

# Primjena cinkovih formulacija mikroalgi (Chlorella) u uzgoju borovnica

---

**Kovar, Marija**

**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://um.nsk.hr/um:nbn:hr:204:459700>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-24**



*Repository / Repozitorij:*

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
AGRONOMSKI FAKULTET

**PRIMJENA CINKOVIH FORMULACIJA MIKROALGI  
(*Chlorella*) U UZGOJU BOROVNICE**

DIPLOMSKI RAD

Marija Kovar

Zagreb, rujan 2022.



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
AGRONOMSKI FAKULTET

University of Zagreb  
Faculty of Agriculture

Diplomski studij:

Hortikultura – Voćarstvo

**PRIMJENA CINKOVIH FORMULACIJA MIKROALGI  
(*Chlorella*) U UZGOJU BOROVNICE**

DIPLOMSKI RAD

Marija Kovar

Mentor:

prof. dr. sc. Marko Vinceković

Zagreb, rujan 2022.



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
AGRONOMSKI FAKULTET

University of Zagreb  
Faculty of Agriculture

**IZJAVA STUDENTA  
O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI**

Ja, **Marija Kovar**, JMBAG 0178109000, rođen/a 03.07.1997. u Zagrebu, izjavljujem da sam samostalno izradila/izradio diplomski rad pod naslovom:

**PRIMJENA CINKOVIH FORMULACIJA MIKROALGI (*Chlorella*) U UZGOJU  
BOROVNICA**

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

University of Zagreb  
Faculty of Agriculture

**IZVJEŠĆE**  
O OCJENI I OBRANI DIPLOMSKOG RADA

Diplomski rad studenta/ice Marije Kovar, JMBAG 0178109000, naslova

**PRIMJENA CINKOVIH FORMULACIJA MIKROALGI (*Chlorella*) U UZGOJU  
BOROVNICA**

obranjen je i ocijenjen ocjenom \_\_\_\_\_, dana \_\_\_\_\_.

Povjerenstvo:                      potpisi:

1.     prof. dr. sc. Marko Vinceković    mentor                      \_\_\_\_\_
2.     prof. dr. sc. Boris Duralija       član                              \_\_\_\_\_
3.     izv. prof. dr. sc. Luna Maslov Bandić član                      \_\_\_\_\_

## **Zahvala**

*Zahvaljujem svom mentoru prof. dr. sc. Marku Vincekoviću i ostalim djelatnicima Zavoda za kemiju na stručnom vodstvu, vrijednom iskustvu, pruženoj prilici te pomoći, savjetima i podršci tijekom izrade diplomskog rada.*

*Također zahvaljujem ostalim profesorima Agronomskog fakulteta na prenesenom znanju i susretljivosti.*

*Zahvaljujem kolegama i prijateljima na međusobnoj podršci, koji su obogatili i olakšali izazovan period studiranja.*

# Sadržaj

1.Uvod.....	1
1.1.Cilj rada .....	2
2.Pregled literature .....	3
2.1.Američka borovnica .....	3
2.1.1.Porijeklo borovnice .....	4
2.1.2.Sorta .....	4
2.1.3.Botaničke karakteristike .....	5
2.1.4.Uvjeti uzgoja .....	6
2.1.5.Upotreba i nutritivna vrijednost .....	6
2.2.Alge i mikroalge.....	8
2.2.1.Karakteristike .....	8
2.2.2.Potencijal u proizvodnji .....	9
2.2.3.Mikroalge u poljoprivredi .....	11
2.3.Mikrokapsule.....	12
2.3.1.Svojstva i proizvodnja mikrokapsula .....	12
2.3.2.Upotreba mikrokapsula .....	13
2.3.3.Mikrokapsule u poljoprivredi .....	13
2.3.4.Cink u poljoprivredi .....	14
2.4.Folijarna prihrana .....	16
2.5.Sekundarni metaboliti .....	17
2.5.1.Polifenoli .....	18
2.5.2.Flavonoidi.....	18
2.5.3.Antocijani .....	19
2.5.4.Antioksidansi.....	19
3.Materijali i metode .....	20
3.1.Postavljanje pokusa .....	20
3.2.Određivanje broja stanica mikroalgi u uzorku pomoću Thomaove komorice .....	21
3.3.Priprema tretmana .....	22
3.4.Tretiranje .....	23
3.5.Analiza plodova.....	24
4.Rezultati i rasprava.....	26
4.1.Osnovne fizikalne i kemijske analize .....	26

4.1.1.Usporedba sorata .....	26
4.1.2.Usporedba tretmana.....	29
4.2.Kemijske analize .....	31
4.2.1.Usporedba sorata .....	32
4.2.2.Usporedba tretmana.....	33
5.Zaključak .....	36
6.Literatura .....	37
Životopis.....	42



## Sažetak

Diplomskog rada studenta/ice **Marije Kovar**, naslova

### **Primjena cinkovih formulacija mikroalgi (*Chlorella*) u uzgoju borovnica**

Američka borovnica (*Vaccinium corymbosum* L.) je višegodišnja voćna vrsta i sve popularnija namirnica zbog dobrih nutritivnih svojstava. Tijekom uzgoja potrebno je voditi računa o kvalitetnoj prihrani, zaštiti i agrotehničkim mjerama. Cilj uzgoja je maksimalno plodonošenje i dobra kvaliteta ploda s većom količinom sekundarnih biljnih metabolita. To se može postići primjenom novih tipova agroekoloških biopolimernih formulacija. U svrhu ovog diplomskog rada pripravljene su biopolimerne formulacije ispunjene mikroalgom i kemijskim reagensom; cinkovim sulfatom  $ZnSO_4 \times 7H_2O$  te su folijarno primijenjene na borovnicu.

Pokus je postavljen u nasadu borovnice tvrtke Fragaria d.o.o. u mjestu Velika Ludina, 2021. godine, prema metodi SBR u četiri ponavljanja. Tretirane su dvije sorte borovnica 'Duke' i 'Aurora'. Primijenjena su četiri tretmana: 1. kontrola – destilirana voda; 2. 10 %-tna otopina mikroalgi; 3. biopolimerne formulacije otopine cinkovog sulfata; 4. biopolimerne formulacije otopine mikroalgi. Dospjeli plodovi su podvrgnuti fizikalnim i kemijskim analizama (masa, pH vrijednost, topiva suha tvar, ukupne kiseline polifenoli, antocijani i flavonoidi). Kod plodova sorte 'Aurora' tretiranih biopolimernim formulacijama mikrokapsula s cinkom i biopolimernim formulacijama mikrokapsula s mikroalgama primijećene su povećane količine polifenola, flavonoida i antocijana (mikrokapsule s cinkom: polifenoli 299,20 mg/100 g, flavonoidi 218,75 mg/100 g, antocijani 88,15 mg/100 g i mikrokapsule s algama: polifenoli 315,91 mg/100 g, flavonoidi 225,75 mg/100 g, antocijani 93,52 mg/100 g).

**Ključne riječi:** borovnica, mikroalge, mikrokapsule, cink, folijarna prihrana

## Summary

Of the master's thesis - student **Marija Kovar**, entitled

### **Application of zinc formulations with microalgae in blueberry cultivation**

American blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) is a perennial fruit specie with good nutritional properties. During cultivation, it is necessary to take care of good quality fertilization, protection and agrotechnical measures. Main purpose of fruit production is to achieve maximum fruiting with high amount of secondary plant metabolites. It may be achieved by applying new types of agroecological biopolymer formulations. For this thesis were prepared biopolymer formulations filled with microalgae and a chemical reagent; zinc sulfate  $ZnSO_4 \times 7H_2O$ . Biopolymer formulations were foliarly applied on blueberry plants.

Experiment was conducted with blueberry (varieties Duke and Aurora) on field of Fragaria company near town Velika Ludina, in 2021. The experiment was set up according to the RCBD in four replications. Top-dressing was applied in four different variants: 1. control – distilled water; 2. 10% microalgae solution; 3. Biopolymer formulations of zinc sulfate solution; 4. biopolymer formulations solution of microalgae. Ripe fruits were studied of pomological and chemical properties (fruit weight, pH value, soluble solids and total acids content polyphenols, flavonoids and anthocyanins). Increased amounts of polyphenols, flavonoids and anthocyanins were observed in the fruits of the cultivar 'Aurora' treated with biopolymer formulations of microcapsules with zinc and biopolymer formulations of microcapsules with microalgae (microcapsules with zinc: polyphenols 299.20 mg/100 g, flavonoids 218.75 mg/100 g, anthocyanins 88.15 mg/100 g and microcapsules with algae: polyphenols 315.91 mg/100 g, flavonoids 225.75 mg/100 g, anthocyanins 93.52 mg/100 g).

**Keywords:** blueberry, microalgae, microcapsules, zinc, foliar fertilization

## 1.Uvod

Borovnica (*Vaccinium corymbosum* L.) jedna je od vrsta jagodastog voća, koja je sve popularnija zbog svojih povoljnih nutritivnih karakteristika. Javlja se kao višegodišnja, grmolika biljka. Glavni razlog uzgoja ove borovnice je njezin plod, boba sastavljena od egzokarpa i mezokarpa. Pogodna je za konzumaciju u svježem i sušenom obliku, zamrzavanje i preradu (Nikolić i Milivojević, 2015). Vodeći svjetski proizvođači su SAD (294 000 tona), Kanada (146 370 tona) i Peru (180 300 tona), dok se u Hrvatskoj 2020. godine uzgojilo 720 tona borovnice (FAOSTAT). Najčešće uzgajane sorte američke borovnice su 'Duke', 'Aurora', 'Patriot', 'Bluecrop', 'Nui' i 'Hannah's Choice' (Nikolić i Milivojević, 2015). Vrste roda *Vaccinium* počele su se prikupljati i eksperimentalno kultivirati već početkom 18. stoljeća (Trehane, 2004.), a najveći komercijalni uspjeh doživljava u periodu između 1995. i 2005. godine kada se površina ukupnih nasada borovnice povećala za 90 % (Zhao, 2007).

Borovnica zahtjeva posebne klimatske i ekološke uvjete koje je nužno osigurati za isplativu proizvodnju i maksimalni prirod. Plod borovnice je niske energetske vrijednosti te obiluje hranjivim i bioaktivnim komponentama kao što su flavonoidi, fenolne kiseline, vitamini te minerali (Nikolić i Milivojević, 2015., Nile i Park, 2014). Posjeduje visoka antioksidativna svojstva zahvaljujući velikoj količini fenolnih spojeva (Soče, 2019). Antioksidansi imaju važnu ulogu i u očuvanju zdravlja kože, tako da neutraliziraju enzime koji uništavaju vezivno tkivo i otklanjaju slobodne radikale (Heal With Food – pristupljeno 1.8.2022.). Potvrđeni su i antibakterijski, antimutageni, antiinflamatorni i antikancerogeni učinci pojedinih aktivnih sastojaka borovnice (Landete, 2012). Povoljno utječu na održavanje zdravlja krvožilnog sustava i poboljšanje vida (Nabavi, 2018). Flavonoidi u prehrani zaduženi su za pigmente, aromu, anulaciju oksidacije te zaštitu od deaktiviranja enzima i vitamina (Yao i sur., 2004). Najzastupljeniji flavonoidi jagodastih voćki su antocijani, a dokazano je kako antocijani borovnice i drugi polifenoli povoljno utječu na smanjenje hiperglikemije, tjelesne mase te akumulacije kolesterola (Roopchand i sur., 2013). Nutritivni sastav usjeva, tako i borovnice, moguće je poboljšati odgovarajućom prihranom. Jedan od načina je prihrana mikroalgama, koje daju zadovoljavajuće rezultate kao dodatak u prehrambenoj industriji i poljoprivredi. Mikroalge su po sistemskoj klasifikaciji prokariotski i eukariotski fotosintetski mikroorganizmi. Njihove stanice jednostavne su građe, što osigurava brz i uspješan rast u nepovoljnim uvjetima, zbog čega su prisutne u raznolikim i ekstremnim ekosustavima; pustinje, termalnim izvorima te ispod leda Antartika (Phyox, pristupljeno 20.8.2022). Mikroalge privlače pozornost kao sirovina visokog potencijala za proizvodnju biogoriva (Sikirić i sur., 2019). Potencijalni su izvor brojnih

bioaktivnih i energetskih tvari kao što su polimeri, peptidi, masne kiseline, karotenoidi i steroli. Fotosintetska aktivnost im je visoka, zbog čega vrše brzi rast i sintezu biomase (Kim, 2015). Imaju mnogo potencijala kao izvori karotenoida, vitamina i fenola te kao prirodni antioksidansi mogu anulirati peroksidaciju lipida u hrani i poslužiti kao prirodni konzervansi (Vadlja, 2019). Sama proizvodnja mikroalgi jednostavna je, a uz minimalna ulaganja postižu se visoki prinosi. Derivati mikroalgi u potpunosti su biorazgradivi te nemaju štetnih djelovanja na okoliš (Čević, 2016).

Biopolimerne formulacije mikrokapsula imaju brojne mogućnosti upotrebe; u prehrambenoj, kozmetičkoj i poljoprivrednoj proizvodnji. Inkapsulirati se mogu razne bioaktivne komponente i tako osigurati njihovo postepeno otpuštanje, a ovisno o njihovoj veličini može se odrediti i brzina otpuštanja. Kada je riječ o poljoprivrednoj proizvodnji, primjena inkapsuliranih bioaktivnih komponenata relativno je nov način tretiranja te se njihov učinak još uvijek ispituje. Biopolimerne formulacije mikrokapsula se mogu upotrebljavati kao sredstvo za prihranu, čime se postiže kontinuirano otpuštanje, odnosno duži efekt prihrane (Vinceković i sur., 2016. i Vinceković i sur., 2017). Polimeri za proizvodnju biopolimernih formulacija mogu biti proteini (želatin, gluten, kazein), ugljikohidrati (škrob i njegovi derivati, arapska guma, ksantan, agar, dekstran, alginati, derivati celuloze), voskovi i lipidi (gliceridi palmitinske i stearinske masne kiseline, cetil-alkohol, pčelinji vosak) te sintetski polimeri (polivinil-alkohol, poliakrilna kiselina, polistiren, poliuretani i polisiloksani) (Petrović, 2010).

