bila je 10 biljaka/m^2. Korištena su bila tri različita tretmana s tri repeticije kod sorte 'Joly', a to su bila 'tretman A' – kontrola (bez tretmana), ' tretman B' - 10 ml otopine po biljci (dana 26. ožujka 2021.), i 'tretman C' - 50 ml otopine po biljci (dana 26.ožujka 2021. i 12.travnja 2021.). Plodovi su ubrani u optimalnom roku berbe dana 17. svibnja 2021. godine i istog dana plodovi su analizirani u laboratoriju Zavoda za voćarstvo, a dio je zamrznuti (na -20 °C) na Zavodu za kemiju prije analiza.

3.2. Sorta 'Joly'

Sorta 'Joly' korištena u ovom istraživanju vrlo je produktivna sorta. 'Joly' je talijanska sorta nastala križanjem veoma poznate sorte 'Clery' i francuske sorte 'Darselect' (Nikolić i Milivojević, 2015). Pripada srednje ranim sortama te sadrži krupne i ujednačene plodove, kupastog oblika i ima jaku stabljiku (Slika 3.2.1.). Meso je izvrsno, čvrsto, ujednačene jarko crvene boje, vrlo slatko okus i miris te izvrsna organoleptička svojstva. Sadrži čvrste plodove koji su otporni na opterećenje. Berba je se odvija lako i brzo. Dugotrajna i stalno rodna sorta s vrlo mnogo plodnosti. Sorta 'Joly' podnosi vrlo niske temperature, cvate srednje rano. Cvjetovi su veliki, na jakim peteljkama. Oprašivanje je brzo i jednostavno. Bujnost grma je izražena te autori Nikolić i Milivojević (2015.) napominju važnost uravnotežene ishrane u uzgoju ove sorte.



Slika 3.2.1. Plodovi sorte 'Joly'

Izvor: https://www.strawberries.eu.com/nl/varieties/15-Joly

3.3.Analiza fizikalno-kemijskih svojstava

Na Zavodu za voćarstvo Sveučilišta u Zagrebu Agronomskog fakulteta istoga dana kada su plodovi ubrani se za svaku repeticiju i tretman odabralo po 10 plodova. Istraživani su bili sljedeći parametri: masa, tvrdoća, udio topljive suhe tvari, pH i ukupne kiseline. Najprije su određivane vrijednosti mase ploda na digitalnoj labaratorijskoj vagi s dvije decimale Enlarge Adventurer® Precision (OHAUS corporation, USA) koja je izražena u gramima (g).

Tvrdoća ploda utvrđena je digitalnim stolnim penetrometrom (PCE-PT200, PCE Instruments, Southampton, UK) sa skalom izraženom u kg/cm^2 (Slika 3.3.1.). Za uređaj je pričvršćen klip promjera 6 mm ispod kojeg je stalak na koji se postavlja plod. Nakon što penetrometar probije plod do granice označene na nastavku, na ekranu se ispisuje vrijednost tvrdoće ploda u kg/cm^2. Mjerenje je odrađeno dva puta i to s dvije suprotne strane na plodu.



Slika 3.3.1. Stolni penetrometar

Nakon spomenutih mjerenja, iscijeđen je sok iz ploda jagode i profiltriran filter papirom kako bi se mogle odrediti topljiva suha tvar i količina ukupnih kiselina. Udio topljive suhe tvari utvrđen je digitalnim refraktometrom (ATAGO PAL-1, Japan), vrijednosti su izražene u stupnjevima Brixa (°Brix), a bazira se po principu indeksa loma svjetlosti. Nakon kalibracije refraktometra destiliranom vodom, na prizmu refraktometra se kapne nekoliko kapi profiltriranog soka. Vrijednost na ekranu uređaja je izražena u stupnjevima Brixa (^{o}Brix) te jedan stupanj Brixa odgovara jednom gramu saharoze u 100 grama otopine. Topljivu suhu tvar (TST) čine šećeri i nešećerne komponente poput fenolnih spojeva, aminokiselina, pektina i dr., dok ukupne kiseline predstavljaju prirodne organske kiseline koje se javljaju u esterskom obliku ili slobodne (Skendrović Babojelić i Fruk 2016). pH soka utvrđen je digitalnim pH metrom (Testo 205 USA).

Količina ukupnih kiselina (UK) u % određivana je potenciometrijskom titracijom. Odpipetirano je 5 mL profiltriranog bistrog soka i dodan je indikator bromtimol-plavo. U titraciji je korištena 0,1 M otopina natrijeve lužine (NaOH) digitalnom kontinuiranom biretom te se titracija prekidala pri sivkastom obojenju otopine (Boeco DCB 5000, Njemačka). Utrošak NaOH (mL) se unosi u formulu:

$$\% \text{ ukupnih kiselina} = \frac{A \; x \; F \; x \; 10}{D}$$

gdje je :

A - utrošak lužine

F - faktor za preračunavanje kiselina (ovisi o voćnoj vrsti) i

D - količina uzorka u titriranoj tekućini (mL)

Ukupan sadržaj kiselina izražava se kao sadržaj limunske kiseline i prema njoj se uzima faktor za izračunavanje (Lacey i sur. 2009.). Limunska kiselina (F = 0,064) je korištena kao faktor za izračunavanje ukupnih kiselina budući da je limunska kiselina dominantna kiselina u plodu jagode. Omjer topljive suhe tvari i ukupnih kiselina u soku ploda jagode se računa tako da se vrijednost topljive suhe tvari podijeli s vrijednošću ukupnih kiselina. Vrijednost omjera može pokazivati na okus i slatkoću ploda.

3.4.Analiza mineralnog sastava ploda

Nakon što su plodovi dopremljeni u analitički labaratorij Zavoda za ishranu bilja, plodovi su postavljeni u bijele porculanske zdjelice koje su prvo zasebno izvagane te nakon toga pojedinačno izvagane s dodijeljenim uzorcima prije sušenja (Slika 3.4.1.), a svaka je zdjelica imala svoj dodijeljeni analitički broj.



Slika 3.4.1. Mjerenje mase plodova u porculanskoj zdjelici

Plodovi su izrezani na manje komade kako bi se dobio homogeni uzorak. Suha tvar (% ST) određena je sušenjem na 105°C do konstantne težine u sušioniku (Inkolab, ST 360N) (Slika 3.4.2.). Nakon sušenja plodovi su ponovno izvagani u porculanskim zdjelicama (Slika 3.4.3.). Osušeni uzorci su mljeveni u mlinu (Tefal GT1108) (Slika 3.4.4.) te odvajani kistom u male papirnate paketiće (Slika 3.4.5.).



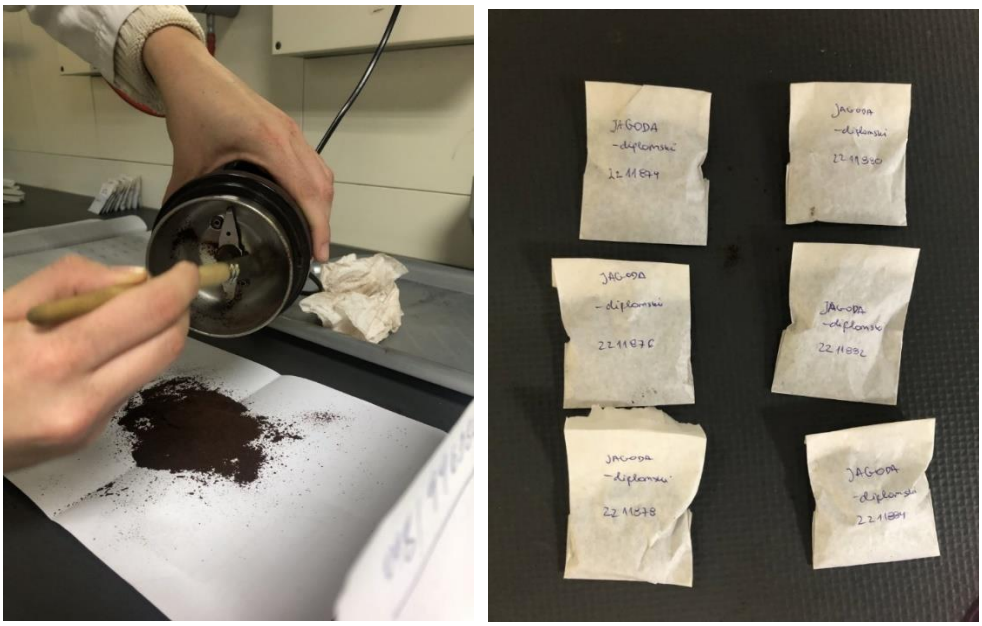
Slika 3.4.2. Sušenje plodova jagode u sušioniku



Slika 3.4.3. Osušeni uzorci plodova jagode nakon sušenja



Slika 3.4.4. a) Blender mlin za mljevenje osušenih uzoraka plodova jagode b) detalj s uzorkom



Slika 3.4.5. a) Odvajanje kistom osušenog uzorka ; b) Pakiranje osušenog uzorka u male papirnate paketiće za daljnju analizu

Osušeni uzorci su digestirani u mikrovalnoj pećnici (Milestone, Ethos One) s dušičnom kiselinom (HNO3) i perklornom kiselinom (HCLO4). Nakon digestije, fosfor (P) je određen spektrofotometrom (Thermo Fisher Scientific, Evolution 60 S), kalij (K) plamenim fotometrom (Jenway, PFP-7), dok je kalcij (Ca), magnezij (Mg), željezo (Fe), cink (Zn), mangan (Mn) i bakar (Cu) određivani su pomoću atomskog apsorpcijskog spektrometra (AAS Solar, Thermo Scientific). Sadržaj ukupnog dušika (N) određen je modificiranom Kjeldahlovom metodom (HRN ISO 11261:2004).