Mikrokapsule su primjenjivane folijarno, odnosno prskanjem iznad krošnje grma kako bi ih biljka apsorbirala putem lišća, a prednosti folijarne prihrane su 8 – 20 puta veća od apsorpcija hraniva nego iz tla putem korijena, samim time i reducirana potrošnja primjenjenog sredstva (Kuepper, 2003).

### 1.1. Cilj rada

Cilj ovog rada je ispitati djelovanje biopolimernih formulacija mikrokapsula ispunjenih s mikroalgom i cinkovim ionom tijekom folijarne primjene na dvije sorte borovnice ('Aurora' i 'Duke'), ispitati utjecaj mikroalgi na kemijski sastav ploda borovnice te zaključiti koje su najpovoljnije varijante folijarne gnojidbe biopolimernim formulacijama mikrokapsula.

## 2.Pregled literature

### 2.1.Američka borovnica

Borovnice u uzgoju selekcionirane su u SAD-u od tamo rasprostranjenih samoniklih vrsta i sve su popularnija vrsta jagodastog voća zbog svojih povoljnih nutritivnih svojstava. Po sistematskoj klasifikaciji pripada porodici Ericaceae (Tablica 2.1.1.) (Mratinić, 2015). Javlja se kao višegodišnja, grmolika biljka. Glavni razlog uzgoja borovnice je njezin plod, boba sastavljena od egzokarpa (kožice) i mezokarpa (mesa) unutar kojeg se nalazi do 65 sjemenki. Pogodan je za konzumaciju u svježem i sušenom obliku, zamrzavanje i preradu (Nikolić i Milivojević, 2015).

Prema FAOSTAT-u, ukupna proizvodnja plodova borovnice u 2020. godini iznosila je 850 886 tona, a najveći svjetski proizvođači bili su SAD (294 000 tona), Peru (180 300 tona) i Kanada (146 370 tona), dok se u Europi najviše borovnice uzgojilo u Poljskoj (55 300 tona), Španjolskoj (48 520 tona) i Portugalu (15 420 tona). U Republici Hrvatskoj na površini od 360 ha uzgojilo se 720 tona borovnice.

Sortiment borovnice manji je nego sortiment ostalih vrsta jagodastog voća, do sada ih je kreirano oko 200, od kojih je nekoliko najčešće prisutnih u nasadima kao kultivari američke borovnice (*Vaccinium corymbosum*) (Miličević i sur., 2012); 'Duke', 'Patriot', 'Nui', 'Bluecrop', 'Hannah's Choice' te 'Aurora' (Nikolić i Milivojević, 2015). Prilikom izrade ovog rada koristili su se podaci dobiveni analizom plodova sorata 'Duke' i 'Aurora'.

Tablica 2.1.1. Sistematika borovnice

<b>Carstvo</b>	Plantae	Biljke
<b>Odjeljak</b>	Magnoliophyta	Kritosjemenjače
<b>Razred</b>	Magnoliopsida	Dvosupnice
<b>Red</b>	Ericales	Vrjesolike
<b>Porodica</b>	Ericaceae	Vrjesovke
<b>Rod</b>	<i>Vaccinium</i>	Borovnice

Izvor: Mratinić, 2015.

### 2.1.1.Porijeklo borovnice

Prema autorima Nikolić i Milivojević (2015.) u kreiranju glavnih komercijalnih sorata borovnice sudjelovalo je križanje vrsta većinom s područja Sjeverne Amerike početkom 19. stoljeća:

*V. myrtilloides*

*V. angustifolium*

*V. corymbosum*

*V. australe* Small

*V. ashei* Reade

Autor Trehane (2004.) tvrdi kako su se vrste roda *Vaccinium* počele prikupljati i kultivirati u engleskim rasadnicima već krajem 18. stoljeća, kada su se ove biljke primarno koristile kao ukras u vrtovima, ponajviše zbog svojih dekorativnih cvjetova. Borovnica se tada još nije uspjela komercijalizirati, zbog neinformiranosti o optimalnim uvjetima za njen uzgoj. Biljke su bile posađene u alkalni medij te gnojene velikom količinom stajskog gnoja, što je suprotnost od idealnih uvjeta za njen uzgoj.

Nakon kreiranja novih, otpornijih sorata borovnice, komercijalna proizvodnja borovnice doživljava najveći uspon u periodu između 1995. i 2005. godine kada su se ukupne površine pod zasađenim borovnicama povećale za čak 90% (Zhao, 2007.), dok se ukupni urod najznačajnije povećao između 2010. i 2020. godine preko 150 % (FAOSTAT, 2022).

Od njezine komercijalizacije, glavni svjetski proizvođači uglavnom su isti; SAD, Kanada, Peru, Čile, Španjolska te Portugal.

### 2.1.2.Sorta

Iako je obična borovnica (*Vaccinium myrtillus* L.) izvorno porijeklom s europskog područja, većina komercijalnih sorti čak i na području Europe kreirana je križanjem sorti američke borovnice (*Vaccinium corymbosum*). Najraširenije su od ranih ('Duke', 'Patriot', 'Spartan', 'Collins') srednje ranih ('Bluecrop', 'Blueray', 'Legacy'), te 'Aurora', 'Elliot' i 'Jersey' od kasnih sorata (Volčević, 2008). Uzgoj borovnice u SAD-u je počeo 1893. godine, dok su u Hrvatskoj prvi nasadi američke borovnice posađeni 1964. godine. Borovnica se uglavnom susreće na antropogeniziranom tlu ili pripremljenom supstratu (Dujmović i sur., 2007).

Sorta 'Duke' porijeklom je iz SAD-a, kreirana je 1987. godine križanjem sorti Ivanhoe x Earliblue. Habitus u formi grma je širok i srednje jakog rasta. Plod je srednje veličine, čvrst te dobro podnosi transport i skladištenje. Među boljim je ranim sortama jer kasno cvjeta izbjegavajući proljetne mrazove, a rano plodonosi; od kraja lipnja do sredine srpnja (Weber, 2012).

Sorta 'Aurora' je među najnovije kreiranim sortama, dozrijeva kasno, od kraja srpnja do sredine kolovoza. Daje dobar prirod, velike i čvrste plodove vrlo pogodne za transport i skladištenje (Weber, 2012). Habitus u formi grma je visok, malo širi te s čvrstim izdancima. Dobro uspijeva u toplijim regijama, a plodovi su slatkog do blago kiselog okusa.

### 2.1.3. Botaničke karakteristike

Američka borovnica je višegodišnja drvenasta biljka. Listovi su cjeloviti, duguljasti ili lancetasti, rub im je cjelovit, a naličje prekriveno sitnim dlačicama. Cvate u proljeće bijelim zvonastim cvjetovima skupljenima u grzdove, koji nakon 60-90 dana zameću plodove; mesnate bobice tamnoplave boje s ostacima čaške na vrhu (Dujmović i sur., 2007). Kako navodi autor Volčević (2008.) bez obzira na samooplodnju borovnice uputno je u nasadu zasaditi više različitih sorata jer se tako omogućava veći prirod.

Korijen borovnice je tanak, vlaknast i jako razgranat, bez korijenovih dlačica. Optimalna temperatura za razvoj korijena je 14 – 18 °C, dok se ispod 8 °C značajno uspori (Ebert, 2008). Plod borovnice (Slika 2.1.3.1.) mesnat je i bez drvenastih vlakana što ga prema usplodu čini pravom bobom, a prema postanku je višeplođnički (sinkarpan). Raste i dopijeva, ovisno o sorti i agroklimatskim uvjetima, od 8 do 16 tjedana nakon oplodnje te ne sazrijeva istovremeno na istom grmu. Svakom berbom smanjuje se veličina ploda, pa je tako u prvoj berbi plod najveći, a u drugoj se veličina ploda smanjuje na 90 %, u trećoj na 85 %, a u zadnjoj na 70 %. Tipične aromatične tvari koje daju okus plodu nastaju tek na kraju faze sazrijevanja. Bjelkasti sloj na plodu (mašak) male su čestice voska koji ima značajnu zaštitnu ulogu; štiti od insolacije, gubitka vode i prodiranja patogenih mikroorganizama (Ebert, 2008).



Slika 2.1.3.1. Plod i list borovnice.

Izvor:

<https://www.diggers.com.au/products/blueberry-powder-blue> - pristup 1.9.2022.



Slika 2.1.3.2. Cvijet borovnice.

Izvor: <https://www.ediblewildfood.com/common-blueberry.aspx> - pristup 1.9.2022.

#### 2.1.4. Uvjeti uzgoja

Borovnica je biljka dugog dana, stoga je svjetlost važan faktor u uzgoju borovnice zbog razvoja vegetacije, diferencijacije cvjetnih pupova i dozrijevanja ploda (Nikolić i Milivojević, 2015). Cvjetni pupoljci stradavaju pri temperature nižoj od  $-6,1$  °C, a cvijet  $-3,1$  °C, čemu često prethodne proljetni mrazovi. Smrzavanje plodova se rijetko javlja zbog njihovog kasnog formiranja. Ljetne temperature iznad  $35-40$  °C su također nepoželjne jer mogu izazvati oštećenja i smanjenu kvalitetu ploda zbog povećane transpiracije (Nikolić i Milivojević, 2015). Prema autoru Miljković (1991.) optimalni uvjeti za uzgoj borovnice su kiselat tla (pH  $4,3 - 4,8$ ), a autor Volčević (2008.) navodi kako je optimalan pH tla u rasponu  $3,4 - 5,8$ . Svakako, borovnica je acidofilna biljka kojoj odgovara tlo kisele pH vrijednosti, vlažno, humozno i propusno lakšeg teksturnog sastava (pretežito pijesak i treset). Poželjno je i da se podzemna voda ne pojavljuje iznad dubine  $40 - 60$  cm ispod površine tla.

Zbog male dubine korijena borovnice su osjetljive na sušu. Optimalna količina padalina je  $600 - 1000$  mm godišnje, stoga je u sušnim periodima navodnjavanje neophodno (Kantoci, 2009). Prilikom uzgoja borovnice, kao i svake druge voćne vrste, neophodno je pažnju obratiti na agroklimatske čimbenike, kao što su količina insolacije, temperature, padaline, vlažnost u zraku te orografski položaj samog nasada, koji je idealan  $25-50$  ° sjeverne geografske širine (Mratinić, 2015). Količina insolacije vrlo je važan faktor u proizvodnji borovnice; izravno djeluje na diferencijaciju cvjetnih pupoljaka, samim time na rodnost, na kvalitetu ploda, razvijenost biljke te stvaranje asimilata. Autor Mratinić (2015.) također navodi kako je odgovarajuća temperatura neophodna za regulaciju biokemijskih procesa unutar same biljke. Naime, temperature u nasadu ne bi smjela biti niža od  $-6,1$  °C niti viša od  $35$  °C.

#### 2.1.5. Upotreba i nutritivna vrijednost

Plod kao glavni cilj uzgoja borovnice posjeduje dobre nutritivne (Tablica 2.1.5.1.), farmaceutske i tehnološke karakteristike, što ga čini zahvalnim za konzumaciju u svježem i sušenom obliku, zamrzavanje i preradu (Nikolić i Milivojević, 2015). Niske je energetske vrijednosti ( $60$  kcal/  $100$  g) (Nikolić i Milivojević, 2015.) te obiluje hranjivim i bioaktivnim komponentama kao što su flavonoidi, fenolne kiseline, vitamini (Tablica 2.1.5.2.) te minerali (Tablica 2.1.5.3.) (Nile i Park, 2014).



Tablica 2.1.5.1. Kemijski sastav na 100 g svježe borovnice.

Energija /kcal	61
Voda /g	85,48
Ugljikohidrati /g	12,31
Šećeri /g	6,46
Prehrambena vlakna /g	2,60
Proteini /g	1,22
Lipidi /g	0,76

Izvor: Soče (2019).

Tablica 2.1.5.2. Vitamini ploda na 100 g svježe borovnice.

Askorbinska kiselina (C) /mg	18,3
Niacin (B3) /mg	0,597
Riboflavin (B2) /mg	0,414
Pantotenska kiselina (B5) /mg	0,265
Tiamin (B1) /mg	0,067
Piridoksin (B6) /mg	0,026
Folati (B9) / $\mu$ g	33
Vitamin K / $\mu$ g	17,2
Vitamin A / $\mu$ g	6
Vitamin E / $\mu$ g	1,69

Izvor: Soče (2019).

Tablica 2.1.5.3. Minerali ploda na 100 g svježe borovnice.

Kalij /mg	75
Fosfor /mg	29
Kalcij /mg	13
Magnezij /mg	7
Natrij /mg	6
Mangan /mg	2
Željezo /mg	0,37
Cink /mg	0,20
Bakar /mg	0,03

Izvor: Soče (2019).