3.5. Statistička analiza

Za rezultate istraživanja korištena je deskriptivna statistika. Nezavisna varijabla bila je folijarna prihrana Fe-EDDHA (jednostruka ili dvostruka izloženost), a zavisne varijable bile su: T– tvrdoća (kg/cm^2); M - masa (g); TSS – topljiva suha tvar (º Brix); UK – ukupne kiseline (%); N – dušik (% na bazi suhe tvari); P_2O_5 - Fosforov pentoksid (% na bazi suhe tvari); P - Fosfor (% na bazi suhe tvari); K_2O - Kalijev oksid (% na bazi suhe tvari); K – Kalij (% na bazi suhe tvari); Ca - Kalcij (% na bazi suhe tvari); Mg - magnezij (% na bazi suhe tvari); Fe – željezo (% na bazi suhe tvari); Zn - Cink (% na bazi suhe tvari); Mn – Mangan (% na bazi suhe tvari); Cu - Bakar (% na bazi suhe tvari). Obje varijable testirane su analizom varijance (ANOVA). Prag prihvatljivosti rizika za sve tretmane bio je $\alpha \leq 0,05$, a rezultati su statistički obrađeni pomoću SPSS softvera (v.22).

4. Rezultati i rasprava

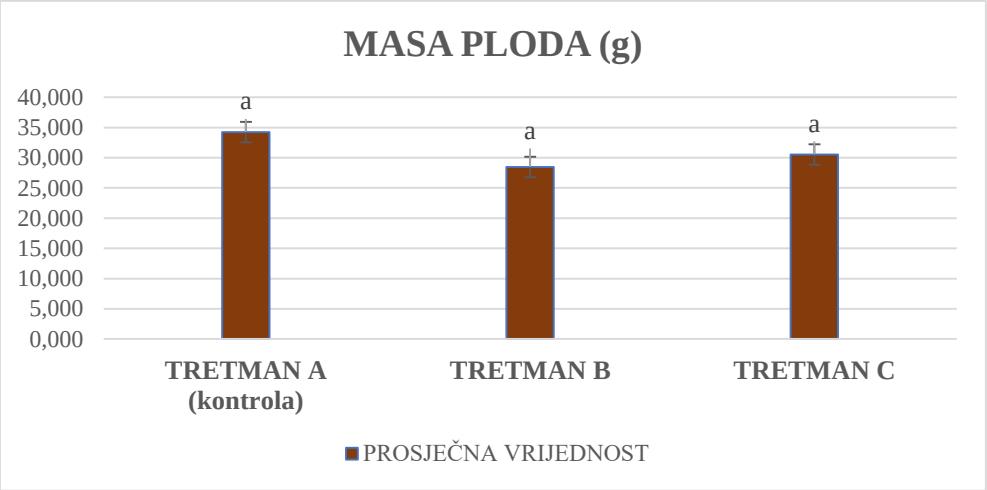
4.1.Pomološka svojstva sorte 'Joly'

Tablica 4.1.1. Masa ploda jagoda sorte 'Joly' u različitim folijarnim tretmanima s Fe

TRETMAN	MASA (g)
	p=0,44†
A I	33,839±7,880
A II	41,719±17,060
A III	27,146±8,150
A	34,235[a]±7,290
B I	30,926±9,850
B II	27,821±4,210
B III	26,600±4,230
B	28,250[a]±1,910
C I	35,492±7,390
C II	32,021±15,880
C III	24,014±5,960
C	30,510[a]±5,890

Napomena: Prikazane su prosječne vrijednosti mase ploda ± SD (standardna devijacija). Različita slova pridodana prosječnim vrijednostima označavaju da se masa različitih tretmana statistički značajno razlikuje pri p ≤0.05

Rezultati mase ploda iskazani su kao prosječne vrijednosti u različitim folijarnim tretmanima s Fe s tri repeticije (A - kontrola bez tretmana) ± standardna devijacija te su izraženi u gramima (g). Prema dobivenim rezultatima, kod tretmana A u II repeticiji utvrđena je najveća masa ploda (41,719 g) dok najmanju vrijednost (24,014 g) utvrđuje tretman C u III repeticiji gdje se također može uočiti izrazito velika krupnoća plodova kod svih repeticija. Nikolić i Milivojević (2015) po krupnoći dijele plodove na : sitne (<10 g), srednje krupne (10,1 do 15 g), krupne (15,1 do 20 g) i vrlo krupne (mase veće od 20 g). Općenito prosječna masa ploda sorte 'Joly' iznosi 22 do 34 g (Leis i sur. 2012.) što spadaju u vrlo krupne plodove. Masa ploda jagode je sortno obilježje koje varira uslijed razlike u broju stanica koje grade receptakulum te volumenu stanica i međustaničnog prostora (Cheng i Breen 1992.). Svojstvo je koje se prenosi kvantitativno te pokazuje veći stupanj nasljednosti od broja plodova po biljci ili uroda (Hortynski i sur. 1991.). Hortynski i sur. (1991) naglašavaju dva najvažnija faktora odgovorna za veličinu odnosno masu ploda a to su: pozicija na kojoj se plod nalazi u cvatu i broj ahena (oraščića). Vanjski faktori koji su od velikog značaja u razvoju ploda su količina oborina, vlažnost zraka, zasićenost tla vodom i temperatura zraka (Hortynski i sur. 1991.). Na grafu 4.1.1. kao usporedba prosječne vrijednosti kontrole (tretman A) i tretmana B i C može se uočiti da dodatna primjena željeza nije utjecala na povećanje vrijednosti mase ploda (g) u odnosu na kontrolu (A tretman).



Graf 4.1.1. Prosječna vrijednost mase ploda u različitim folijarnim tretmanima s Fe. Prikazane su prosječne vrijednosti ± SD (standardna devijacija). Različita slova označavaju signifikantne razlike pri $p \leq 0.05$

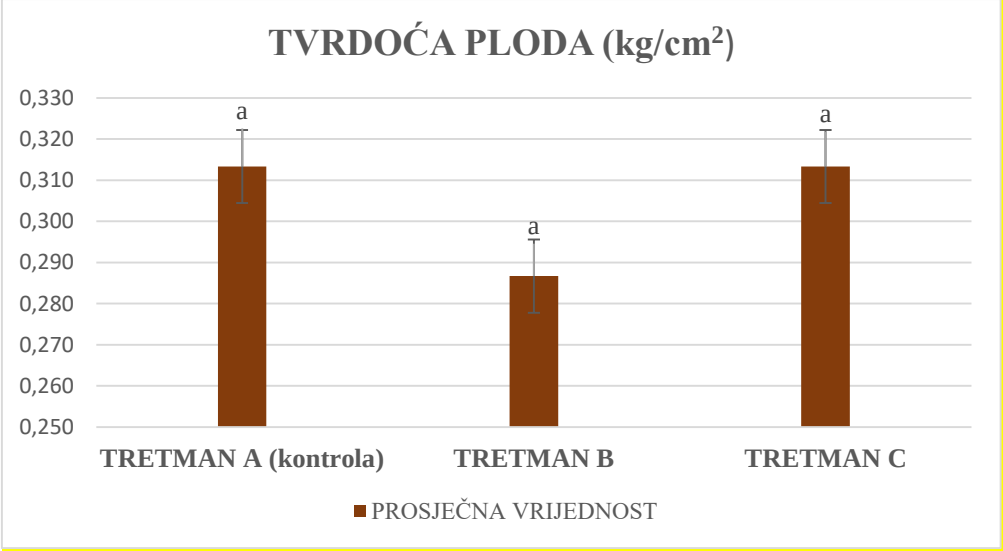
4.2. Fizikalno-kemijska svojstva sorte 'Joly'

Tablica 4.2.1. Fizikalno-kemijska svojstva ploda jagoda sorte 'Joly' u različitim folijarnim tretmanima s Fe

TRETMAN	TVRDOĆA PLODA (kg/cm^2)	TOPLJIVA SUHA TVAR (°Brix)	UKUPNE KISELINE (% kao limunska)	TOPLJIVA SUHA TVAR : UKUPNE KISELINE	pH
	$p=0,42^{\dagger}$	$p=0,44^{\dagger}$	$p\leq0,01^{\dagger}$	$p\leq0,01^{\dagger}$	$p\leq0,01^{\dagger}$
A I	0,290±0,040	7,740±0,640	0,802±0,096	9,613±1,745	3,290
A II	0,300±0,051	8,040±0,460	0,858±0,022	9,170±0,109	3,270
A III	0,350±0,045	6,990±0,652	0,834±0,089	8,756±1,782	3,210
A	$0,313^{a}$±0,005	$7,590^{a}$±0,108	$0,831^{a}$±0,041	$9,180^{b}$±0,956	$3,260^{b}$±0,040
B I	0,290±0,025	7,820±0,625	0,678±0,006	11,357±1,191	3,340
B II	0,290±0,032	7,800±0,682	0,703±0,008	10,104±0,388	3,340
B III	0,280±0,037	8,180±0,700	0,707±0,021	11,971±1,072	3,600
B	$0,287^{a}$±0,006	$7,930^{a}$±0,039	$0,696^{b}$±0,008	$11,144^{a}$±0,433	$3,430^{ab}$±0,150
C I	0,320±0,035	7,720±0,625	0,700±0,010	10,913±0,644	3,550
C II	0,340±0,074	7,250±0,828	0,692±0,016	9,202±0,327	3,560
C III	0,280±0,047	8,040±0,502	0,683±0,017	11,516±0,053	3,480
C	$0,313^{a}$±0,020	$7,640^{a}$±0,165	$0,691^{b}$±0,004	$10,544^{a}$±0,296	$3,530^{a}$±0,040

Napomena: Prikazane su prosječne vrijednosti ± SD (standardna devijacija). Različita slova pridodana prosječnim vrijednostima označavaju da se fizikalno-kemijska svojstva različitih tretmana statistički značajno razlikuju pri $p \leq 0.05$

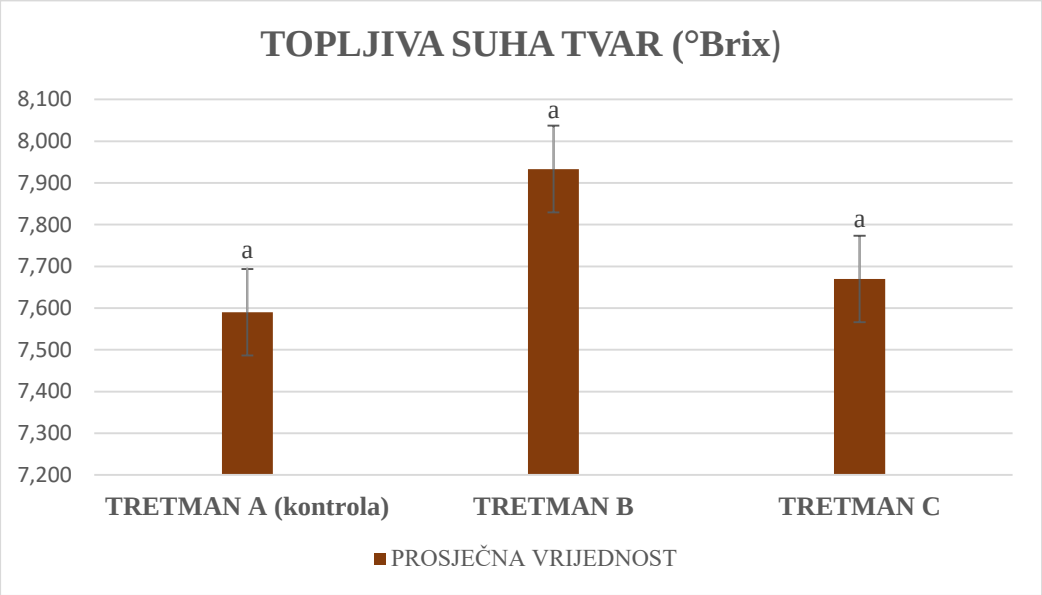
Rezultati tvrdoće ploda iskazani su kao prosječne vrijednosti u različitim folijarnim tretmanima s Fe tri repeticije ± standardna devijacija te su izraženi u kg/cm^2. Najveća vrijednost (0,350 kg/cm^2) tvrdoće ploda dobivena je kod tretmana A u III repeticiji, a tretman B u III repeticiji i tretman C u III repeticiji očituju podjednaku najmanju vrijednost (0,280 kg/cm^2) (Tablica 4.2.1.). Tretman A u I repeticiji te tretamani B u I i II repeticiji prikazuju iste vrijednosti (0,29 kg/cm^2). Radunić i sur. (2014.) dobivaju tvrdoću ploda sorte 'Joly' u vrijednosti od 0,74 kg/cm^2. Vrijednosti dobivene u ovom istraživanju su dosta manje od navedenog istraživanja. Na grafu 4.2.1. kao usporedba prosječne vrijednosti kontrole (tretman A) i tretmana B i C može se utvrditi da dodatna primjena željeza nije utjecala na povećanje vrijednosti tvrdoće ploda (kg/cm^2) već je bila nešto manja kod tretmana B u odnosu na kontrolu (A tretman). Tvrdoća ploda je genetski nasljedno svojstvo s visokom aditivnom genetskom varijancom i stupnjem nasljednosti (Barritt 1979.). Upravo uslijed pojedinih genetski određenih biokemijskih procesa dolazi do zriobe ploda uz koju dolaze promjene u tvrdoći, kao i teksturi tkiva (Brummell 2006.). Tvrdoća se smanjuje sazrijevanjem ploda zbog djelovanja enzima poligalaktouronaze i pektat liaze gdje se netopljivi propektin razgrađuje u topljivi pektin (Skendrović Babojelić i Fruk 2016.; Paniagua i sur. 2017.). Prema tome na tvrdoću ploda utječu stadij zrelosti ploda i rok berbe.



Graf 4.2.1. Prosječna vrijednost tvrdoće ploda u različitim folijarnim tretmanima s Fe. Prikazane su prosječne vrijednosti ± SD (standardna devijacija). Različita slova označavaju signifikantne razlike pri $p \leq 0.05$

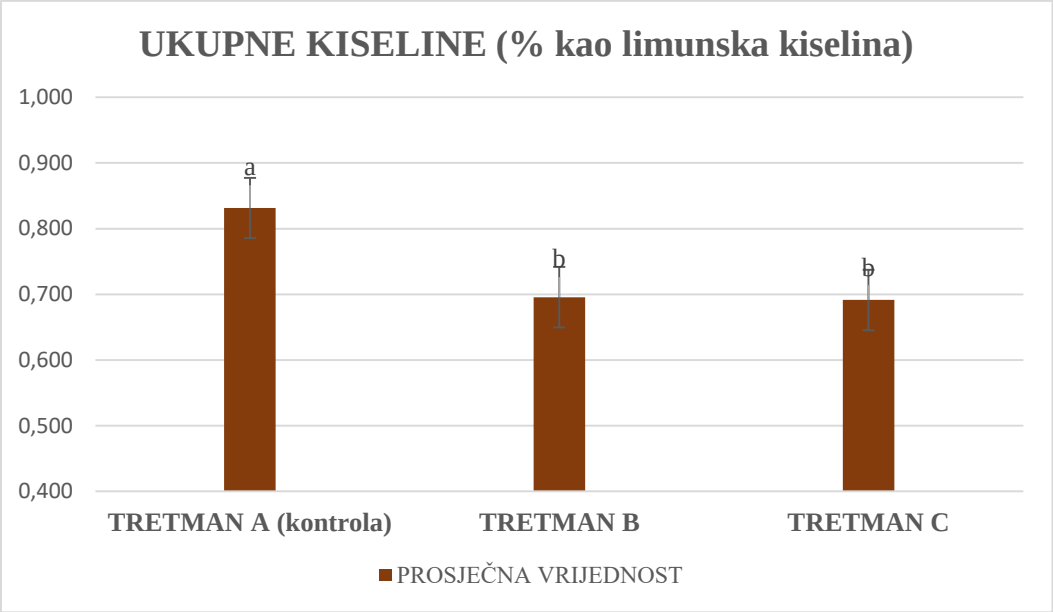
Rezultati topljive suhe tvari iskazani su kao prosječne vrijednosti u različitim folijarnim tretmanima s Fe s tri repeticije ± standardna devijacija te su izraženi u °Brix. Prema dobivenim rezultatima, najveća vrijednost topljive suhe tvari utvrđena je kod tretmana B u III repeticiji (8,180 °Brix) dok je najmanja vrijednost utvrđena kod tretmana A u III repeticiji (6,990 °Brix). Leis i sur. (2012) kao prosječnu vrijednost topljive suhe tvari plodova sorte 'Joly' navode 8,5 °Brix te su plodovi uzoraka spomenute sorte unutar ovog istraživanja pokazali manje vrijednosti. Također prema USDA (2021.), prosječni sadržaj suhe tvari u svježim jagodama iznosi 8,9 %. Udio suhe tvari određene USDA veći je vrijednostima od dobivenog u ovome radu. Razlog tomu može biti različiti stupanj zrelosti, uvjeti rasta, te samo područje uzgoja. Povećanje topljive suhe tvari vidljivo kod sorte 'Joly' poklapa se s istraživanjem Houimli i sur.

(2016.) gdje je također u tretmanima sa željezom zabilježen porast topljive suhe tvari kod rajčice u odnosu na kontrolu. Na grafu 4.2.2. kao usporedba prosječne vrijednosti kontrole (tretman A) i tretmana B i C može se utvrditi da je dodatna primjena željeza znatno utjecala na povećanje vrijednosti topljive suhe tvari (°Brix) kod oba tretmana, a najviše je utvrđena u tretmanu B u odnosu na kontrolu (A tretman). Tri osnovne komponente koje određuju organoleptičku kvalitetu ploda su aroma, slatkoća i kiselost (Kafkas i sur. 2007.). Upravo topljiva suha tvar kao najvažniji parametar kakvoće hortikulturnih sirovina prikazuje slatkoću plodova (Opara i Magwazaa 2015.) i u odgovarajućem omjeru s organskim kiselinama utječe na kakvoću odnosno okus ploda (Sweeney i sur. 1970; Shaw 1990; Skendrović Babojelić i Fruk 2016.).