## 2.2. Alge i mikroalge

### 2.2.1. Karakteristike

Alge se prema klasifikaciji živih bića svrstavaju u carstvo Protista. Mogu biti građene od jedne ili više stanica, a nalazimo ih u morskom i slatkovodnom okolišu. Alge u moru pričvršćene su za dno (bentonske) ili žive slobodno (planktonske). Makroalge većinom su višestanični organizmi koji obitavaju pričvršćeni za podlogu, na dubini od najviše 200 m ispod površine vode. S obzirom na to da su fotosintetski organizmi, svjetlost im je ograničavajući faktor za razvoj. Zasluzne za proizvodnju više od polovice kisika u Zemljinoj atmosferi (Kučinar, 2016). Mikroalge su po sistemskej klasifikaciji prokariotski i eukariotski fotosintetski mikroorganizmi. Njihove stanice jednostavne su građe te se sastoje od stanične stijenke, membrane, bez oblikovane jezgrene ovojnice. Smatra se da postoje više od 2 milijarde godina što ih čini jednim od najstarijih živih bića na Zemlji. Prema veličini dijele se na mikrop plankton (20 – 1000  $\mu\text{m}$ ), nanoplankton (2 – 100  $\mu\text{m}$ ), ultraplankton (0,5 – 15  $\mu\text{m}$ ) i pikoplankton (0,2 – 2  $\mu\text{m}$ ). Najpoznatiji predstavnici industrijski značajnih prokariotskih mikroalgi su cijanobakterije (Cyanophyceae), a eukariotskih mikroalgi su bičaši (Euglenophyta), dijatomeje (Bacillariophita), zlatne mikroalge (Chrysophyceae) te neke zelene vrste mikroalgi (Chlorophyta i Bacillariophita). Cijanobakterije ili modrozelenе alge su prokariotski organizmi, koji su svojim karakteristikama bliski bakterijama te imaju važnu ulogu u vezanju atmosferskog dušika. Jednostavna stanična struktura mikroalgi osigurava brz i uspješan rast u nepovoljnim uvjetima, zbog čega su prisutne u raznolikim i ekstremnim ekosustavima; pustinje, termalnim izvorima te ispod leda Antartika. Do sada je taksonomski opisano preko 50 tisuća različitih vrsta mikroalgi, međutim njihov je broj daleko veći, a prema nekim izvorima seže i do 800 tisuća različitih, neklasificiranih vrsta mikroalgi (Phyox, pristupljeno 20.8.2022). Među najstarijim su fotoautotrofnim organizmima na Zemlji te su zadržale neka evolucijski primitivna obilježja kao što su prokariotski tip građe stanica, nepostojanje pokretnih oblika i vegetativni način razmnožavanja (Schopf i Walter, 1982). Mikroalge mogu imati fotoautotrofni, ftoheterotrofni, heterotrofni i miksotrofni tip metabolizma. Fotoautotrofni organizmi pretvaraju anorganski ugljik ( $\text{CO}_2$ ) i vodu u biomasu pomoću svjetlosti, heterotrofni organizmi usvajaju organski ugljik kojeg koriste za izvor energije, miksotrofne mikroalge sposobne su živjeti na svjetlu ili u tami te koristiti ugljik iz anorganskih ili organskih izvora, a ftoheterotrofne mikroalge ovisne su o svjetlosti i organskom ugljiku. Doprinijele su obogaćivanju atmosfere kisikom, što je bio preduvjet za razvoj viših organizama. Može ih se naći u slatkovodnim i morskim staništima, u tlu, uz neke biljne organizme, ali i u okolišu

ekstremnih uvjeta; pustinje, izvori termalne vode, ledenjaci, otvoreni oceani siromašni nutrijentima (Potts, 1999). Zbog mehanizama zaštite od stresnih uvjeta, sposobne su podnijeti brojne ekstremne uvjete kao što su ekstremno visoke i niske temperature, visok salinitet, nedostatak kisika, osmotski stres te fotooksidacija (Singh i sur., 2002). U obliku spora sposobne su dugo ostati zaštićene od stresa, gdje su zbog jednostavnosti stanične strukture u prednosti pred eukariotskim organizmima. Imaju plinske vakuole kojima reguliraju gustoću citoplazme i tako mijenjaju vertikalni položaj u stupcu vode. Promjenjiv okoliš ispraćen dugotrajnom evolucijom omogućio je prilagodbu na različite ekstremne ekološke uvjete i okolnosti preživljavanja (Plešić, 2016).

### 2.2.2. Potencijal u proizvodnji

Potencijal mikroalgi kao izvor vrijednih sirovina prepoznat je od davnina, i to prvenstveno kao hrana. No, napredak u kontekstu biotehnologije mikroalgi javio se tek polovicom 20. stoljeća. Velike količine mikroalgi, najviše cijanobakterija *Arthorospira (Spirulina)* te zelena alga *Chlorella*, uzgajaju se u cijelom svijetu radi proizvodnje dodatka prehrani. Njihova liofilizirana masa koristi se za proizvodnju dodatka prehrani u obliku tableta i kapsula. Osim u ljudskoj prehrani, koriste se i kao dodatak hranidbi za životinje radi povećanja nutritivne vrijednosti. Velika prednost *Spiruline* odlikuje se visokim sadržajem i dobrim omjerom bjelančevina te dostupnosti aminokiselina. Stanice mikroalgi izvor su i raznovrsnih polisaharida, mikroelemenata, vitamina i mnogih sekundarnih metabolita (Bosak, 2017). Dominantni oblik akumuliranog ugljika kod zelenih algi je škrob, a u nekim slučajevima i ulje (Ćevid, 2016). Mikroalge privlače pozornost kao sirovina visokog potencijala za proizvodnju biogoriva (Slika 2.2.2.1). Osim visokog sadržaja lipida i jednostavne proizvodnje, prednost mikroalgi je mogućnost pojačanja proizvodnje lipida u uvjetima stresa (Sikirić i sur., 2019). Obnovljivi su izvor bioaktivnih lipida s visokim udjelom nezasićenih masnih kiselina (Priyadarshani i Rath, 2012). Potencijalni su izvor brojnih bioaktivnih i energetske tvari kao što su polimeri, peptidi, masne kiseline, karotenoidi i steroli. Fotosintetska aktivnost im je visoka, zbog čega vrše brzi rast i sintezu biomase. Njihovi ugljikohidrati sirovina su za etanol i biovodik, lipidi za biodizel te proteini za biognojivo (Kim, 2015). Genetska manipulacija mikroalgi u svrhu povećanja količine korisnih i biološki aktivnih tvari se razmatra i razvija. U prilog tome ide njihova jednostavna građa zbog čega je njima lakše manipulirati nego višim biljkama. Nove tehnologije genetske manipulacije nad mikroalgama još se razvijaju, obzirom na evolucijske razlike između algi i ostalih organizama nad kojima se već provodi genetska

manipulacija (Pulz i Gross, 2004). Kako navodi autor Vadlja (2019.) mikroalge imaju mnogo potencijala kao izvori karotenoida, vitamina i fenola te kao prirodni antioksidansi mogu anulirati peroksidaciju lipida u hrani i poslužiti kao prirodni konzervansi. Sama proizvodnja mikroalgi jednostavna je, a uz minimalna ulaganja postižu se visoki prinosi. Mikroalge kao izvor biogoriva pripadaju trećoj generaciji biogoriva (kao i biovodik te biodizel). U velikoj su proizvodnoj prednosti pred drugim sirovinama, utoliko što za njihov uzgoj nije potrebna pitka voda, rastu 50-100 puta brže od konvencionalnih sirovina za biogoriva te sadržavaju do 30 puta više energije nego druge žitarice, primjerice soja, zasađene na istoj površini. Ovakvo je gorivo u potpunosti biorazgradivo te nema štetnih djelovanja na okoliš (Ćevid, 2016). Mikroalge mogu biti proizvedene u bioreaktorima otvorenog (Slika 2.2.2.1) i zatvorenog tipa (Slika 2.2.2.2) (Bosak, 2017).

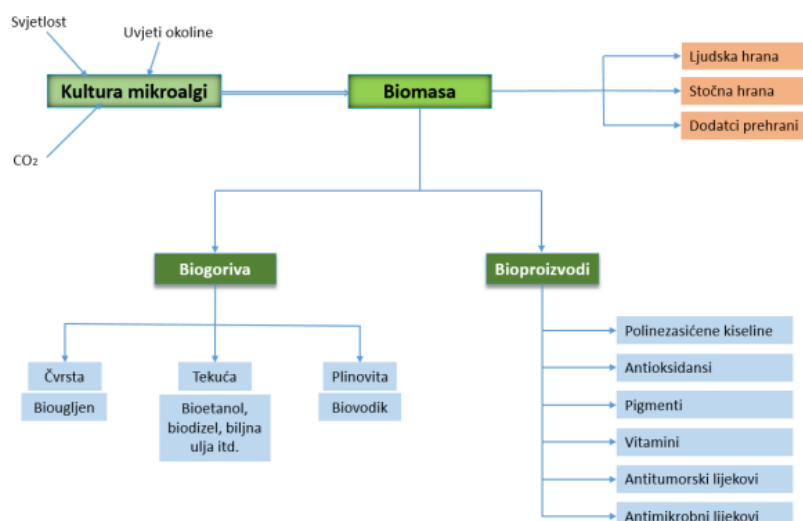


Slika 2.2.2.1. Bioreaktori otvorenog tipa.  
Izvor: Bosak (2017).



Slika 2.2.2.2. Zatvoreni fotobioreaktori.  
Izvor: Bosak (2017.)

Širok potencijal mikroalgi ide u prilog istraživanjima u području pronalaska alternativnih nutrijenata i biomolekula, koji se potencijalno mogu uvesti u proizvodnju funkcionalnih prehrambenih proizvoda (Milovanović, 2016).



Slika 2.2.2.1. Proizvodnja i upotreba mikroalgi.  
Izvor: Fiolić (2019).

### 2.2.3. Mikroalge u poljoprivredi

Mikroalge su izvor različitih bioprodukata, kao što su polisaharidi, lipidi, bjelančevine, pigmenti, vitamini i sekundarni metaboliti (Fiolić, 2019), zbog čega imaju velik potencijal za korištenje u poljoprivrednoj proizvodnji. Ekstrakcijom se iz mikroalgi mogu dobiti i određene bioaktivne molekule. Osim lipida za proizvodnju biogoriva, stanice mikroalgi također proizvode visokovrijedne omega-3 i omega-6 nezasićene masne kiseline, te fotosintetski i zaštitni pigmenti koji se koriste kao dodaci hrani i kozmetičkoj industriji (Bosak, 2017.) što ima potencijal i za korištenje u poljoprivrednoj proizvodnji.

Prema autoru Koprivnjak (2017.) primjena mikroalgi u poljoprivredi ima pozitivan utjecaj na fiziološke procese u biljci, klijavost polena, sintezu fitoaleksina te potiče apsorpciju hranjiva i razvoj korijena. Biostimulator na bazi morske alge *Ascophylum nordosum* Stackhouse primjenjivao se folijarno uz anorgansku prihranu; mikro elemenata (B, ZN, Si) i makro elemenata (N, K). Ciljana folijarna aplikacija poboljšala je dinamiku i distribuciju hraniva unutar stabla, čime se postigla ujednačenost vegetativnih i generativnih dijelova. Zatim, poboljšano je zamatanje plodova, funkcionalni rast i konzistenstnost do fenofaze zrenja. Navedena spomenuta gnojidba rezultirala je većim prirodom (Koprivnjak, 2017).

## 2.3.Mikrokapsule

### 2.3.1.Svojstva i proizvodnja mikrokapsula

Mikrokapsuliranje je proces u kojem se djelatne tvari u obliku sitnih kapljica ili čestica, u tekućem ili krutom stanju okružuju, odnosno oblože drugim materijalom ili slojem polimernog materijala (Bansode i sur., 2010). Uloga kapsule je zaštita djelatne tvari od okoline. Sama kapsula može biti veličine od jednog mikrometra do nekoliko milimetara. Sadržaj kapsule u okolinu dopijeva otapanjem, difuzijom ili taljenjem kroz ovojnici kapsule (Shekhar i sur., 2010). Mikrokapsule su najčešće sferičnog oblika (Slike 2.3.1. i 2.3.2.), no ovisno o materijalu ovojnice i metodi inkapsuliranja, forma mikrokapsula može biti i nepravilna (Petanjek, 2019). Prilikom izrade mikrokapsula koriste se biorazgradivi polimeri; netoksični su, povoljni te ih nalazimo u prirodi u dostatnim količinama. Najčešće korišteni biopolimeri za izradu mikrokapsula su polisaharidi kitozan i alginat, sintetizirani iz ljuski rakova ili poljoprivrednih sirovina. Odlikuju se sposobnošću formiranja mikrokapsula ionskim geliranjem (svojstvo geliranja polisaharida u vodenim otopinama uz prisustvo dvovalentnih i trovalentnih iona). Inkapsuliranjem dobivaju se mikročestice, a to je proces kojim se čvrsti, tekući ili plinoviti aktivni sastojci imobiliziraju u matrikse ili jezgre, koje kontinuirano otpuštaju sadržaj mikrokapsule (Butorac i sur., 2021). Kako navodi autor Petrović (2010.) izbor polimernog materijala koji se koristi kao ovojnica mikrokapsula ovisi o fizikalno-kemijskim karakteristikama tvari koja se inkapsulira, namjeni i veličini mikrokapsula te željenog mehanizma otpuštanja. Polimeri za proizvodnju biopolimernih formulacija mogu biti proteini (želatin, gluten, kazein), ugljikohidrati (škrob i njegovi derivati, arapska guma, ksantan, agar, dekstran, alginati, derivati celuloze), voskovi i lipidi (gliceridi palmitinske i stearinske masne kiseline, cetil-alkohol, pčelinji vosak) te sintetski polimeri (polivinil-alkohol, poliakrilna kiselina, polistiren, poliuretani i polisiloksani).



Slika 2.3.1. Struktura mikro kapsule.  
Izvor: Petanjek (2019.)



Slika 2.3.2. Mikro kapsule s mikroalgama.  
Izvor: Kovar (2021.)

### 2.3.2. Upotreba mikro kapsula

Biopolimerne formulacije raznih tvari koriste se u farmaceutskoj, prehrambenoj, tekstilnoj, kozmetičkoj i poljoprivrednoj proizvodnji. Osnovne prednosti inkapsuliranja tvari su pospješivanje fizikalno-kemijskih karakteristika aktivne tvari, UV zaštita, zaštita od topline i oksidacije, produženje djelovanja aktivne tvari, maskiranje okusa i mirisa, inaktivacija djelovanja enzima i mikroorganizama te korištenje tekućina kao krutina (Petanjek, 2019).

### 2.3.3. Mikro kapsule u poljoprivredi

Kada je riječ o poljoprivrednoj proizvodnji, primjena inkapsuliranih tvari relativno je nov način tretiranja te se njihov učinak još uvijek ispituje. Mikro kapsule su jedna od mogućih alternativa kao ekološki prihvatljivo sredstvo; počinju se upotrebljavati prilikom primjene sredstava za prihranu, čime se postiže kontinuirano otpuštanje, odnosno duži efekt prihrane. Tako se smanjuje broj tretiranja što usjevu osigurava bolje uvjete za rast (Vinceković i sur., 2016). Reducirani broj tretmana osigurava niže troškove proizvodnje. Za razliku od većine konvencionalnih sredstava za zaštitu i prihranu bilja, koja podrazumijevaju nužnu zaštitu korisnika prilikom tretiranja i poštivanje karence, primjena mikro kapsula sigurna je i jednostavna, što ih čini potencijalom za primjenu u ekološkoj i održivoj poljoprivrednoj proizvodnji (Vinceković i sur., 2017). Osim folijarno, biopolimerne formulacije u poljoprivredi mogu biti primijenjene u tlo te hidroponski. Folijarno promijenjene biopolimerne formulacije pričvršćuju se na list i tako omogućuju kontinuirano otpuštanje sredstva za prihranu.

Istraživanje Mamić (2020.) bavilo se primjenom biopolimernih mikrokapsula u hidroponskom uzgoju salate, gdje je tretman mikrokapsulama s kalcijem pokazao značajan utjecaj na sadržaj ukupnih klorofila, ukupnih polifenola i flavonoida te antioksidacijsku aktivnost. Biopolimerne formulacije sa sporama gljivice *Trichoderma viride* povećale su udio ukupnih polifenola i flavonoida.

Hernández-Montiel i sur. (2017.) proveli su istraživanje utjecaja biopolimernih formulacija natrijevog alginata s tri različita soja bakterije *Pseudomonas putida* na biljku rajčice. Navedena bakterija pripada skupini rizobakterija koje žive u zoni korijena biljaka te svojim metabolitima pospješuju njihov rast i razvoj. Vrsta *P. putida* povezuje se sa sintezom indol-3-octene kiseline, koji se javlja u biljnom organizmu kao glavni oblik hormona auksina, zaslužnog za razvoj kotiledona i korijena. Biljke inokulirane mikrokapsulama ispunjenih tekućom bakterijskom kulturom triju rizobakterija pokazale su značajne razlike na morfološkim parametrima i produktivnosti rajčice. Uočena je povećana visina habitusa za 13 %, veći promjer stabljike za 31 %, veći volumen biljke za 22 %, povećanje udjela suhe biomase ploda za 45 % te prinos plodova veći za 45 % u odnosu na netretirane biljke. Inkapsuliranje tekuće kulture bakterije *P. putida* pridonijelo je njihovoj zaštiti, postupnom oslobađanju i postojanosti kolonizacije na korijenu.

#### 2.3.4. Cink u poljoprivredi

Cink je jedan od esencijalnih mikroelemenata, kako u biljnom, tako i u ljudskom organizmu. Kod biljaka je neophodan za formiranje klorofila, ulazi u sastav mnogih enzima i biokemijskih procesa. Enzimi aktivirani cinkom sudjeluju u procesima kao što su sinteza proteina i formiranje polena (Marschner, 1995). Floemski tok biljke sadrži veliku količinu cinka gdje se nalazi u organskim spojevima visoke molekularne mase. Sudjeluje u metabolizmu ugljikohidrata kao aktivator dvaju važnih enzima; fruktoze-1,6-bifosfataze i aldolaze, koji su prisutni u citoplazmi i kloroplastima (Gluhčić, 2004). Uz fosfolipide održava strukturu stanične membrane. Deficit cinka može negativno utjecati i na kvalitetu ploda. Moguća je i smanjena rezistentnost na različite abiotske i biotske faktore (temperatura, svjetlost, suša, bolesti) zbog promjene kapaciteta apsorpcije vode. Takvi uvjeti mogu rezultirati plodom, odnosno hranom, sa smanjenim udjelom mikronutrijenata, što dugoročno ostavlja posljedice na zdravlje koji ju konzumiraju (Kesedžić, 2015). Usvajanje cinka iz tla u određenim uvjetima može biti otežano. Niska temperatura tla, suvišak fosfora i antagonizam s  $Mg^{2+}$  i  $Ca^{2+}$  kationima može usporiti apsorpciju  $Zn^{2+}$  iona iz tla. Čvrsto se veže na adsorpcijski kompleks tla te mu je koncentracija



u vodenoj fazi niska. Najčešći simptomi nedostatka cinka su inhibiran rast biljke i sitni listovi, što se javlja kao posljedica poremećaja u metabolizmu hormona rasta auksina (Gluhić, 2004). Zbog mogućeg otežanog usvajanja putem korijena, uputno ga je primijeniti folijarno, kada je učinkovitost njegovog usvajanja veća do 10 puta (Veber, 2005).

## 2.4.Folijarna prihrana

Uzimajući u obzir da voćke za rast i razvoj koriste velike količine hranjivih tvari iz tla, ishrana, kao jedna od najvažnijih agrotehničkih mjera voćarstva, ima glavnu svrhu održavanja dostatne količine i ravnoteže hraniva u tlu. Međutim, hraniva unesena u tlo u znatnoj se mjeri gube ili ispiru. Osim toga, ovisno o svojstvu tla, jedan dio hranjivih tvari iz gnojiva veže se (inaktivira) u oblike teško dostupne biljkama (Kantoci, 2012).

Sredstva za ishranu bilja mogu se primijeniti i folijarno, gdje se, umjesto u tlo, preparati primjenjuju prskanjem iznad biljke kako bi ih ona apsorbirala putem lišća, odnosno puči. Folijarna gnojidba podrazumijeva primjenu pripravaka raspršivanjem na lišće i stabljiku, koji potom apsorbiraju hranjive tvari unutar biljnog organizma. Koristi se kao sredstvo za dodatnu opskrbu manjih ili većih količina hranjivim tvarima, biljnim hormonima te stimulansima, u svrhu porasta prinosa, otpornosti na bolesti i štetočine, povećane tolerancije na sušu te poboljšane kvalitete usjeva. Osim navedenog, folijarna je gnojiva uputno primijeniti i u svrhu oporavka biljaka od oštećenja i stresa, uzrokovanih, primjerice, nepovoljnim vremenskim prilikama. Apsorpcija hranjivih tvari na ovaj je način 8 – 20 puta veća od apsorpcije hraniva iz tla putem korijena. Optimalno ishranjene biljke imaju bolju otpornost na bolesti i štetočine, a zagovornici folijarne ishrane smatraju je posebno učinkovitim sredstvom za poticanje razvoja prirodnog obrambenog mehanizma biljaka. Kako bismo pospješili učinak folijarne ishrane, neophodno je pridržavati se određenih smjernica; otopina folijarnih gnojiva treba biti sitno raspršena, primjena se ne bi smjela vršiti za vjetrovitog vremena te pri temperaturi iznad 25 °C, zbog zatvorenih puči na površini lista i otežanog prodiranja hraniva. Preporučuje se primjena kasno navečer ili u zoru, kada su temperature niske i vjetar minimalan. Apsorpcija je jača što je veća relativna vlaga zraka, stoga prisutnost rose na lišću olakšava apsorbiranje hraniva. Dodavanje površinski aktivne tvari u otopinu smanjuje površinsku napetost na listu i može povećati apsorpciju. (Kuepper, 2003).

Istraživanje provedeno 2017. godine u voćnjaku obiteljskog gospodarstva Branković u Kruševici (Brodsko-posavska županija) imalo je za cilj ispitati utjecaj folijarnih tretmana na morfologiju, odnosno vegetativni i generativni potencijal 'Oblačinske' višnje. Pokus je uključivao tretmane kombinacijom folijarnih gnojiva (N, K, Si, B, Zn) i ekstrakta algi, u tri odvojena ponavljanja (repeticije). Korištena folijarna gnojidba poboljšala je dinamiku i distribuciju hraniva unutar stabla, čime se postigla ujednačenost vegetativnih i generativnih dijelova. Kontrolirana i precizna gnojidba po fenofazama rezultirala je većim prinosom, unatoč stresnim uvjetima (Koprivnjak, 2017).

## 2.5. Sekundarni metaboliti

Sadržaj bioaktivnih komponenti u plodu borovnice ovisan je o mnogim čimbenicima, kao što su agroklimatski uvjeti, pomotehnički zahvati tijekom uzgoja, zrelost i dospelost ploda te okolnosti berbe, skladištenja i obrade (Đilas i sur., 2010).

Zapisi o konzumaciji plodova borovnice datiraju od razdoblja Srednjeg vijeka, što potvrđuje njihov prepoznat pozitivan utjecaj na ljudsko zdravlje. Mogu se konzumirati svježe, odnosno smrznute te kao takve sadržavaju najveću količinu nutrijenata. Nadalje, komercijalizirane su i kao sušene ili u obliku prerađevina; konzerve, sokovi i koncentri (Soče, 2019).

Brojna istraživanja dokazuju zdravstvene prednosti konzumacije, kako vrsta roda *Vaccinium*, tako i svog bobičastog voća. Dokazana su visoka antioksidativna svojstva zahvaljujući velikoj količini fenolnih spojeva (Soče, 2019). Antioksidativna svojstva pokazala su važnu ulogu i u očuvanju zdravlja kože, tako da neutraliziraju enzime koji uništavaju vezivno tkivo i otklanjaju slobodne radikale (Heal With Food – pristupljeno 1.8.2022.). Potvrđeni su i antibakterijski, antimutageni, antiinflamatorni i antikancerogeni učinci pojedinih aktivnih sastojaka borovnice (Landete, 2012). Povoljno utječu na održavanje zdravlja krvožilnog sustava i poboljšanje vida (Nabavi, 2018). Izvor su vitamina C, bioflavonoida, folne kiseline te minerala kao što su kalij, kalcij i željezo (Soče, 2019). Visok udio biljnih vlakana povoljno utječe na uravnoteženu probavu te tako smanjuje rizik od razvoja bolesti probavnog sustava (Dujmović i sur., 2007). Iako oni sami niti njihovi ekstrakti nisu komercijalizirani, listovi borovnice također sadrže visok udio fenolnih spojeva povoljnih za ljudsko zdravlje (Soče, 2019), što doprinosi zaštiti i oporavku same biljke prilikom stresnih uvjeta.

Iako mnoga istraživanja dokazuju povoljne zdravstvene učinke bioaktivnih tvari borovnice i dalje ima mnogo prostora za klinička ispitivanja njenih ekstrakata (Nabavi, 2018).

### 2.5.1. Polifenoli

Polifenoli su sekundarni metaboliti biljnih organizama mnogobrojnih uloga, kao što su osiguravanje rezistentnosti biljnog organizma na bolesti i patogene, poticanja rasta i razvoja tkiva, zaštite i oporavka biljke od UV zračenja, te naposljetku omogućavanje svojstvene boje, okusa i arome. Djelovanje im se bazira na sprječavanju nastanka slobodnih radikala, kako u biljnom, tako i u ljudskom organizmu putem prehrane. S obzirom na raznolikost spojeva klasifikacija im je veoma kompleksna. Broje nekoliko tisuća različitih kemijskih spojeva, čija struktura može biti jednostavna (hidroksimetilne kiseline i antocijani) ili kompleksna (složeni flavonoidi i tanini s jednim ili više hidroksiliranih benzenskih prstenova) (Kurtagić, 2017). Vezani su za procese fotosinteze, stoga su prisutni u namirnicama biljnog porijekla; voću, povrću, sjemenkama, cvijeću, čaju, kavi, vinu, medu i propolisu (Lachman i sur., 2010; Grotewold, 2006).

### 2.5.2. Flavonoidi

Flavonoidi su neizostavni dio ljudske prehrane, ali ih organizam ne može sintetizirati te se moraju unijeti putem hrane. Čine glavne obojene sastavnice cvjetova biljaka i plodova (Keller, 2009). Unutar biljnog organizma imaju brojne važne funkcije, kao što su transfer energije, sudjelovanje u sintezi hormona, utjecaj na respiraciju i fotosintezu te morfologiju i spol (Falcone i sur., 2012). Predmet su brojnih znanstvenih istraživanja čime se dokazao njihov antibakterijski, antifungalni, antivirusni te antitumorski učinak (Tapas i sur., 2008). Takva svojstva uvelike mogu zahvaliti sposobnosti doniranja vodikovih atoma, čime se uklanjaju slobodni radikali (Kukrić i sur., 2013). Znanstvena istraživanja kazuju kako je količina polifenola manja u zreлом plodu, osim kod onih crveno obojenih, pošto se flavonoidi i antocijani intenzivno sintetiziraju na kraju sazrijevanja (Macheix i sur., 1990). Flavonoidi u prehrani zaduženi su za pigmente, aromu, anulaciju oksidacije te zaštitu od deaktiviranja enzima i vitamina (Yao i sur., 2004). Najzastupljeniji flavonoidi jagodastih voćki su antocijani (Kurtagić, 2017).

### 2.5.3. Antocijani

Antocijani su oblik polifenolnih spojeva, javljaju se kao biljni pigmenti koji cvjetovima i voćnim plodovima omogućavaju karakteristično obojenje u crvenim, plavim ili ljubičastim nijansama. Nalaze se u stanicama epiderme cvijeta i ploda (Manach i sur., 2004).

Istraživanje Roopchand i sur. (2013.) dokazalo je kako su antocijani borovnice i drugi polifenoli povoljno utjecali na smanjenje hiperglikemije, tjelesne mase te akumulacije kolesterola.