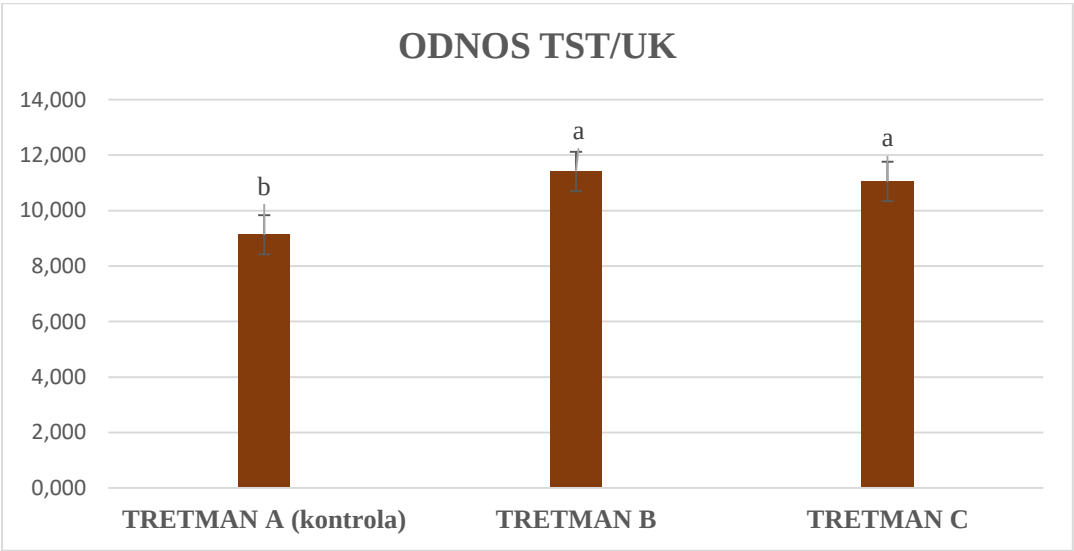
4.2.2. Prosječna vrijednost topljive suhe tvari u različitim folijarnim tretmanima s Fe. Prikazane su prosječne vrijednosti ± SD (standardna devijacija). Različita slova označavaju signifikantne razlike pri $p \leq 0.05$

Kod ukupnih kiselina u plodu, najveću vrijednost (0,858 %) je pokazao tretman A u II repeticiji, a najmanja vrijednost (0,683 %) je bila jednaka kod tretmana B u I repeticiji te tretmana C u III repeticiji. Radunić i sur. (2014.) na sorti 'Joly' utvrđuju ukupnu kiselost 0,55 %. Dobričević i sur. (2014.) na sorti 'Joly' utvrđuju ukupnu kiselost od 0,76 %. U ovom istraživanju dobivena ukupna kiselost nalazi se približno u sredini ovo dva istraživanja osim kod kontrole (tretmana A) gdje je vrijednost ukupnih kiselina veća od navedenih istraživanja. Na grafu 4.2.3. kao usporedba prosječne vrijednosti kontrole (tretman A) i tretmana B i C može se utvrditi da dodatno tretiranje željezom je utjecalo na smanjenje ukupnih kiselina (% kao limunska kiselina) u plodu u odnosu na kontrolu (A tretman).



4.2.3. Prosječna vrijednost ukupnih kiselina u različitim folijarnim tretmanima s Fe. Prikazane su prosječne vrijednosti ± SD (standardna devijacija). Različita slova označavaju signifikantne razlike pri $p \leq 0.05$

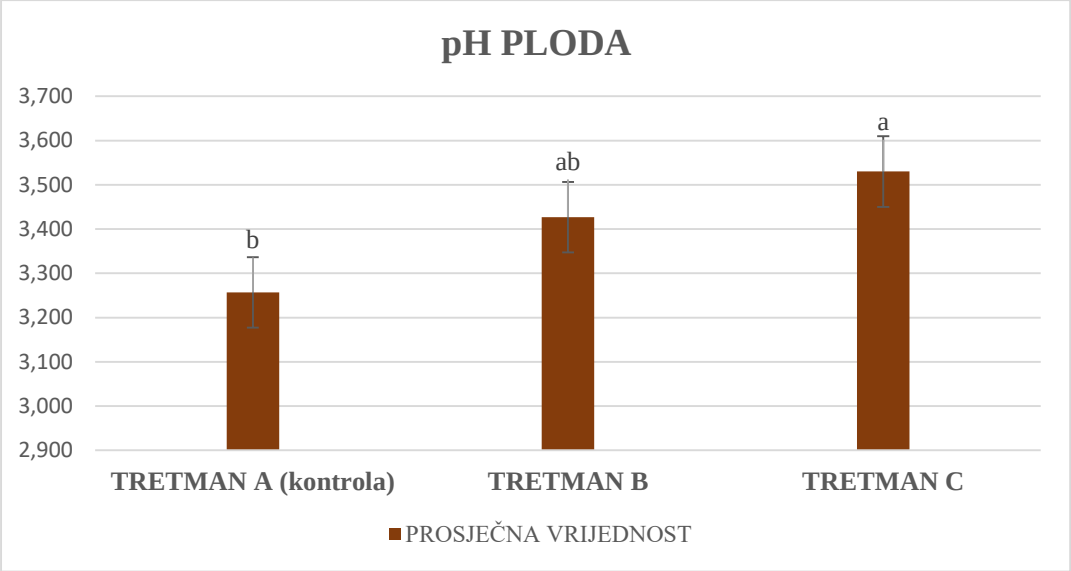
Stavljanjem u odnos topljive suhe tvari i ukupne kiselosti dobivene su značajno veće vrijednosti u tretmanu B i C u odnosu na kontrolu. Već utvrđen nizak postotak kiselosti utječe na slatkoću ploda tj. doprinjela je visokim prosječnim vrijednostima u korelaciji s topljivom suhom tvari. Prema istraživanju Šamec i sur. (2016.) omjer TST/UK ovisio je o sortimentu i datumu berbe.



4.2.4. Prosječna vrijednost odnosa topljive suhe tvari i ukunih kiselina u različitim folijarnim tretmanima s Fe. Prikazane su prosječne vrijednosti ± SD (standardna devijacija). Različita slova označavaju signifikantne razlike pri $p \leq 0.05$

Prema istraživanjima Gil i sur. (1997.) pH vrijednost u jagodama iznosi 3,51 dok su plodovi uzoraka unutar ovog istraživanja pokazali vrijednosti pH između 3,210 i 3,600. Prema dobivenim rezultatima u različitim folijarnim tretmanima s Fe s tri repeticija, najveću vrijednost pH je imao tretman B u III repeticiji dok najmanja vrijednost je bila utvrđena kod tretmana A u III repeticiji.

Na grafu 4.2.5. kao usporedba prosječne vrijednosti kontrole (tretman A) i tretmana B i C može se utvrditi da je dodatna primjena željeza znatno utjecala na povećanje vrijednosti pH u tretmanu C u odnosu na kontrolu (A tretman).



4.2.5. Prosječna vrijednost pH ploda u različitim folijarnim tretmanima s Fe Prikazane su prosječne vrijednosti ± SD (standardna devijacija). Različita slova označavaju signifikantne razlike pri $p \leq 0.05$

4.3. Mineralni sastav sorte 'Joly'

Udio minerala (N, P, K) u plodovima istraživanih prikazan je u tablici 4.3.1. Rezultati su iskazani kao prosječne vrijednosti u različitim folijarnim tretmanima s Fe (tretman A – kontrola) s tri repeticije.

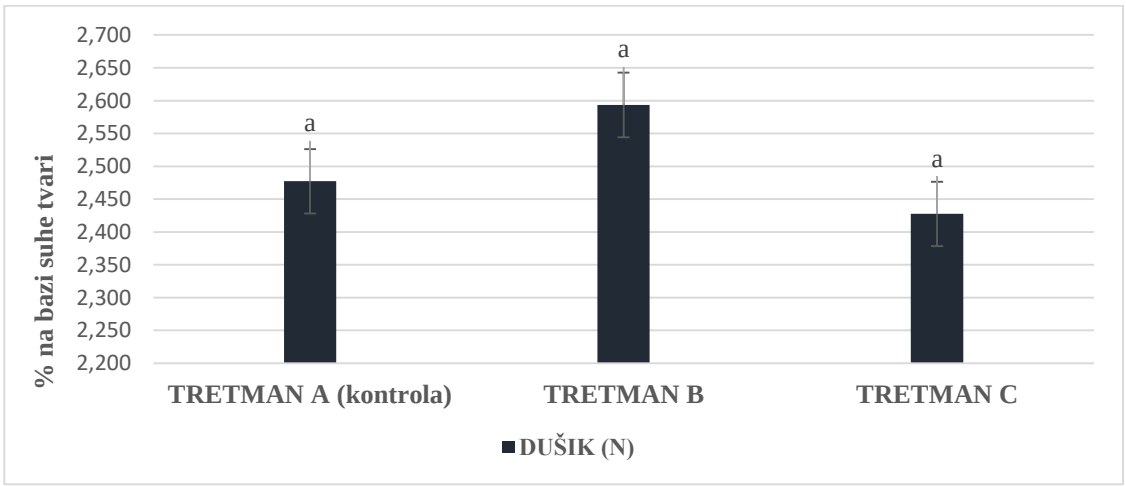
Tablica 4.3.1. Sadržaj NPK plodova jagode sorte 'Joly' u različitim folijarnim tretmanima s Fe

SADRŽAJ NPK (% na bazi suhe tvari)

TRETMAN	N	P_2O_5	P	K_20	K
	p=0,36†	p=0,15†	p=0,14†	p=0,02†	p=0,02†
A I	1,690	0,754	0,329	3,000	2,490
A II	1,605	0,735	0,321	2,985	2,477
A III	1,520	0,716	0,313	2,970	2,465
A	$1,605^{a}$±0,900	$0,735^{a}$±0,020	$0,321^{a}$±0,010	$2,985^{b}$±0,020	$2,477^{b}$±0,010
B I	1,640	0,729	0,318	3,160	2,622
B II	1,625	0,704	0,307	3,125	2,593
B III	1,610	0,678	0,296	3,090	2,564
B	$1,625^{a}$±0,020	$0,704^{a}$±0,030	$0,307^{a}$±0,010	$3,125^{a}$±0,040	$2,593^{a}$±0,030
C I	1,490	0,682	0,298	3,020	2,506
C II	1,550	0,699	0,305	2,925	2,427
C III	1,610	0,716	0,313	2,830	2,349
C	$1,550^{a}$±0,060	$0,699^{a}$±0,02	$0,305^{a}$±0,010	$2,925^{b}$±0,100	$2,427^{b}$±0,080