### 2.5.4. Antioksidansi

Antioksidansi su spojevi koji sprječavaju djelovanje slobodnih radikala u biološkim sustavima, pri čemu oni sami ostaju stabilni (Reuben, 1998). Slobodni radikali su reaktivne molekule koje imaju jedan ili više nesparenih elektrona. Pri kontaktu s drugom molekulom, oduzimaju elektrone prilikom čega ona postaje slobodni radikal. Tako se stvara lančana oksidacijska reakcija koja može dovesti do oštećenja tkiva i molekule DNA. Njihova oksidacija povezana je sa starenjem i bolestima kao što su kancerogene i kardiovaskularne bolesti, neurodegenerativni poremećaji, dijabetes (Lu i Finkel, 2008). Istraživanjima je dokazano kako je prisutnost voća i povrća u prehrani od bitnog utjecaja na smanjenje rizika od razvoja navedenih bolesti (Wu i sur., 2004). Borovnica ima visok potencijal kao izvor fenolnih spojeva u prehrani ili farmaceutskoj industriji (Riihinen i sur., 2008).

### 3. Materijali i metode

#### 3.1. Postavljanje pokusa

Pokus je postavljen na nasadu borovnice tvrtke Fragaria d.o.o. u Velikoj Ludini (45°36'10.1"N 16°36'14.8"E) (Slika 3.1.)



Slika 3.1. Satelitska snimka nasada borovnice Fragaria d.o.o.  
Izvor: Google Maps – pristup 1.9.2022.

Pokus je postavljen prema metodi slučajnog bloknoeg rasporeda u četiri ponavljanja (Tablica 3.1.1). Svaki pokusni red bio je zastupljen s 20 biljaka borovnice (ukupno 80), a svaki je tretman proveden na 5 biljaka unutar svakog reda.

Tablica 3.1.1. Shema tretmana.

1.RED	Kontrola	Otopina mikroalgi	Kapsule sa cinkom	Kapsule sa cinkom i mikroalgama
2.RED	Kapsule sa cinkom i mikroalgama	Kapsule sa cinkom	Kontrola	Otopina mikroalgi
3.RED	Otopina mikroalgi	Kontrola	Kapsule sa cinkom i mikroalgama	Kapsule sa cinkom
4.RED	Kapsule sa cinkom	Kapsule sa cinkom i mikroalgama	Otopina mikroalgi	Kontrola

### 3.2. Određivanje broja stanica mikroalgi u uzorku pomoću Thomaove komorice

Prije inkapsuliranja otopine algi *Chlorella* (Slika 3.2.1.), određen je ukupni broj stanica mikroalgi u uzorku pomoću Thomaove komorice (Slika 3.2.3.) i elektronskog mikroskopa. Thomaova komorica vrsta je mikrobiološkog pribora koji se koristi za brojanje mikroorganizama kao što su stanice kvasca i spore plijesni, dok se u medicini (hemocitometar) koristi za brojanje primjerice, stanica eritrocita. Površina mrežice u komorici iznosi  $1 \text{ mm}^2$  te se sastoji od 16 velikih kvadrata ( $4 \times 4$ ), a svaki veliki kvadrat je podijeljen na 25 malih ( $5 \times 5$ ). Volumen tekućine (suspenzije) koji je zatvoren u komorici kada se na mrežicu nanese kap uzorka i poklopi pokrovnicom iznosi  $0,1 \text{ mm}^3$ . Zbog velikog broja stanica u uzorku, potrebno ga je prije brojanja razrijediti. Uzorak smo razrijedili 250 puta i pripremili preparat tako da pokrovnica čvrsto priligne na susjedna polja komorice, nema mjehurića zraka i na pokrovnici se pojave Newtonovi kolobari (Knapić, 2021). Preparat se potom mikroskopirao na elektronskom mikroskopu OLYMPUS BX60 (Slika 3.2.2.) pri povećanju od 400 x. Broj stanica u nerazrijeđenom uzorku iznosio je 47 milijuna / mL. Broj stanica mikroalgi izračunat je prema formuli (Faletar, 2012.):

$$N = 16 \times \frac{n(\text{prosjeak})}{10^{-4}} \times 1000 \times f$$

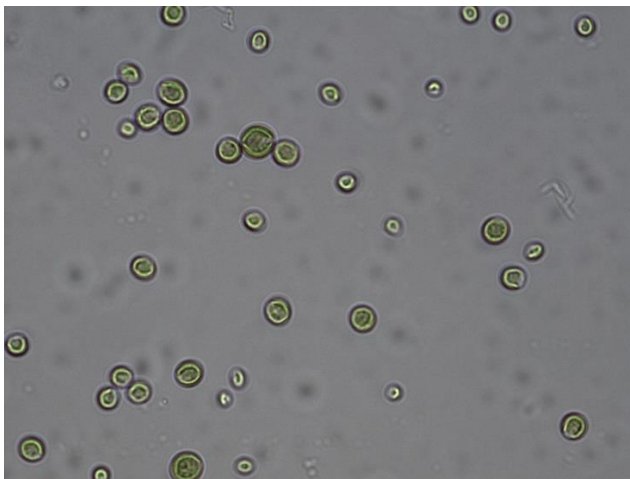
$N$  = broj stanica u mL suspenzije

16 = broj velikih kvadrata

$n$  (prosjeak) = srednji broj stanica u cijeloj mrežici

$10^{-4}$  = volumen komorice

$f$  = faktor razrijeđenja



Slika 3.2.1. Mikroskopirane stanice algi *Chlorella*

Izvor:

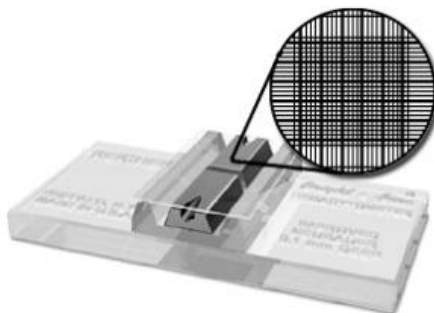
<https://www.napavalley.edu/people/srose/Pages/Biol220.aspx>

- pristupljeno 1.9.2022.



Slika 3.2.2. Elektronski mikroskop OLYMPUS BX60

Izvor: Kovar (2022.)

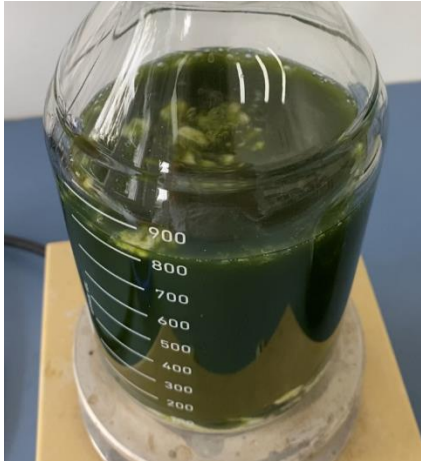


Slika 3.2.3. Thomaova komorica s ugraviranom kvadratnom mrežicom.  
Izvor: Faletar (2012).

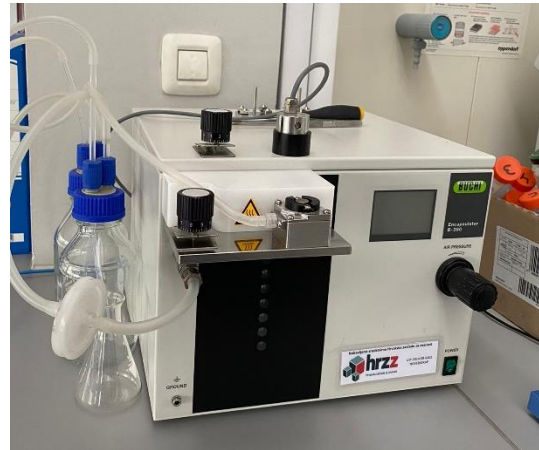
### 3.3.Priprema tretmana

Tretmani su pripremljeni u laboratoriju Zavoda za kemiju Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Kontrolni tretman je destilirana voda, drugi tretman je 10 %-tna otopina algi *Chlorella*, a preostala dva tretmana su dvije vrste mikrokapsula; mikrokapsule natrijevog alginata s cinkovim sulfatom  $ZnSO_4 \times 7H_2O$  i mikrokapsule natrijevog alginata s otopinom mikroalgi. Mikroalge *Chlorella* pripremljene su za kapsuliranje tako da su prvo dvostruko filtrirane kroz muslin platno, zatim dvostruko filtrirane grubim filter papirom preko Büchnerovog lijevka vakuum filtracijom, kako bi se odstranio talog i ostale čestice većih dimenzija. U otopinu mikroalgi se zatim stavio alginat 1,5 % i miješao na laboratorijskoj miješalici dok se ne homogenizira (Slika 3.3.1.). Otopina cinka za inkapsuliranje bila je koncentracije  $1 \text{ mol/dm}^3$ . Mikrokapsule su pripremljene tehnikom ionskog geliranja pri sobnoj temperaturi. Izrada mikrokapsula provedena je dokapavanjem otopine nosača aktivne tvari, natrijevog alginata inkapsulatorom Büchi-Encapsulator B-390 (BÜCHI Labortechnik AG, Švicarska) (Slika 3.3.2.) u otopinu kalcijevog klorida (1 %). Otopina natrijevog alginata propušta se kroz mlaznicu veličine 450 mikrometara pri frekvenciji vibracija od 290 Hz, amplitude 6 i tlaku od 70-90 mbar. Za svako je tretiranje bilo pripremljeno 200 mL tretmana po biljci, odnosno 4 L svakog tretmana. Mikrokapsule se stvaraju odmah te se miješaju magnetnom miješalicom 30 minuta kako bi se učvrstile. Nakon miješanja potrebno ih je procijediti kroz muslin i isprati destiliranom vodom da se ukloni višak kalcijevog klorida (Mamić, 2019).





Slika 3.3.1. Priprema otopine algi s alginatom za kapsuliranje.  
Izvor: Kovar (2021).



Slika 3.3.2. Büchi-Encapsulator B-390  
(BÜCHI Labortechnik AG)  
Izvor: Kovar (2022.)

### 3.4. Tretiranje

Svaka sorta je tretirana tri puta; 16. travnja, 11. svibnja i 1. lipnja 2021. godine. Tretiranje je provedeno folijarno (Slika 3.4.1.), ručnom tlačnom prskalicom te je po biljci je utrošeno oko 200 mL pripravka. Po biljci je utrošeno 10 g kapsula, dakle  $10 \times 80 = 800$  g po tretmanu (200 g po repetitiji). Otopina za aplikaciju pripremala se tako da se u kanister stavilo 800 g kapsula i 5.2 L destilirane vode, kako bi ukupno bilo 6 L sredstva za tretiranje. Dozer ručne tlačne prskalice je 3 L, što je bilo dostatno za 2 reda aplikacije, odnosno repetitije.

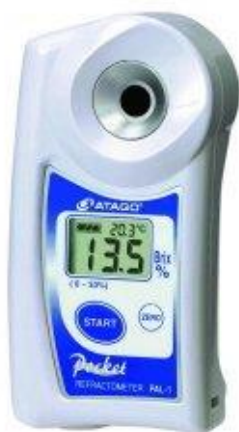


Slika 3.4.1. Folijarno primjenjene kapsule na listovima borovnice.  
Izvor: Kovar (2021.)

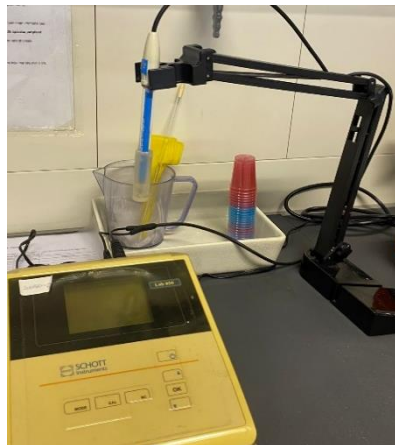
Berba dospelih plodova je provedena za sortu 'Duke' 21. i 28. lipnja te za sortu 'Aurora' 2. i 9. kolovoza 2021. godine. Za svaki je tretman, prilikom svake berbe, uzet prosječan uzorak od oko 500 grama. Uzorci su do analiza skladišteni u hladnjači Zavoda za Voćarstvo Agronomskog fakulteta.

### 3.5. Analiza plodova

Analiza ubranih plodova borovnice provodila se na Zavodu za Voćarstvo i Zavodu za Kemiju Agronomskog fakulteta. Prvo su provedene osnovne fizikalne i kemijske analize plodova i to mjerenje mase, topive suhe tvari, pH vrijednosti te ukupne kiseline, zatim kemijske – polifenoli, flavonoidi i antocijani. Na 100 grama plodova svake sorte obavljene su fizikalno-kemijske analize. Masa ploda utvrđena je na laboratorijskoj vagi i izražena u gramima (g). Količina topive suhe tvari utvrđena je na refraktometru Atago (Slika 3.5.1.) i izražena u °Brix. Vrijednost pH uvrđena je na pH metru SCHOTT Lab 850 (Slika 3.5.2.). Ukupne kiseline dobivene su pomoću titracije s NaOH 0,1 M na laboratorijskoj bireti.



Slika 3.5.1. Atago refraktometar  
Izvor: Agrolgistika (2022.)



Slika 3.5.2. Oprema za mjerenje pH.  
Izvor: Kovar (2022.)

Ukupni polifenoli određivali su se temeljem kolorimetrijske reakcije Folin-Ciocalteu reagensa s nekim reducirajućim reagensom (polifenolni spojevi). Folin-Ciocalteu reagens (smjesa fosfovolframove i fosfomolibden kiseline) reagira s fenoksid-ionom iz uzorka, uslijed čega dolazi oksidacije fonoksid-iona, a reagnes reducira do plavo obojenih volframovih i molibdenovih oksida. Nakon dva sata reakcije kada svi polifenolni spojevi izreagiraju s reagensom, spektrofotometrijski se odredi intenzitet apsorbancije nastalog plavog obojenja na 765 nm (Ough i Amerine, 1988.), pri čemu je intenzitet obojenja direktno proporcionalan udjelu polifenolnih spojeva u ispitivanom uzorku (Singleton i Rossi, 1965). Na osnovu izmjerenih

vrijednosti apsorbancija i poznatih vrijednosti galne kiseline, izrađuje se baždarni pravac prema čijoj jednadžbi se izračunava koncentracija ukupnih polifenola u uzorcima za izmjerene vrijednosti apsorbancija, a rezultati se izražavaju kao ekvivalenti galne kiseline (EGK) [mg EGK L<sup>-1</sup>].