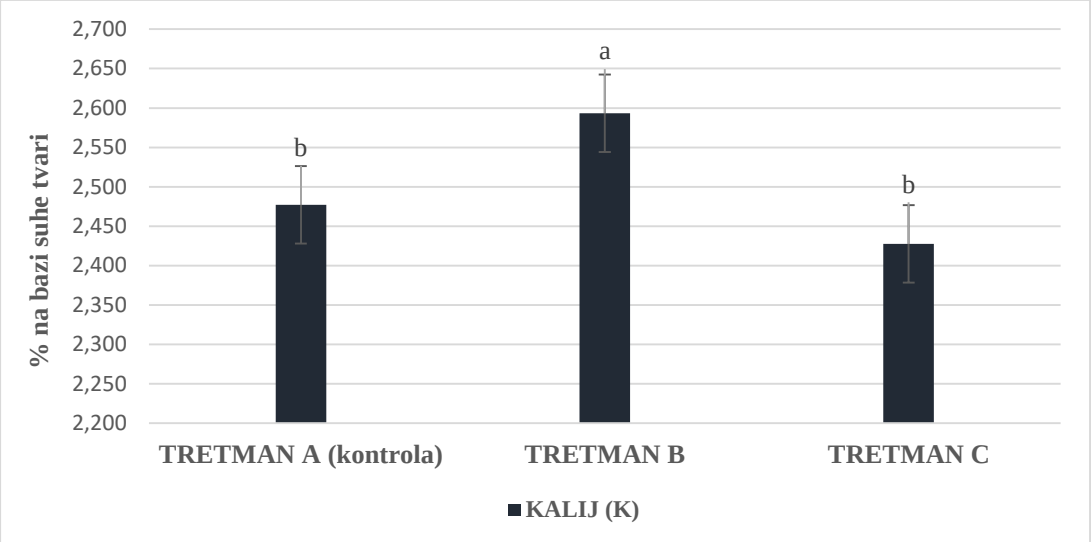
Napomena: Prikazane su prosječne vrijednosti ± SD (standardna devijacija). Različita slova označavaju signifikantne razlike pri $p \leq 0.05$

Kao dominantni makroelementi u plodovima jagode pokazali su se dušik i kalij. Najmanja vrijednost dušika (N) utvrđena je u kontroli (tretmana A) u III repeticiji s 1,520 % suhe stvari dok najveću vrijednost (1,690 % suhe tvari) utvrdila je kontrola (tretman A) u I repeticiji. Na grafu 4.3.1. kao usporedba prosječne vrijednosti kontrole (tretman A) i tretmana B i C može se utvrditi da je dodatna primjena željeza znatno utjecala na povećanje vrijednosti dušika (N) kod tretmana B dok se znatno smanjila kod tretmana C u odnosu na kontrolu (A tretman).



Graf 4.3.1. Prosječna vrijednost dušika (N) u različitim folijarnim tretmanima s Fe. Prikazane su prosječne vrijednosti ± SD (standardna devijacija). Različita slova označavaju signifikantne razlike pri $p \leq 0.05$

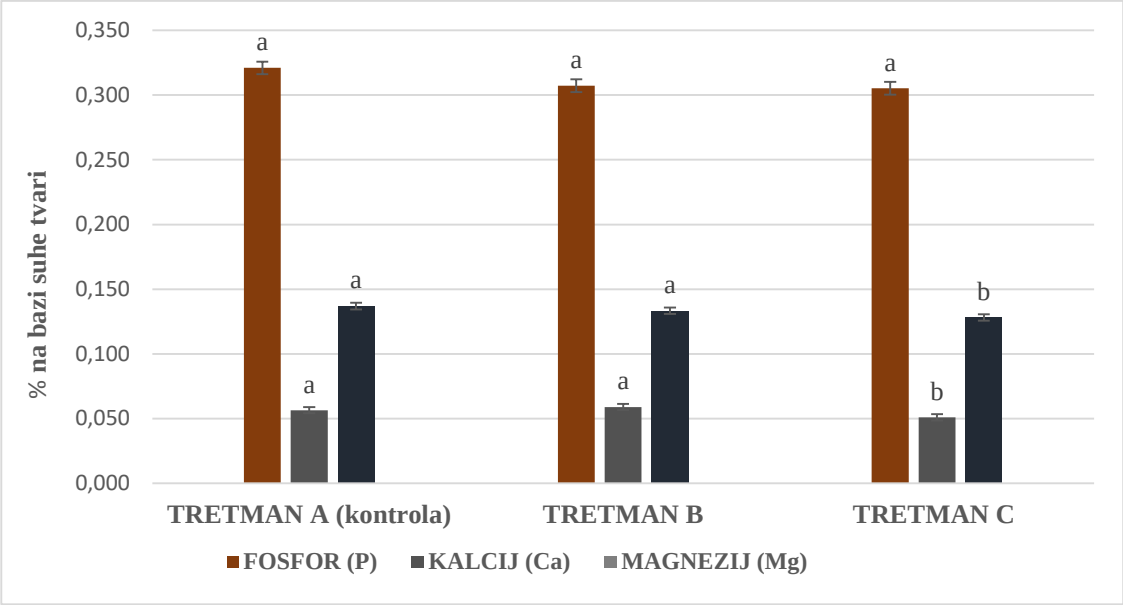
Udio kalija u istraživanim plodovima, kreće se u rasponu od 2,349 % do 2,622 % suhe tvari, što ga ujedno čini najzastupljenijim elementom. Jagodi je kalij neophodan u relativno visokim količinama (Ebrahimi i sur. 2012.). Ima značajnu ulogu u različitim metaboličkim procesima (Nikolić i Milivojević 2015.), kontrolira kretanje vode u biljci (opskrba i transpiracija). Na grafu 4.3.2. kao usporedba prosječne vrijednosti kontrole (tretman A) i tretmana B i C može se utvrditi da je dodatna primjena željeza znatno utjecala na povećanje vrijednosti kalija (K) kod tretmana B dok se znatno smanjila kod tretmana C u odnosu na kontrolu (A tretman).



Graf 4.3.2. Prosječna vrijednost kalija (K) u tri različita tretmana. Prikazane su prosječne vrijednosti ± SD (standardna devijacija). Različita slova označavaju signifikantne razlike pri $p \leq 0.05$

Prema dobivenim rezultatima, minerali fosfora (P), kalcija (Ca) te magnezija (Mg) čine izrazito male vrijednosti % suhe tvari u svim navedenim tretmanima i repeticijama. Prosječna vrijednost fosfora (P) iznosila je između 0,305 % do 0,329 % suhe tvari dok prosječna vrijednost magnezija (Mg) je iznosila između 0,125 % do 0,140 % suhe tvari. Najmanju vrijednost svih analiziranih markoelemenata imao je kalcij (Ca) u tretmanu A u I repeticiji s 0,055 % suhe tvari, a varirao je do 0,061 % suhe stvari.

Na grafu 4.3.3. kao usporedba prosječne vrijednosti kontrole (tretman A) i tretmana B i C može se utvrditi da dodatna primjena željeza nije utjecala na povećanje vrijednosti fosfora (P), kalcija (Ca) i magnezija (Mg) već se smanjila u odnosu na kontrolu (A tretman).



Graf 4.3.3. Prosječna vrijednost fosfora (P), kalcija (Ca) i magnezija (Mg) u različitim folijarnim tretmanima s Fe. Prikazane su prosječne vrijednosti ± SD (standardna devijacija). Različita slova označavaju signifikantne razlike pri $p \leq 0.05$

Udio minerala (Fe, Zn, Mn, Cu, Ca, Mg) u plodovima istraživanih prikazan je u tablicama 4.3.2. i 4.3.3. Rezultati su iskazani kao prosječne vrijednosti u različitim folijarnim tretmanima s Fe (tretman A – kontrola) s tri repeticije.

Tablica 4.3.2. Sadržaj minerala (Fe, Zn, Mn, Cu) ploda jagoda sorte 'Joly' u različitim folijarnim tretmanima s Fe

	SADRŽAJ MINERALA (mg/kg suhe tvari)			
TRETMAN	**Fe**	**Zn**	**Mn**	**Cu**
	$p \leq 0,01^{\dagger}$	$p \leq 0,01^{\dagger}$	$p \leq 0,01^{\dagger}$	$p \leq 0,01^{\dagger}$
A I	33,200	17,010	33,710	3,090
A II	32,550	16,790	33,560	3,250
A III	31,900	16,570	33,410	3,410
A	$32,550^{a} \pm 0,650$	$16,790^{a} \pm 0,220$	$33,560^{a} \pm 0,150$	$3,250^{a} \pm 0,160$
B I	30,060	14,870	31,590	2,890
B II	30,810	15,190	30,355	2,845
B III	31,560	15,510	29,120	2,800
B	$30,810^{b} \pm 0,710$	$15,190^{b} \pm 0,320$	$30,355^{b} \pm 1,240$	$2,845^{b} \pm 0,050$
C I	32,660	14,650	28,710	2,800
C II	33,120	14,865	29,485	2,670
C III	33,580	15,080	30,260	2,540
C	$33,120^{a} \pm 0,460$	$14,865^{b} \pm 0,220$	$29,485^{b} \pm 0,780$	$2,670^{b} \pm 0,130$

Prikazane su prosječne vrijednosti ± SD (standardna devijacija). Različita slova pridodana prosječnim vrijednostima označavaju da se sadržaj minerala različitih tretmana statistički značajno razlikuje pri $p \leq 0.05$