Ukupni flavonoidi (Ivanova i sur. 2010.) određuju se također spektrofotometrijski. U odmjernu tikvicu od 10 mL koja sadrži 4 mL destilirane vode dodaje se 0.3 mL otopine NaNO<sub>2</sub> (0,5 g/L). Nakon 5 minuta dodano je 0.3 ml otopine AlCl<sub>3</sub> od 1 g/L, a 6 minuta kasnije u smjesu je dodano 2 mL NaOH (1 mol/L). Ukupni volumen uzorka iznosi 10 mL, uzorak je homogeniziran vorteksom i podvrgnut mjerenju apsorbancije na spektrofotometru pri valnoj duljini od 360 nm. Korišteni spektrofotometar je SHIMADZU UV-1900i (Slika 3.5.3.).



Slika 3.5.3. Spektrofotometar SHIMADZU UV-1900i i računalo za obradu, Zavod za Kemiju.  
Izvor: Kovar (2022.)

Statistička obrada i analiza podataka napravljena je u programu SPSS Statistics, verzija 24.0. Korištene su deskriptivne mjere (centralne tendencije i varijabiliteta) te inferencijalne statističke metode (Mann Whitney U test, Wilcoxon W test, Kruskal-Wallis jednosmjerna analiza varijance i Kolmogorov-Smirnov test normalnosti distribucija). Zaključci u vezi razlika i povezanosti među podacima donošeni su na nivou značajnosti od 95 %, uz razinu rizika 5 %. S obzirom na male uzorke, za provjeru svake hipoteze koristio se jedan od neparametrijskih statističkih postupka, iako Kolmogorov-Smirnov test ukazuje na normalnost distribucija rezultata u svim predmetima mjerenja s obzirom na sortu. Zavisne varijable u svakoj od analiza su predstavljale prosjek vrijednosti od 2 mjerenja (1. berba i 2. berba).

## 4.Rezultati i rasprava

### 4.1.Osnovne fizikalne i kemijske analize

Tablica 4.1.1. Osnovne fizikalne i kemijske analize sorte 'Duke'.

Analiza	Masa (1 plod/g)		'Duke'		pH		Kiseline (TAA) / %		
	1.berba	2.berba	Topiva suha tvar / °Brix	1.berba	2.berba	1.berba	2.berba	1.berba	2.berba
Tretman	1.berba	2.berba	1.berba	2.berba	1.berba	2.berba	1.berba	2.berba	
Kontrola	1,31	2,08	14,60	12,20	3,53	3,77	0,79	0,59	
Alge otopina	1,46	2,03	14,48	12,65	3,49	3,83	0,81	0,61	
Kapsule cink	1,31	1,99	14,30	12,53	3,49	3,75	0,84	0,58	
Kapsule alge i cink	1,46	1,85	14,28	12,15	3,61	3,81	0,83	0,61	

Tablica 4.1.2. Osnovne fizikalne i kemijske analize sorte 'Aurora'.

Analiza	Masa (1 plod/g)		'Aurora'		pH		Kiseline (TAA) / %		
	1.berba	2.berba	Topiva suha tvar / °Brix	1.berba	2.berba	1.berba	2.berba	1.berba	2.berba
Tretman	1.berba	2.berba	1.berba	2.berba	1.berba	2.berba	1.berba	2.berba	
Kontrola	1,93	1,47	13,65	12,68	3,27	3,23	0,97	0,87	
Alge otopina	1,80	1,47	13,83	12,45	3,29	3,28	1,06	0,97	
Kapsule cink	1,75	1,45	13,50	12,58	3,24	3,34	0,97	0,95	
Kapsule alge i cink	1,83	1,50	13,75	13,10	3,18	3,45	1,02	0,74	

#### 4.1.1.Usporedba sorata

Prema rezultatima analize varijance utvrđene su statistički opravdane razlike parametara između plodova sorata 'Duke' i 'Aurora'.

##### Masa ploda

Masa ploda (Tablice 4.1.1. i 4.1.2.) je jedno od najbitnijih pomoloških svojstava te je i sortno svojstvo (Trempetić, 2021.), a ovisno je o agroklimatskim uvjetima, pomotehničkim postupcima tijekom uzgoja te broju i poziciji plodova na biljci. Bitan je parametar kod određivanja veličine ploda (Gadže i sur., 2011). Autori Gündüz i sur. (2015). navode kako prosječna masa ploda sorte 'Aurora' iznosi 1,94 g, a sorte 'Duke' 1,71 g, stoga pretpostavka glasi kako će plodovi sorte 'Aurora' prosječno imati veću masu od plodova sorte 'Duke'. Mann

Whitney U test i Wilcoxon W testom je utvrđena statistički značajna razlika u masi između sorata 'Duke' i 'Aurora' (Tablica 4.1.1.1.) te se s 99 % sigurnosti može utvrditi kako plodovi sorte 'Aurora' imaju veću masu u odnosu na plodove sorte 'Duke'. Time je potvrđena pretpostavka, uz 1 % rizika.

Tablica 4.1.1.1. Prikaz statističkih analiza rezultata mase s obzirom na sortu.

Sorta	N	M	C	SD	U	W	p
'Aurora'	16	1,64	1,66	0,10			
'Duke'	16	1,39	1,43	0,15			
Ukupno	32				9,00	145,00	0,00**

Legenda: N-veličina uzorka; M – aritmetička sredina; C- medijana; SD- standardna devijacija; U- Mann Whitney U test; W- Wilcoxon W test; p- statistička značajnost

Napomena: \*\*  $p < 0,01$ ; \*  $p < 0,05$

#### Topiva suha tvar

Topiva suha tvar (Tablice 4.1.1. i 4.1.2.) sastoji se od šećernih i nešećernih komponenti, kao što su šećerni kristali, soli organskih kiselina i aminokiselina, pektina te fenolnih spojeva. Tijekom dozrijevanja i skladištenja plodova povećava se udio topive suhe tvari, a dobar je pokazatelj udjela šećera (Babojelić i sur., 2014). Od velikog je utjecaja na organoleptička svojstva ploda. Autori Gündüz i sur. (2015). navode kako prosječna količina topive suhe tvari u plodu sorte 'Aurora' iznosi 13,0, a sorte 'Duke' 12,5 °Brix, stoga je pretpostavka kako će plodovi sorte 'Aurora' prosječno imati veću količinu topive suhe tvari u odnosu na plodove sorte 'Duke'. Mann Whitney U test i Wilcoxon W testom (Tablica 4.1.1.2.) nije utvrđena statistički značajna razlika u količini topive suhe tvari u plodovima između sorata 'Duke' i 'Aurora' te se s 95 % sigurnosti može utvrditi kako nema razlike u količini topive suhe tvari u plodovima između sorata 'Duke' i 'Aurora'. Time je odbačena pretpostavka uz 5 % rizika.

Tablica 4.1.1.2. Prikaz statističkih analiza rezultata TSS s obzirom na sortu..

Sorta	N	M	C	SD	U	W	p
'Aurora'	16	13,16	13,03	0,82			
'Duke'	16	13,39	13,33	0,31			
Ukupno	32				160,00	296,00	0,24

Legenda: N-veličina uzorka; M – aritmetička sredina; C- medijana; SD- standardna devijacija; U- Mann Whitney U test; W- Wilcoxon W test; p- statistička značajnost

Napomena: \*\*  $p < 0,01$ ; \*  $p < 0,05$

### pH vrijednost

pH vrijednost otopine definira se kao suprotni logaritam aktiviteta vodikovih iona te kao takav predstavlja aktivnu koncentraciju H<sup>+</sup> iona (Dabić i Petrin, 2020). U kontekstu osnovnih analiza pH vrijednost nam pobliže definira kiselost analiziranog ploda (Tablice 4.1.1. i 4.1.2.). Autori Gündüz i sur. (2015.) navode kako prosječna pH vrijednost plodova sorte 'Aurora' iznosi 3,1, a sorte 'Duke' 3,3, stoga pretpostavljamo kako će uzorak plodova sorte 'Duke' imati statistički značajno višu pH vrijednost u odnosu na uzorak plodova sorte 'Aurora'. Mann Whitney U test i Wilcoxon W testom je utvrđena statistički značajna razlika u pH vrijednostima između plodova sorata 'Duke' i 'Aurora' (Tablica 4.1.1.3.). Može se utvrditi s 99 % sigurnosti da plodovi sorte 'Duke' imaju veću pH vrijednost u odnosu na plodove sorte 'Aurora'. Time je potvrđena pretpostavka, uz 1 % rizika.

Tablica 4.1.1.3. Prikaz statističkih analiza rezultata pH vrijednosti s obzirom na sortu.

Sorta	N	M	C	SD	U	W	p
'Aurora'	16	3,36	3,36	0,14			
'Duke'	16	3,67	3,69	0,07			
Ukupno	32				247,00	383,00	0,00**

Legenda: N-veličina uzorka; M – aritmetička sredina; C- medijana; SD- standardna devijacija; U- Mann Whitney U test; W- Wilcoxon W test; p- statistička značajnost

Napomena: \*\*  $p < 0,01$ ; \*  $p < 0,05$

### Ukupne kiseline

Ukupne kiseline plodu doprinose okusom i aromom te inhibiraju djelovanje mikroorganizama, odnosno kvarenje. Plodovi procesom dozrijevanja razgrađuju ukupne kiseline te akumuliraju šećere, što i dovodi do boljeg omjera kiselina i šećera, koji je bitno organoleptičko svojstvo te jedan od indikatora zrelosti ploda (Babojelić i sur., 2014). Rezultati ukupnih kiselina nalaze se u Tablicama 4.1.1. i 4.1.2. Prema autorima Gündüz i sur. (2015). prosječni udio kiselina plodova sorte 'Aurora' iznosi 1,7 %, a sorte 'Duke' 0,7 %, prema tome pretpostavljamo kako će uzorak plodova sorte 'Aurora' imati statistički značajno veći udio kiselina u odnosu na uzorak plodova sorte 'Duke'. Mann Whitney U test i Wilcoxon W testom je utvrđena statistički značajna razlika u količini kiselina između plodova sorata 'Aurora' i 'Duke' (Tablica 4.1.1.4.) te se može s 99 % sigurnosti utvrditi kako plodovi sorte 'Aurora' imaju veći udio kiselina u odnosu na plodove sorte 'Duke'. Time je potvrđena pretpostavka uz 1 % rizika.

Tablica 4.1.1.4. Prikaz statističkih analiza rezultata ukupnih kiselina s obzirom na sortu.

Sorta	N	M	C	SD	U	W	p
'Aurora'	16	0,93	0,92	0,18			
'Duke'	16	0,70	0,70	0,08			
Ukupno	32				23,00	159,00	0,00**

Legenda: N- veličina uzorka; M – aritmetička sredina; C- medijana; SD- standardna devijacija; U- Mann Whitney U test; W- Wilcoxon W test; p- statistička značajnost

Napomena: \*\*  $p < 0,01$ ; \*  $p < 0,05$

#### 4.1.2.Usporedba tretmana

##### Masa

Kruskal-Wallisovom jednosmjernom analizom varijance nije utvrđena statistički značajna razlika u masi plodova između tretmana te se s 95 % sigurnosti može utvrditi kako ne postoji razlika u masi plodova s obzirom na različite tretmane (Tablica 4.1.2.1.).

Tablica 4.1.2.1. Prikaz statističkih analiza rezultata mase s obzirom na vrstu tretmana.

Tretman	N	M	C	SD	H	p
Kontrolni	8	1,51	1,54	0,25		
Alge	8	1,53	1,50	0,12		
Zn	8	1,45	1,52	0,20		
Alge/Zn	8	1,56	1,59	0,13		
Ukupno	32				1,24	0,74

Legenda: N-veličina uzorka; M – aritmetička sredina; C- medijana; SD- standardna devijacija; H – Kruskal – Wallis test; p- statistička značajnost

Napomena: \*\*  $p < 0,01$ ; \*  $p < 0,05$

##### Topiva suha tvar

Kruskal – Wallisovom jednosmjernom analizom varijance nije utvrđena statistički značajna razlika u količini topive suhe tvari između tretmana te se s 95 % sigurnosti može utvrditi kako ne postoji razlika u količini topive suhe tvari s obzirom na različite tretmane (Tablica 4.1.2.2.).

Tablica 4.1.2.2. Prikaz statističkih analiza rezultata TSS s obzirom na vrstu tretmana.

Tretman	N	M	C	SD	H	p
<i>Kontrolni</i>	8	13,28	13,28	0,67		
<i>Alge</i>	8	13,29	13,48	0,75		
<i>Zn</i>	8	13,23	13,25	0,63		
<i>Alge/Zn</i>	8	13,32	13,28	0,55		
Ukupno	32				0,27	0,97

Legenda: N-veličina uzorka; M – aritmetička sredina; C- medijana; SD- standardna devijacija; H – Kruskal – Wallis test; p- statistička značajnost

Napomena: \*\*  $p < 0,01$ ; \*  $p < 0,05$

#### pH vrijednost

Kruskal – Wallisovom jednosmjernom analizom varijance nije utvrđena statistički značajna razlika u pH vrijednostima plodova između tretmana te se s 95 % sigurnosti može utvrditi kako ne postoji razlika u pH vrijednostima plodova s obzirom na različite tretmane (Tablica 4.1.2.3.).

Tablica 4.1.2.3. Prikaz statističkih analiza rezultata pH vrijednosti s obzirom na vrstu tretmana.

Tretman	N	M	C	SD	H	p
<i>Kontrolni</i>	8	3,51	3,51	0,22		
<i>Alge</i>	8	3,49	3,52	0,20		
<i>Zn</i>	8	3,51	3,53	0,20		
<i>Alge/Zn</i>	8	3,56	3,64	0,19		
Ukupno	32				0,43	0,93

Legenda: N-veličina uzorka; M – aritmetička sredina; C- medijana; SD- standardna devijacija; H – Kruskal – Wallis test; p- statistička značajnost

Napomena: \*\*  $p < 0,01$ ; \*  $p < 0,05$

#### Ukupne kiseline

Kruskal – Wallisovom jednosmjernom analizom varijance nije utvrđena statistički značajna razlika u količini kiselina u plodovima između tretmana te se s 95 % sigurnosti može utvrditi kako ne postoji razlika u količini kiselina u plodovima s obzirom na različite tretmane (Tablica 4.1.2.4.).



Tablica 4.1.2.4. Prikaz statističkih analiza rezultata ukupnih kiselina s obzirom na vrstu tretmana.

Tretman	N	M	C	SD	H	p
Kontrolni	8	0,80	0,80	0,17		
Alge	8	0,84	0,75	0,23		
Zn	8	0,84	0,76	0,19		
Alge/Zn	8	0,80	0,79	0,16		
Ukupno	32				0,23	0,97

Legenda: N-veličina uzorka; M – aritmetička sredina; C- medijana; SD- standardna devijacija; H – Kruskal – Wallis test; p- statistička značajnost

Napomena: \*\*  $p < 0,01$ ; \*  $p < 0,05$

## 4.2.Kemijske analize

Tablica 4.2.1. Kemijske analize sorte 'Duke'.

Analiza	'Duke'					
	Polifenoli mg EGK/100 g borovnica		Flavonoidi mg QE/100 g borovnica		Antocijani mg C3GE/100 g borovnica	
Tretman	1.berba	2.berba	1.berba	2.berba	1.berba	2.berba
Kontrola	293,82	183,23	205,63	136,61	136,59	69,74
Alge otopina	317,59	173,86	217,64	136,64	144,59	71,26
Kapsule cink	298,98	182,29	221,60	138,44	136,86	72,54
Kapsule alge i cink	288,01	167,11	209,39	126,83	139,02	65,54

Tablica 4.2.2. Kemijske analize sorte 'Aurora'.

Analiza	'Aurora'					
	Polifenoli mg EGK/100 g borovnica		Flavonoidi mg QE/100 g borovnica		Antocijani mg C3GE/100 g borovnica	
Tretman	1.berba	2.berba	1.berba	2.berba	1.berba	2.berba
Kontrola	276,52	248,50	184,73	190,75	70,94	66,78
Alge otopina	256,19	261,81	197,56	219,64	71,24	73,07
Kapsule cink	323,79	274,60	218,22	219,28	94,45	81,84
Kapsule alge i cink	326,30	305,52	229,08	222,41	95,66	91,38

#### 4.2.1. Usporedba sorata

Rezultati kemijskih analiza za polifenole, antocijane i flavonoide nalaze se u Tablicama 4.2.1. i 4.2.2. Prema autorima Dongnan i sur. (2017.) prosječna količina polifenola u plodovima sorte 'Duke' iznosi 380 mg/100 g plodova. Mann Whitney U test i Wilcoxon W testom je utvrđena statistički značajna razlika u količini polifenola u plodovima između sorata 'Aurora' i 'Duke' te se s 99 % sigurnosti može utvrditi kako plodovi sorte 'Aurora' imaju veću količinu polifenola u odnosu na plodove sorte 'Duke', uz 1 % rizika (Tablica 4.2.1.1.).

Tablica 4.2.1.1. Prikaz statističkih analiza rezultata zasićenosti polifenolima s obzirom na sortu.

Sorta	N	M	C	SD	U	W	p
'Aurora'	16	286,88	286,05	29,15			
'Duke'	16	237,99	240,85	30,56			
Ukupno	32				30,00	166,00	0,00**

Legenda: N-veličina uzorka; M – aritmetička sredina; C- medijana; SD- standardna devijacija; U- Mann Whitney U test; W- Wilcoxon W test; p- statistička značajnost

Napomena: \*\*  $p < 0,01$ ; \*  $p < 0,05$

Prema autorima Dongnan i sur. (2017.) prosječna količina flavonoida u plodovima sorte 'Duke' iznosi 220 mg/100 g plodova. Mann Whitney U test i Wilcoxon W testom je utvrđena statistički značajna razlika u količini flavonoida u plodovima između sorata 'Aurora' i 'Duke' te se s 99 % sigurnosti može utvrditi kako plodovi sorte 'Aurora' imaju veću količinu flavonoida, u odnosu na plodove sorte 'Duke', uz 1 % rizika (Tablica 4.2.1.2.).

Tablica 4.2.1.2. Prikaz statističkih analiza rezultata flavonoida s obzirom na sortu.

Sorta	N	M	C	SD	U	W	p
'Aurora'	16	212,74	206,69	27,31			
'Duke'	16	174,10	174,34	16,64			
Ukupno	32				21,00	157,00	0,00**

Legenda: N-veličina uzorka; M – aritmetička sredina; C- medijana; SD- standardna devijacija; U- Mann Whitney U test; W- Wilcoxon W test; p- statistička značajnost

Napomena: \*\*  $p < 0,01$ ; \*  $p < 0,05$

Mann Whitney U test i Wilcoxon W testom je utvrđena statistički značajna razlika u količini antocijana u plodovima između sorata 'Aurora' i 'Duke' te se s 99 % sigurnosti može utvrditi kako plodovi sorte 'Duke' imaju veću količinu antocijana u odnosu na plodove sorte 'Aurora' sorte, uz 1 % rizika (Tablica 4.2.1.3.).

Tablica 4.2.1.3. Prikaz statističkih analiza rezultata antocijana s obzirom na sortu.

Sorta	N	M	C	SD	U	W	p
<i>Aurora</i>	16	82,22	77,79	13,26			
<i>Duke</i>	16	104,54	105,16	15,69			
Ukupno	32				31,00	167,00	0,00**

Legenda: N-veličina uzorka; M – aritmetička sredina; C- medijana; SD- standardna devijacija; U- Mann Whitney U test; W- Wilcoxon W test; p- statistička značajnost

Napomena: \*\*  $p < 0,01$ ; \*  $p < 0,05$

#### 4.2.2.Usporedba tretmana

##### Polifenoli

Autor Jakobek (2007.) navodi kako je količina ukupnih polifenola u plodu borovnice iznosila 618.0 mg/100 g, dok je količina ukupnih polifenola u našoj analizi iznosila 174.10 mg/100 g, odnosno 210.21 mg/100 g.

Kruskal – Wallisovom jednosmjernom analizom varijance nije utvrđena statistički značajna razlika u količini polifenola u plodovima između tretmana te se s 95 % sigurnosti može utvrditi kako ne postoji razlika u količini polifenola s obzirom na različite tretmane (Tablica 4.2.2.1.). Iako su sami rezultati pokazali neke različitosti (tretmani kapsulama s cinkom i mikroalgama kod sorte 'Aurora'), sam uzorak nije bio dovoljno velik kako bi se statističkom analizom dokazale signifikantne razlike.

Tablica 4.2.2.1. Prikaz statističkih analiza rezultata polifenola s obzirom na vrstu tretmana.

Tretman	N	M	C	SD	H	p
<i>Kontrolni</i>	8	250,27	243,58	30,12		
<i>Alge</i>	8	259,84	264,83	34,02		
<i>Zn</i>	8	269,91	273,10	35,73		
<i>Alge/Zn</i>	8	269,72	264,78	53,97		
Ukupno	32				1,55	0,67

Legenda: N-veličina uzorka; M – aritmetička sredina; C- medijana; SD- standardna devijacija; H – Kruskal – Wallis test; p- statistička značajnost. Napomena: \*\*  $p < 0,01$ ; \*  $p < 0,05$

### Flavonoidi

Autor Jakobek (2007.) navodi kako je količina ukupnih flavonoida u plodu borovnice iznosila 18.29 mg/100 g, dok je količina ukupnih flavonoida u našoj analizi iznosila 238.11, odnosno 210.21 mg/100 g.

Kruskal – Wallisovom jednosmjernom analizom varijance nije utvrđena statistički značajna razlika u količini flavonoida u plodovima između tretmana te se s 95 % sigurnosti može utvrditi kako ne postoji razlika u količini flavonoida s obzirom na različite tretmane (Tablica 4.2.2.2.).

Tablica 4.2.2.2. Prikaz statističkih analiza rezultata flavanoida s obzirom na vrstu tretmana.

Tretman	N	M	C	SD	H	p
<i>Kontrolni</i>	8	179,47	176,86	18,19		
<i>Alge</i>	8	197,77	195,98	36,50		
<i>Zn</i>	8	199,46	196,57	22,89		
<i>Alge/Zn</i>	8	196,98	191,08	37,58		
Ukupno	32				2,99	0,39

Legenda: N-veličina uzorka; M – aritmetička sredina; C- medijana; SD- standardna devijacija; H – Kruskal – Wallis test; p- statistička značajnost

Napomena: \*\*  $p < 0,01$ ; \*  $p < 0,05$

### Antocijani

Autor Jakobek (2007.) navodi kako je količina antocijana u plodu borovnice iznosila 406.90 mg/100 g  $\pm$  12.9, dok je količina antocijana u našoj analizi iznosila 104.52 mg/100 g, odnosno 80.67 mg/100 g. Kruskal – Wallisovom jednosmjernom analizom varijance nije utvrđena statistički značajna razlika u količini antocijana u plodovima između tretmana te se s 95 % sigurnosti može utvrditi kako ne postoji razlika u količini antocijana s obzirom na različite tretmane (Tablica 4.2.2.3.).

Iako su sami rezultati pokazali neke različitosti (tretmani kapsulama sa cinkom te kapsulama sa cinkom i mikroalgama kod sorte 'Aurora'), sam uzorak nije bio dovoljno velik kako bi se statističkom analizom dokazale signifikantne razlike.

Tablica 4.2.2.3. Prikaz statističkih analiza rezultata antocijana s obzirom na vrstu tretmana.

Tretman	N	<i>M</i>	<i>C</i>	<i>SD</i>	<i>H</i>	<i>p</i>
<i>Kontrolni</i>	8	86,01	80,60	22,75		
<i>Alge</i>	8	91,13	81,15	24,51		
<i>Zn</i>	8	96,42	93,84	11,72		
<i>Alge/Zn</i>	8	97,93	97,71	13,02		
Ukupno	32				2,79	0,43

Legenda: N-veličina uzorka; *M* – aritmetička sredina; *C*- medijana; *SD*- standardna devijacija; *H* – Kruskal – Wallis test; *p*- statistička značajnost

Napomena: \*\*  $p < 0,01$ ; \*  $p < 0,05$

## 5. Zaključak

Borovnica je sve popularnija namirnica zbog povoljnih nutritivnih karakteristika. Posjeduje brojna pozitivna nutritivna i farmakološka svojstva, kao što su visok udio vitamina, minerala te sekundarnih metabolita; polifenola i antioksidansa. Prisutnost sekundarnih metabolita u prehrani doprinosi normalnom funkcioniranju organizma, umanjujući šansu od oksidacijskih procesa i razvoja mnogobrojnih bolesti.

Zbog onečišćenja okoliša i prekomjerne upotrebe sintetskih sredstava za zaštitu i prihranu koja ostavljaju dugotrajne posljedice na okoliš, istražuju se ekološki prihvatljiva sredstva. Preparati na bazi mikroalgi su jedno od mogućih rješenja. Mikroalge su male energetske tvornice; njihova sposobnost za sintezu mnogih bioaktivnih i energetskih tvari može se koristiti, osim u ljudskoj prehrani i za ishranu bilja. Biljka koja je optimalno ishranjena i opskrbljena nutrijentima sposobna je obraniti se od stresnih uvjeta i nepovoljnih abiotskih i biotskih čimbenika. Osim navedenog, povećani udio vitamina, minerala i sekundarnih metabolita u biljci poboljšava njezin nutritivni sastav, čineći je pogodnijom za ljudsku konzumaciju.

Sredstva za prihranu mogu biti primjenjena u tlo (supstrat) ili folijarno. Folijarna prihrana sve je češći način ishrane bilja zbog veće iskoristivosti, brže apsorpcije te samim time i bolje isplativosti proizvodnje. Folijarno se mogu primijeniti otopine, ali i biopolimerne formulacije, čija je glavna prednost zaštita aktivnih tvari od direktnog i trenutnog kontakta s okolišem. Sredstva unutar mikrokapsula kontinuirano i kontrolirano se otpuštaju u okoliš te se na taj način osigurava kontinuirana umjesto trenutna zaštita, kroz duži vremenski period. Mikrokapsule primijenjene folijarno pričvršćuju se na površinu naličja lista te se kroz određeni period otpušta inkapsulirani sadržaj, kojeg biljka apsorbira folijarno.

Rezultati ovog istraživanja pokazali su povećan udio ukupnih polifenola i povećan udio antocijana unutar ploda borovnice sorte 'Aurora' folijarno tretiranih biopolimernim formulacijama s otopinom cinkovog sulfata  $ZnSO_4 \times 7H_2O$  i folijarno tretiranih biopolimernim formulacijama s otopinom mikroalge *Chlorella*. Iako su rezultati pokazali različitosti, sam uzorak nije bio dovoljno velik kako bi se statističkom analizom dokazale signifikantne razlike. Provedeno istraživanje otvara potencijal za dodatna ispitivanja biopolimernih formulacija mikroalgi u kontekstu preparata za prihranu bilja. Iako nedovoljno istražene, posjeduju velik potencijal za primjenu u održivoj i ekološkoj poljoprivrednoj proizvodnji.