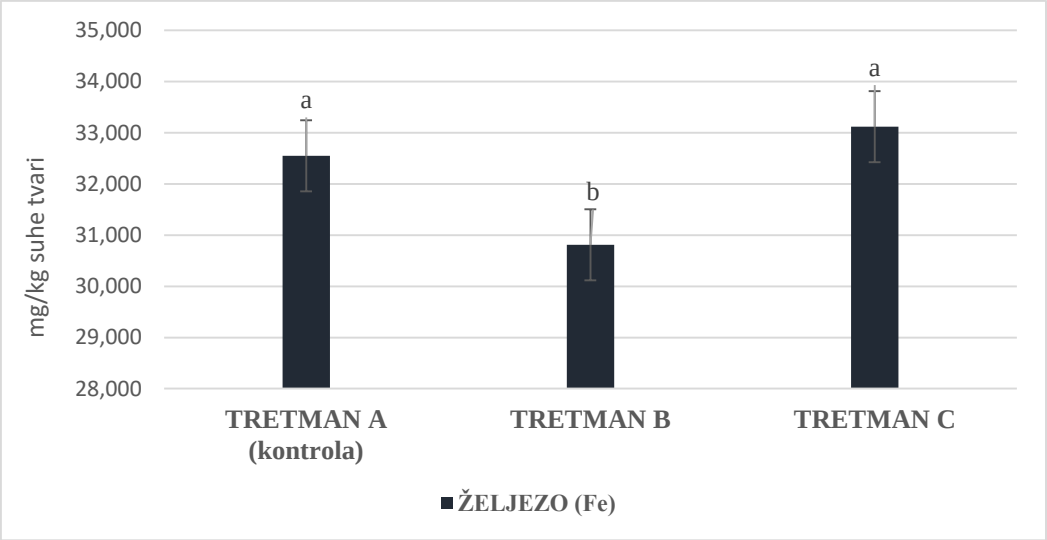
Tablica 4.3.3. Sadržaj minerala (Ca, Mg) ploda jagoda sorte 'Joly' u različitim folijarnim tretmanima s Fe

SADRŽAJ MINERALA (mg/kg suhe tvari)		
TRETMAN	**Ca**	**Mg**
	$p \leq 0,01^{\dagger}$	$p \leq 0,01^{\dagger}$
A I	0,055	0,140
A II	0,057	0,137
A III	0,058	0,134
A	$0,057^{a} \pm 0,000$	$0,137^{a} \pm 0,000$
B I	0,057	0,134
B II	0,059	0,133
B III	0,061	0,133
B	$0,059^{a} \pm 0,000$	$0,133^{a} \pm 0,000$
C I	0,051	0,131
C II	0,051	0,128
C III	0,051	0,125
C	$0,051^{b} \pm 0,000$	$0,128^{b} \pm 0,000$

Prikazane su prosječne vrijednosti ± SD (standardna devijacija). Različita slova pridodana prosječnim vrijednostima označavaju da se sadržaj minerala različitih tretmana statistički značajno razlikuje pri $p \leq 0.05$

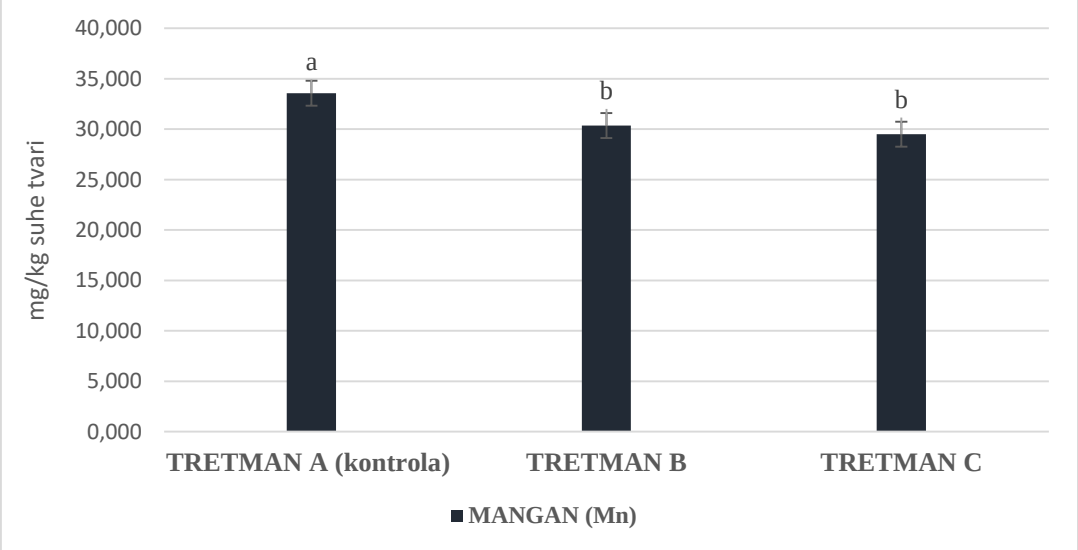
Kao dominantni mikroelementi u plodovima jagode utvrđeni su se željezo (Fe) i mangan (Mn). Najmanja vrijednost željeza (Fe) dobivena je kod tretmana B u svim repeticijama, a najviše se smanjila u I repeticiji (30,060 mg/kg suhe tvari) dok najveća vrijednost dobivena je kod tretmana C u III repeticiji (33,580 mg/kg suhe tvari). Kumar i sur. (2010.) utvrđuju veći urod jagoda primjenom željeza te još veći primjenom željeza i cinka. Chaturvedi i sur. (2005.) u svom istraživanju potvrđuju da i željezo i cink povećavaju broj plodova i urod, a do istog rezultata dolazi i Kazemi (2013.) na rajčici.

Na grafu 4.3.4. kao usporedba prosječne vrijednosti kontrole (tretman A) i tretmana B i C može se utvrditi da je dodatna primjena željeza utjecala na povećanje vrijednosti željeza (Fe) kod tretmana C dok se kod tretmana B smanjila u odnosu na kontrolu (A tretman). Prema dobivenim rezultatima, tretiranje plodova jagode dodatnom primjenom željeza je učinkovitija za povećanje vrijednosti željeza ako koristimo tretman C s 50 ml otopine po biljci.



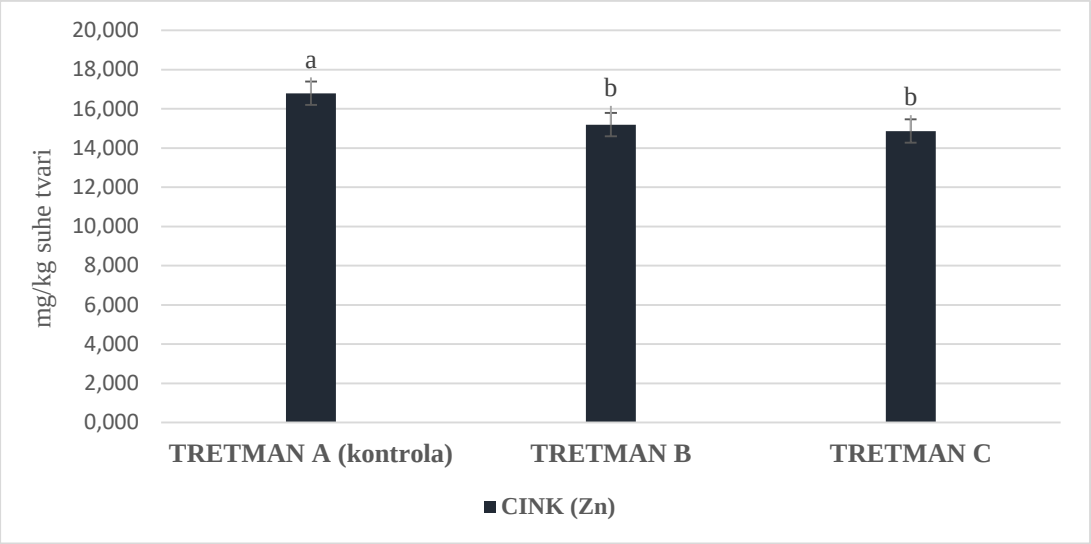
Graf 4.3.4. Prosječna vrijednost željeza (Fe) u različitim folijarnim tretmanima s Fe. Prikazane su prosječne vrijednosti ± SD (standardna devijacija). Različita slova označavaju signifikantne razlike pri $p \leq 0.05$

Najveća vrijednost mangana (Mn) dobivena je u tretmanu A (33,710 mg/kg suhe tvari) dok je najmanja vrijednost kod tretmana C u I repeticiji (28,710 mg/kg suhe tvari). Na grafu 4.3.5. kao usporedba prosječne vrijednosti kontrole (tretman A) i tretmana B i C može se utvrditi da je dodatna primjena željeza utjecala na znatno smanjenje vrijednosti mangana (Mn) u odnosu na kontrolu (A tretman).