## 6.Literatura

1. Babojelić S. M., Korent P., Šindrak Z., Jemrić T. (2014). Pomološka svojstva i kakvoća ploda tradicionalnih sorata jabuka. *Glasnik zaštite bilja*. 37 (3): 20-27.
2. Bansode S. S., Banarjee S. K., Gaikwad D. D., Jadhav S. L., Thorat R. M. (2010). Microencapsulation: A Review, *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research*. 2 (1): 38-43.
3. Bosak S. (2017). Mikroalge. *Priroda*. 17 (1-2): 31-36.
4. Butorac J., Budimir A., Vinceković M., Papac M., Ljubičić K., Jelak L., Pospišil M., Viskić M. (2021). Procjena agronomskih svojstava duhana tipa burley pri prihrani mikrokapsulama s dušikom. *Journal of Central European Agriculture*. 22 (4): 816-829.
5. Čevid I. (2016). Proizvodnja biogoriva iz mikroalgi. Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Zagreb.
6. Dabić D., Petrin D. (2020). Puferi u nastavi. I. Mjerenje vrijednosti pH i osnove teorije pufera. *Kemija u nastavi* 69 (3-4): 183-194.
7. Dongnan L., Bin L., Yan M., Xiyun S., Yang L., Xianjun M. (2017). Polyphenols, anthocyanins, and flavonoids contents and the antioxidant capacity of various cultivars of highbush and half-high blueberries. *Journal of Food Composition and Analysis* 62: 84-93. Science Direct.
8. Dujmović Purgar D., Šindrak Z., Mihelj D., Voća S., Duralija B. (2007). Rasprostranjenost roda *Vaccinium* u Hrvatskoj. *Pomologia Croatica*. 13 (4): 219-228.
9. Đilas S., Čanadanović-Brunet J., Tumbas V., Četković G. (2010). Biološka aktivnost bobičastog voća: plenarno predavanje. *Glasnik hemičara, tehnologa i ekologa Republike Srpske*. 4: 1-11.
10. Ebert G. (2008). Uzgoj borovnica i brusnica. ITD Gaudeamus, Požega.
11. Falcone F. M., Sebastián P. R., Casati P. (2012). Flavonoids: biosintesis, biological functions, and biological applications. *Frontiers in Plant Science* 3 (222): 1-15.
12. Faletar P. (2012). Regeneracija koenzima NAD<sup>+</sup> u mikroreaktoru cijelim permabiliziranim stanicama pekarskog kvasca. Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Zagreb.
13. Fiolić T. (2019). Sinteza zeolita u prisutnosti algi *Chlorella vulgaris* i *Dunaliella tertiolecta*. Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Zagreb.
14. Gadže J., Čmelik Z., Kaštelanac D. (2011). Pomološke i kemijske osobine introduciranih sorata šljive (*Prunus domestica* L.). *Pomologia Croatica* 17 (3-4).
15. Gluhić D. (2004). Važnost cinka u gnojdbi kukuruza. *Glasnik zaštite bilja*. 27 (3): 45-55.

16. Grotewold E. (2006). The genetics and biochemistry of floral pigments. *Annual Review of Plant Biology*. 57: 761-780.
17. Gündüz K., Serçe S., Hancock J. F. (2015). Variation among highbush and rabbiteye cultivars of blueberry for fruit quality and phytochemical characteristics. *Journal of Food Composition and Analysis*. Science Direct. 38: 69-79.
18. Hernández-Montiel G., Chiquito Contreras C., Murillo Amador B., Vidal Hernández L., Quiñones Aguilar E., Chiquito Contreras R. (2017). Efficiency of two inoculation methods of *Pseudomonas putida* on growth and yield of tomato plants. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. 17 (4): 1003-1012.
19. Kantoci D. (2009). Uzgoj borovnice. *Glasnik zaštite bilja* 09 (6): 30-37.
20. Kantoci D. (2012). Gnojenje voćaka. *Glasnik Zaštite Bilja* 35: 40-45.
21. Keller R. B. (2009). *Flavonoidas, Byosintesis, biological effects and Dethary sources*. Nova Science Publishers. New York.
22. Kesedžić M. (2015). Utjecaj razine poliploidije na akumulaciju cinka u zrno vrsta roda *Triticum*. Poljoprivredni fakultet, Osijek.
23. Kim S. (2015). *Handbook of Marine Microalgae Biotechnology Advances*. Academic press, New York.
24. Knapić S. (2021). Utjecaj odabranih sojeva kvasaca na rast toksikotvornih plijesni. Prehrambeno-biotehnoški fakultet, Zagreb.
25. Koprivnjak M. (2017.) Utjecaj folijarnih tretmana na morfologiju i pomološke karakteristike ploda 'Oblačinske' višnje (*Prunus cerasus* L.). Poljoprivredni fakultet, Osijek.
26. Kučinar I. (2016). Raznolikost makroalgi u koraligenskoj zajednici istočnog Jadrana. Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb.
27. Kuepper G. (2003). *Foliar Fertilization. Appropriate Technology Transfer for Rural Areas*. Washington, DC.
28. Kukrić Z., Jašić M., Samelak I. (2013). Biohemija hrane - biološki aktivne komponente. Tehnološki fakultet, Banja Luka.
29. Kurtagić H. (2017). Polifenoli i flavonoidi u medu. *Hrana u zdravlju i bolesti* 6 (1): 28-35.
30. Lachman J., Orsac M., Hejtmankova A., Kovarova E. (2010). Evaluation of antioxidant activity and total phenolic of selected Czech honeys. *LWT-Food Science and Technology* 43 (1): 52-58.
31. Landete J. M. (2012). Updated Knowledge about Polyphenols: Functions, Bioavailability, Metabolism, and Health. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 52 (10): 936-948.



32. Lu T., Finkel T. (2008). Free radicals and senescence. *Experimental Cell Research*. 314 (9): 1918-1922.
33. Macheix J. J., Fleuriet A., Billot J. (1990). *Fruit Phenolics*. CRC Press, Boca Raton.
34. Mamić K. (2019). Primjena biopolimernih mikrokapsula u hidroponskom uzgoju salate. Agronomski fakultet, Zagreb.
35. Manach C., Scalbert A., Morand C., Rémésy C., Jiménez L. (2004). Polyphenols: food sources and bioavailability. *American Journal of Clinical Nutrition* 79 (5): 727-747.
36. Marschner H. (1995). *Mineral nutrition of higher plants*. Academic Press, London.
37. Miličević T., Runje S., Kaliterna J. (2012). Važnije bolesti borovnica. *Glasilo biljne zaštite* 12(6): 486-490.
38. Milovanović I. (2016). Potencijal cijanobakterija u formulaciji prehrambenih proizvoda sa dodatkom vrednošću. Tehnološki fakultet, Novi Sad.
39. Miljković I. (1991). *Suvremeno voćarstvo*. Znanje, Zagreb.
40. Mratinić E. (2015). *Borovnica i brusnica*. Partenon, Beograd.
41. Nabavi S. M., Silva A. S. (2018). *Nonvitamin and Nonmineral Nutritional Supplements*, Academic Press, Cambridge.
42. Nikolić M., Milivojević J. (2015). Jagodaste voćke – tehnologija gajenja. Poljoprivredni fakultet, Beograd.
43. Nile S. H., Park S. W. (2014). Edible berries: Bioactive components and their effect on human health. *Nutrition. Science Direct*. 30 (2): 134-144.
44. Ough C.S., Amerine M.A. (1988). *Methods Analysis of Musts and Wines*. John Wiley and Sons, New York.
45. Petanjek J. (2019). Mikrokapsuliranje djelatne tvari polimerima. Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Zagreb.
46. Petrović L. (2010). Dobijanje ekstrakta nevena (*Calendula officinalis* L.) ugljen dioksidom pod pritiskom i njegovo mikrokapsuliranje u sistemu polimer–površinski aktivna materija. Tehnološki fakultet, Novi Sad.
47. Plešić M. (2016). Cijanobakterije kao ubikvisti. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera, Odjel za biologiju, Osijek.
48. Potts M. (1999). Mechanisms of desiccation tolerance in cyanobacteria. *European Journal of Phycology*. 34: 319-328.
49. Priyadarshani I., Rath B. (2012). Commercial and industrial applications of micro algae – A review. *Journal of Algal Biomass Utilization*. 3 (4) 89-100.

50. Pulz O., Gross W. (2004). Valuable products from biotechnology of microalgae. *Appl Microbiol Biotechnol*, 65 (6): 635-648.
51. Reuben C. (1998). *Antioksidansi: Cjeloviti vodič*. Izvori, Zagreb.
52. Riihinen K., Jaakola L., Kärenlampi S., Hohtola A. (2008). Organ-specific distribution of phenolic compounds in bilberry (*Vaccinium myrtillus*) and 'northblue' blueberry (*Vaccinium corymbosum* x *V. angustifolium*). *Food Chem.* 110 (1): 156-160.
53. Roopchand E. D., Kuhn P., Rojo E. L., Lila M. A., Raskin I. (2013). Blueberry polyphenol-enriched soybean flour reduces hyperglycemia, body weight gain and serum cholesterol in mice. *Pharmacological Research* 68 (1): 59-67.
54. Schopf J.W., Walter M.R. (1982). Origin and early evolution of cyanobacteria: The geological evidence. In *The Biology of Cyanobacteria*. Oxford: Blackwell Scientific Publications. 543-564.
55. Shekhar K., Naga Madhu M., Pradeep B., Banji D. (2010). A review on Microencapsulation, *International Journal of Pharmaceutical Sciences*. 5 (2): 58-62.
56. Sikirić D. M., Galić M., Čižmek L., Babić S., Selmani A., Vadlja D., Perović S. I., Topić P. N., Rakovac Č. I. (2019). Nanoselenium regulated growth and lipid production of *Dunaliella tertiolecta*-increasing microalgal potential for biofuel production. *World Aquaculture Society*. 82-82.
57. Singh S.C., Sinha R.P., Häder D.P. (2002). Role of Lipids and Fatty Acids in Stress Tolerance in Cyanobacteria. *Acta Protozool.* 41: 297-308.
58. Singleton V. Rossi J. (1965). Colorimetry of Total Phenolic Compounds with Phosphomolybdic-Phosphotungstic Acid Reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16: 144-158.
59. Soče M. (2019). *Antioksidacijska aktivnost divlje borovnice (Vaccinium myrtillus L.)*. Prehrambeno-biotehnološki fakultet, Zagreb.
60. Tapas A. R., Sakarkar D. M., Kakde R. B. (2008). Flavonoids as nutraceuticals. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research* 7 (3): 1089-1099.
61. Trehane J. (2004). *Blueberries, Cranberries and Other Vacciniums*. Timber Press, Portland, Oregon, SAD.
62. Trempetić G. (2021). *Pomološka i fizikalno-kemijska svojstva ploda kruške sorte 'Tepka'*. Agronomski fakultet, Zagreb.
63. Vadlja D., Topić P. N., Perović S. I., Rakovac Č. I., Rozelindra. (2019). Optimal extraction methods for best antioxidant yield in microalgae from different origin. *Aquaculture Europe*. 1553-1554.

64. Veber G. (2005). Folijarna ishrana vinove loze. Glasnik zaštite bilja. 28 (6): 55-63.
65. Veillette, M., Chamoumi, M., Nikiema, J., Faucheux, N., Heitz, M. (2012). Production of Biodiesel from Microalgae. *Advances in Chemical Engineering*, 10: 245-260.
66. Vinceković M., Jalšenjak N., Topolovec-Pintarić S., Đermić E., Bujan M., Jurić S. (2016). Encapsulation of biological and chemical agents for plant nutrition and protection: citosan/alginate microcapsules loaded with copper cations and *Trichoderma viride*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 64 (43): 8073-8083.
67. Vinceković M., Jurić S., Đermić E., Topolovec-Pintarić S. (2017). Kinetics and mechanisms of chemical and biological agents release from biopolymeric microcapsules. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 65 (44): 9608-9617.
68. Volčević B. (2008). Jagodičasto voće. Neron, Bjelovar.
69. Weber C. (2012). Blueberry Variety Review. Cornell University, New York.
70. Wu X., Beecher G., Holden J., Hayowitz D., Gebhardt S., Prior R. (2004). Lipophilic and hydrophilic antioxidant capacities of common foods in the United States. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 52 (12): 4026-4037.
71. Yao L., Jiang Y., Singanusong R., D'Arcy B., Datta N., Caffin N., Raymont K. (2004). Flavonoids in Australian *Melaleuca*, *Guioa*, *Lophostemon*, *Banksia* and *Helianthus* honeys and their potential for floral authentication. *Food Research Inter.* 37: 166-174.
72. Zhao Y. (2007). Berry Fruit, value-added products for health promotion. CRC Press, Boca Raton, Florida, SAD.

#### Popis poveznica

1. Heal With Food.

<https://www.healwithfood.org/health-benefits/bilberries.php> Pristupljeno: 1.9.2022.

2. Phyox.

<https://phyox.com/hr/o-mikroalgama> Pristupljeno: 20.8.2022.

## **Životopis**

Marija Kovar rođena je 3. srpnja 1997. godine u Zagrebu. Osnovnu školu završava 2012. godine nakon čega upisuje Prirodoslovnu školu Vladimira Preloga u Zagrebu, koju je pohađala u razdoblju od 2012. do 2016. godine. Po završetku srednje škole, prateći svoj interes za prirodnim znanostima, 2016. godine upisuje preddiplomski studij Agroekologije na Agronomskom fakultetu u Zagrebu. Na trećoj godini preddiplomskog studija sudjeluje u projektu Promjena energetske svojstava novih genotipova miskantusa u fazi uspostave nasada na Zavodu za poljoprivrednu tehnologiju, skladištenje i transport Agronomskog fakulteta. Preddiplomski studij Agroekologije završava 2019. godine te stječe akademski naziv sveučilišna prvostupnica inženjerka agroekologije. Iste godine upisuje diplomski studij Hortikultura-Voćarstvo, također na Agronomskom fakultetu u Zagrebu. Bavi se hobističkim maslinarstvom, tečno govori engleski jezik i posjeduje dobre računalne vještine.