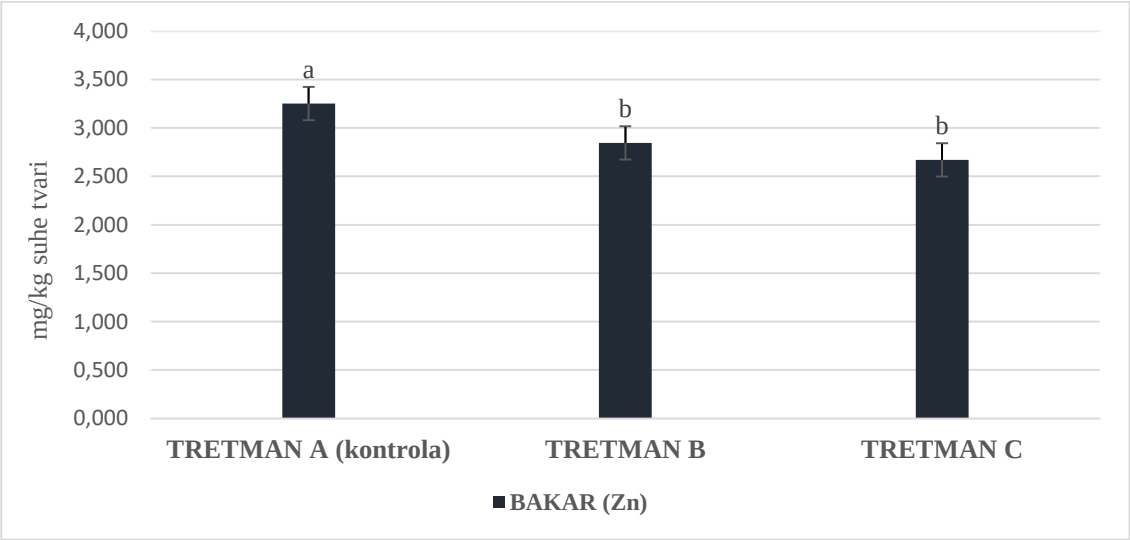
Graf 4.3.5. Prosječna vrijednost mangana (Mn) u različitim folijarnim tretmanima s Fe. Prikazane su prosječne vrijednosti ± SD (standardna devijacija). Različita slova označavaju signifikantne razlike pri $p \leq 0.05$

Nakon njega slijedi cink (Zn) s prosječnom vrijednosti od 14,650 (tretman C u I repeticiji) do 17,010 (kontrola A) mg/kg suhe tvari. Na grafu 4.3.6. kao usporedba prosječne vrijednosti kontrole (tretman A) i tretmana B i C može se utvrditi da je dodatna primjena željeza utjecala na znatno smanjenje vrijednosti cinka (Zn) u odnosu na kontrolu (A tretman).



Graf 4.3.6. Prosječna vrijednost cinka (Zn) u različitim folijarnim tretmanima s Fe. Prikazane su prosječne vrijednosti ± SD (standardna devijacija). Različita slova označavaju signifikantne razlike pri $p \leq 0.05$

Najmanju vrijednost imao je bakar (Cu) u tretmanu C u III repeticiji s 2,540 mg/kg suhe tvari, a varirao je do 3,410 mg/kg suhe tvari. Na grafu 4.3.7. kao usporedba prosječne vrijednosti kontrole (tretman A) i tretmana B i C može se utvrditi da je dodatna primjena željeza utjecala na znatno smanjenje vrijednosti bakra (Cu) u odnosu na kontrolu (A tretman).



Graf 4.3.7. Prosječna vrijednost bakra (Cu) u različitim folijarnim tretmanima s Fe. Prikazane su prosječne vrijednosti ± SD (standardna devijacija). Različita slova označavaju signifikantne razlike pri $p \leq 0.05$

5. Zaključak

Temeljem provedenog istraživanja utjecaja folijarne primjene željeza na mineralni sastav plodova jagode sorte 'Joly' može se zaključiti sljedeće:

1. Utvrđene su značajne razlike u dobivenim vrijednostima mjerenih svojstava kvalitete ploda pod utjecajem dodatne primjene željeza
2. Dodatna primjena željeza statistički se ne razlikuje u tvrdoći i masi plodova istraživane sorte 'Joly'
3. Tretiranje željezom utjecalo je na smanjenje ukupnih kiselina (% kao limunska kiselina) u plodu u odnosu na kontrolu (A tretman)
4. Stavljanjem u odnos topljive suhe tvari i ukupne kiselosti dobivene su značajno manje vrijednosti u kontroli
5. Dodatna primjena željeza u tretmanu C znatno je utjecala na povećanje vrijednosti pH u odnosu na kontrolu
6. Najzastupljeniji makroelement u plodovima jagode je kalij (2,349 do 2,622 % suhe tvari), a potom slijede dušik i forfor
7. Najzastupljeniji istraživani mikroelementi su željezo (Fe) i cink (Zn) s preko 33 mg/kg suhe tvari
8. Folijarno tretiranje s Fe utjecalo je na signifikantno smanjenje vrijednosti istraživanih mikroelemenata (Mn, Zn i Cu) u plodu jagode

Plodovi jagode su nutritivno vrijedna i bogata namirnica te u usporedbi s drugim jagodastim voćem, jagode sadrže viši postotak vitamina C, fenola i flavonoida. Tendencija je povećati njihovu proizvodnju kako u svijetu, tako i u Hrvatskoj. Dodatna folijarna prihrana jagoda sa željezom u vremenu cvatnje imala je pozitivan utjecaj na neka kemijska i mineralna svojstva i samu kvalitetu plodova jagode. Potrebno je provoditi dodatna istraživanja utjecaja folijarne prihrane željezom kako bi se mogle dati preporuke proizvođačima. Sorta 'Joly' korištena u ovom istraživanju vrlo je produktivna i zastupljena sorta u Hrvatskoj, a vrlo malo istraživanja je provedeno u vezi njenog kemijskog i mineralnog sastava.

6. Popis literature

1. Ahmad H., Sajjid M., Hayat S., Ullah R., Ali M., Jamal A., Ali J. (2017). Growth, Yield and Fruit Quality of Strawberry (Fragaria ananasa Dutch) under Different Phosphorus Levels. *Research in Agriculture 2*.
2. Amakura Y., Okada M., Tsuji S., Tonogai Y. (2000). High-performance liquid chromatographic determination with photodiode array detection of ellagic acid in fresh and processed fruits. Journal of Chromatography. 896(1-2):87-93.
3. Barritt B. H. (1979). Breeding strawberries forfruitfirmness. Journal of the American Society for Horticultural Science. 104:663-665.
4. Bebek Markovinović A., Putnik P., Duralija B., Krivohlavek A., Ivešić M., Mandić Andačić I., Bursać Kovačević D. (2022). Chemometric Valorization of Strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv.'Albion'for the Production of Functional Juice: The Impact of Physicochemical, Toxicological, Sensory, and Bioactive Value. *Foods*. *11*(5):640.
5. Boyce B. R., Matlock D. L. (1966). Strawberry nutrition. In Childers, Nutrition of Fruit Crops. *Proceeedings of the American Society for Horticultural Science*. 91:261-266.
6. Brummell D. A. (2006). Cell wall disassembly in ripening fruit. Functional Plant Biology. 33(2):103-119.
7. Brzica K. (1991). Voćarstvo za svakog. 6. dopunjeno izdanje, Naprijed, Zagreb
8. Chaturvedi O. P., Singh A. K., Tripathi V. K., Dixit A. K. (2005). Effect of Zinc and Iron on Growth, Yield and Quality of Strawberry cv. Chandler. Acta Horticulturae. 696:237-240.
9. Chen D. (2013). The Effect of Heat on Fruit Size of Day-neutral Strawberries. Master degree, Guelph, Ontario, Canada.
10. Cheng G. W., Breen, P. J. (1992). Cell Count and Size in Relation to Fruit Size. Journal of the American Society for Horticultural Science. 117(6):946-950.
11. Darrow G. M. (1966). The Strawberry. History, Breeding and Physiology. Holt, Rinehart and Winston, New York.
12. Dixon E. K., Strik B. C., Fernandez-Salvador J., DeVetter L. W. (2019). *Strawberry Nutrient Management Guide for Oregon and Washington*. Oregon State University Extension Service.
13. Dobričević N., Voća S., Šic Žlabur J., Jakić A., Pliestić S., Galić A. (2014). Kvalitete plodova jagoda sorti 'Alba', 'Albion', 'Asia', 'Clery' i 'Joly'. Zbornik radova 49. hrvatskog i 9. međunarodnog simpozij agronoma (ur. Marić S. i Lončarić Z.), Osijek:Poljoprivredni fakultet Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku. 662-666.
14. Duralija B., Mikec D., Jurić S., Lazarević B., Maslov Bandić L., Vlahoviček-Kahlina K., Vinceković M. (2021). Strawberry fruit quality with the increased iron application. Acta Horticulturae. 1309:1033-1040.
15. Ebrahimi R., Souri M. K., Ebrahimi F., Ahmadizadeh M. (2012). Growth and Yield of Strawberries under Different Potassium Concentrations of Hydroponic System in Three Substrates. World Applied Sciences Journal. 16(10):1380-1386.

16. FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. Dostupno online: http://www.fao.org/faostat/en/ (Pristupljeno 10. lipnja 2022).
17. Fernandez V., Ebert G. (2005). Foliar iron fertilization - a critical review. Journal of Plant Nutrition. 28:2113-2124.
18. Giampieri F., Alvarez-Suarez J. M., Battino M. (2014). Strawberry and human health: Effects beyond antioxidant activity. Journal of agricultural and food chemistry. 62(18): 3867-3876.
19. Giampieri F., Forbes-Hernandez T. Y., Gasparrini M., Alvarez-Suarez J. M., Afrin S., Bompadre S., Quiles J. L., Mezzetti B., Battino M. (2015). Strawberry as a health promoter: an evidence based review. Food & Funct. 6. 1386-1398.
20. Gil M. I., Holcroft D. M., Kader A. A. (1997). Changes in strawberry anthocyanins and other polyphenols in response to carbon dioxide treatments. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 45:1662–1667.
21. Hakkinen S. H., Torronen A. R. (2000). Content of flavonols and selected phenolic acids in strawberries and Vaccinium species: Influemce of cultivar, cultivation site and technique. Food Research International. 33:517-524.
22. Hancock J. F. (1999). Strawberries. Centre for Agriculture and Bioscience International. Wallingfer.
23. Hancock J. F., Luby J. J., Dale A., Darnell D. L. (1996). Germplasm resources in octoploid strawberries: Potential sources of genes to increase yields in northern climates. Proceedings of the IV North American Strawberry Conference, University of Florida, Gainesville. 87–94.
24. Hancock J. F., Sjulin T. M.; Lobos G. A. (2008). Strawberries. In: *Temperate fruit crop breeding*. Springer, Dordrecht. 393-437.
25. Hortynski J., Zebrowska, J., Gawronski, J., i Hulewicz, T. (1991). Factors influencing fruit size in the strawberry (Fragaria ananassa Duch.). Euphytica. 56:67-74.
26. Houimli S. I. M., Jdidi H., Boujelben F., Denden M. (2016). Fruit yield and quality of ironsprayed tomato (Lycopersicon esculentum Mill.) grown on high pH calcerous soil. International Journal of Innovation and Scientific Research. 20(2):268-271.
27. Husaini A. M., Neri D. (2016). *Strawberry: growth, development and diseases*. Centre for Agriculture and Bioscience International.
28. Jašić M. (2007). Tehnologija voća i povrća. Skripta, Tehnološki fakultet, Univerzitet u Tuzli, Bosna i Hercegovina.
29. John M. K., Daubeny H. A., McElrow F. D. (1975). Influence of sampling time on elemental compsition of strawberry leaves and petioles. Journal of the American Society for Horticultural Science. 100:513-517.
30. Kafkas E., Kosar M., Paydas S., Kafkas S., Baser K. H. (2007). Quality characteristics of strawberry genotypes at different maturation stages. Food Chemistry. 100:1229–1236.
31. Katalinić V. (2006). Kemija mediteranskog voća i tehnologija prerade. Skripta, Kemijskotehnološki fakultet, Sveučilište u Splitu.
32. Kazemi M. (2014). Influence of foliar application of iron, calcium and zinc sulfate on vegetative growth and reproductive characteristics of strawberry cv. ‘Pajaro’. Trakia Journal of Sciences. 1:21-26.

33. Kazemi M. (2013). Effects of Zn, Fe and their Combination Treatments on the growth and yield of tomato. Bulletin Of Environment, Pharmacology And Life Sciences. 3(1):109-114.
34. Krpina I. (2004).Voćarstvo. Nakladni zavod Globus, Zagreb.
35. Kumar S., Yadav M., Singh G. (2010). Effect of iron and zinc on fruit yield and quality of strawberry (Fragaria ananassa). Indian Journal of Agricultural Sciences. 80(2):171-173.
36. Lacey K., Hancock N., Ramsey H. (2009). Measuring internal maturity of citrus. Department of agriculture and food farm note, ISSN. 4:726-934.
37. Lei J. J., Jiang S., Ma R. Y., Xue L., Zhao J., Dai H. P. (2021). Current status of strawberry industry in China. In *IX International Strawberry Symposium 1309*. 349-352.
38. Leis M., Martinelli A., Castagnoli G., Azzolini D., Castagnoli P., Castagnoli A. (2012). Strawberry plant named 'JOLY'. Dohvaćeno iz https://patents.google.com/patent/USPP23126P3/en.
39. Lester G. E., Jifon J. L, Makus D. J. (2010). Impact of potassium nutrition on food quality of fruits and vegetables: a condensed and concise review of the literature. Better Crops. 94:18-21.
40. Lingle J. C., Tiffin L. O., Brown J. C. (1963). Iron Uptake-Transport of Soybeans as Influenced by Other Cations. Plant Physiology. 38:71-76.
41. Liston A., Cron R., Ashman T. L. (2014). Fragaria: a genus with deep historical roots and ripe for evolutionary and ecological insights. *American journal of botany*. 101(10):686-1699.
42. May G., Pritts M. P. (1990). Strawberry nutrition. *Advances in Strawberry Production*. 9:10-24
43. Mengel K., Kirkby E. (1987). Principles of Plant Nutrition. International Potash Institute.
44. Meyers K. J., Watkins C. B., Pritts M. P., Liu R. H. (2003). Antioxidant and antiproliferative activities of strawberries. Journal of agricultural and food chemistry. 51(23):6887-6892.
45. Milosević T. (1997). Special topics in f ruit growing. Faculty of agronomy and community for fruits and vegetables. CacekBelgrade. 353-384.
46. Miloš T. (1997). Jagoda, Drugo prigodno izdanje, Naklada Jurčić, Zagreb.
47. Mratinić E. (2012.), Jagoda. Partenon, Beograd.
48. Nikolić M. D., Milivojević J. M. (2015). Jagodaste voćke - Tehnologija gajenja (Drugo dopunjeno izdanje). Beograd: Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet.
49. Nikolić M., Milivojević J. (2010). Jagodaste voćke, tehnologija gajenja. Naučno voćarsko društvo Srbije, Čačak, Republika Srbija.
50. Odongo T., Isutsa D. K., Aguyoh J. N. (2011). Response of strawberry quality and profitability to farmyard manure and triple super phosphate under tropical high altitude conditions. Jomo Kenyatta University of Agriculture and Technology.13:7-21.
51. Opara U. L., Magwazaa L. S. (2015). Analytical methods for determination of sugars and sweetness of horticultural products - A review. Scientia Horticulturae. 184:179–192.

52. Paniagua C., Santiago-Domenech N., Kirby A. R., Gunning A. P., Morris V. J., Quesada M. A., Mercado J. A. (2017). Structural changes in cell wall pectins during strawberry fruit development. Plant Physiology and Biochemistry. 118:55-63.
53. Proteggente A. R., Pannala A. S., Paganga G., Buren L. V., Wagner E., Wiseman S., Put, F. V. D., Dacombe C., Rice-Evans C. A. (2002). The antioxidant activity of regularly consumed fruit and vegetables reflects their phenolic and vitamin C composition. Free radical research. 36(2):217-233.
54. Radunić M., Klepo T., Strikić F., Čagalj M., Svalina S., Jukić Perković D. (2014). Kakvoća 'Vrgoračke jagode'. Zbornik radova 49. hrvatskog i 9. međunarodnog simpozij agronoma (ur. Marić S. i Lončarić Z.), Osijek. 709-712.
55. Region N. (2013). The Mid-Atlantic Berry Guide. Penn State Cooperative Extension. Atlantic. 49-50.
56. Ruef J. V., Richey H. W. (1925). A study of flower bud formation in the Dunlap strawberry. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science*. 22:139-144.
57. Samaranayake P., Peiris B.D., Dssanayake S. (2012). Effect of excessive ferrous (Fe^{2+}) on growth and iron content in rice (Oryza sativa). International Journal of Agriculture And Biology. 14: 296-298.
58. Schutle E.E. (2004). Soil and applied iron. Understanding Plant Nutrients, A3554.
59. Shaw D. V. (1990). Response to selection and associated changes in genetic variance for soluble solids and titratable acids contents in strawberries. ournal of the American Society for Horticultural Science. 155(5):839-843.
60. Sinha N. K. (2006). Strawberries and Raspberries. In: Handbook of Fruits and Fruit Processing, Blackwell Publishing, Iowa, USA. 581-595.
61. Skendrović Babojelić M., Fruk, G. (2016). Priručnik iz voćarstva - Građa, svojstva i analize voćnih plodova. Zagreb: Hrvatska sveučilišna naklada. Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet.
62. Stančević A. (1977). Jagoda i malina. Nolit-mala poljoprivredna biblioteka, Beograd.
63. Stewart P. J. (2011). Fragaria-History and Breeding. In: Genetics, Genomics and Breeding of Berries. Science Publishers, CRC Press, 1st edition, Enfiled, New Hampshire.
64. Strawberry fertility and nutrient management (2011). https://strawberries.ces.ncsu.edu/wp-content/uploads/2014/10/7-FertilityCombined.pdf?fwd=no Pristupljeno: 13 lipnja 2022.
65. Sweeney J. P., Chapman V. J., Hepner, P. A. (1970). Sugar, acid, and flavor in fresh fruits. Journal of the American Dietetic Association. 57:432-435.
66. Šamec D., Maretić M., Lugarić I., Mešić A., Salopek-Sondi B., Duralija B. (2016). Assessment of the differences in the physical, chemical and phytochemical properties of four strawberry cultivars using principal component analysis. Food Chem. 194(1), 828–834.
67. Šoškić M. (2009). Jagoda. Partenon, Beograd.
68. Trejo-Téllez L. I., Gómez-Merino F. C. (2014). Nutrient management in strawberry: effects on yield, quality and plant health. Nova Science Publishers. 240-267.

69. USDA (2021). United States Department of Agriculture - Natural Resources Conservation Service. https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/fooddetails/747448/nutrients Pristupljeno 21. ožujka 2022.
70. Vukadinović V., Vukadinović V. (2011). Ishrana bilja III. Izmijenjeno i dopunjeno izdanje. Poljoprivredni fakultet u Osijeku.
71. Yadav I., Singh J., Meena B., Singh P., Meena S., Neware S., Patidar D.K. (2017). Strawberry Yield and Yield Attributes After Application of Plant Growth Regulators and Micronutrients on cv. Winter Dawn. Chemical Science Review Letters 6. (21):589-594.
72. Zuo Y., Zhang F. (2011). Soil and crop management strategies to prevent iron deficiency in crops. Plant Soil. 339:83-95.

7. Životopis

Ana Hasanović rođena je 21. prosinca 1998. godine u Zagrebu. Završila je Osnovnu školu Klinča Sela i Srednju školu Jastrebarsko, smjer ekonomist. Tijekom školovanja završila je osnovnu Glazbenu školu Jastrebarsko, smjer Violinist. Prediplomski studij Agronomskog fakulteta na Sveučilištu u Zagrebu, smjer Hortikultura upisala je 2017. godine te je isti završila 2020. godine. Iste godine upisala je diplomski studij, smjer Voćarstvo na Agromomskom fakultetu na Sveučilištu u Zagrebu. Za vrijeme studiranja, završila je program osposobljavanja za obavljanje poslova instruktora fitnesa u teretani na Fitnes učilištu u Zagrebu.