

Istraživanje primjene odabranih biljaka iz porodice Rosaceae kao alternativnih pH indikatora

Caha, Veronika

Master's thesis / Diplomski rad

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Department of Chemistry / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za kemiju**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:182:839608>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-04-02**

Repository / Repozitorij:

[Repository of the Department of Chemistry, Osijek](#)



Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Odjel za kemiju

Diplomski sveučilišni studij kemije

Veronika Čaha

**Istraživanje primjene odabranih biljaka iz porodice Rosaceae kao
alternativnih pH indikatora**

Diplomski rad

Osijek, 2021.

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Odjel za kemiju

Diplomski sveučilišni studij kemije

Veronika Caha

**Istraživanje primjene odabranih biljaka iz porodice Rosaceae kao
alternativnih pH indikatora**

Diplomski rad

Mentor: doc. dr. sc. Ana Amić

Osijek, 2021.

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku**Odjel za kemiju****Diplomski studij kemije****Znanstveno područje: Prirodne znanosti****Znanstveno polje: Kemija****ISTRAŽIVANJE PRIMJENE ODABRANIH BILJAKA IZ PORODICE ROSACEAE KAO
ALTERNATIVNIH pH INDIKATORA**

Veronika Čaha

Rad je izrađen na: Odjelu za kemiju, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku**Mentor:** doc. dr. sc. Ana Amić**Sažetak**

Porodica Rosaceae, ružovke, je vrlo rasprostranjena porodica reda ružolike, Rosales. Predstavnici ove porodice lako se mogu pronaći, bilo kao divlje vrste u prirodi ili kao uzgojene ukrasne biljke, te imaju obojane listove, cvjetove i/ili plodove, za čiju su boju odgovorni različiti polifenolni spojevi. Ovi biljni pigmenti ovisno o pH vrijednosti otopine mijenjaju boju od crvene, ljubičaste, plave, zelene do žute, zbog čega bi pripadnici ove porodice mogli imati primjenu u pripremi alternativnih pH indikatora. Cilj rada bio je ispitati potencijal primjene odabranog biljnog materijala iz porodice Rosaceae kao alternativnih pH indikatora. U radu je korišten svježi, suhi i prerađeni biljni materijal (džem, sok, vino, čaj). Odabrane su prerađevine s najvišim sadržajem ciljanog biljnog materijala, bez dodatka drugog bilja, umjetnih bojila i drugih potencijalnih indikatora koji bi utjecali na dobivene rezultate. Rezultati istraživanja pokazuju na izuzetno veliki potencijal primjene biljnog materijala zbog svoje pristupačnosti, niske cijene, mogućnosti jednostavnog skladištenja te jednostavne pripreme. Od ispitanog biljnog materijala, među vizualno najdojmljivijima istakli su se trešnja, divlja kupina, ruže i određene sorte jabuke, dok se marelica, glog i mušmulica nisu istaknuli kao alternativni pH indikatora.

Diplomski rad obuhvaća: 107 stranica, 132 slike, 26 tablica, 110 literaturnih navoda**Jezik izvornika:** hrvatski jezik**Ključne riječi:** biljni pigmenti / pH / pH indikatora / prirodni indikatora / Rosaceae**Stručno povjerenstvo za ocjenu:**

1. doc. dr. sc. Olivera Galović, predsjednica
2. doc. dr. sc. Ana Amić, mentorica i članica
3. doc. dr. sc. Elvira Kovač-Andrić, članica
4. izv. prof. dr. sc. Martina Medvidović-Kosanović, zamjena člana

Rad prihvaćen:**Rad je pohranjen:** u Knjižnici Odjela za kemiju, Franje Kuhača 20, Osijek

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek**Department of Chemistry****Graduate Study of Chemistry****Scientific Area: Natural Sciences****Field: Chemistry****STUDY OF APPLICATION OF SELECTED PLANTS FROM ROSACEAE FAMILY AS
ALTERNATIVE pH INDICATORS**

Veronika Caha

Thesis completed at: Department of Chemistry, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek**Supervisor:** Assist. Prof. Ana Amić, PhD**Abstract**

The family Rosaceae, the rose family, is a very widespread family of the order Rosales. Representatives of this family can easily be found, either as wild species in the nature or as cultivated ornamental plants, and have colored leaves, flowers, and/or fruits, the color of which is a result of various polyphenolic compounds. Depending on the pH value of the solution, these plant pigments change color from red, purple, blue, green to yellow, which is why members of this family could be used in the preparation of alternative pH indicators. The aim of this study was to examine the potential application of selected plant material from the Rosaceae family as alternative pH indicators. Fresh, dry, and processed plant material (jam, juice, wine, tea) was used in this work. Products with the highest content of targeted plant material were selected, without the addition of other plants, artificial colors, and other potential indicators that would affect the obtained results. The results of this research show extremely high potential of used plant material due to its accessibility, low cost, easy storage and easy preparation. Of the examined plant material, cherries, wild blackberries, roses, and certain apple varieties stood out among the most visually impressive, while apricots, hawthorn, and hawthorn did not stand out as alternative pH indicators.

Thesis includes: 107 pages, 132 figures, 26 tables, 110 references**Original in:** Croatian language**Keywords:** natural indicators / pH / pH indicators / plant pigments / Rosaceae**Reviewers:**

1. Assist. Prof. Olivera Galović, PhD, chair
2. Assist. Prof. Ana Amić, PhD, supervisor and member
3. Assist. Prof. Elvira Kovač-Andrić, PhD, member
4. Assoc. Prof. Martina Medvidović-Kosanović, PhD, substitute member

Thesis accepted:**Thesis deposited:** at the Library of Department of Chemistry, Franje Kuhača 20, Osijek

Sadržaj

| | |
|---|----|
| 1. UVOD | 1 |
| 2. LITERATURNI PREGLED | 2 |
| 2.1. Indikatori u kemiji | 2 |
| 2.1.1. Podjela indikatora prema vrsti kemijskih reakcija u kojima se primjenjuju za određivanje kraja kemijske reakcije | 2 |
| 2.1.1.1. Indikatori za kompleksometrijske titracije | 2 |
| 2.1.1.2. Adsorpcijski i taložni indikatori | 3 |
| 2.1.1.3. Redoks indikatori | 4 |
| 2.1.1.4. Kiselo-bazni ili pH indikatori | 5 |
| 2.1.1.5. Lakmus papir | 7 |
| 2.1.1.6. Univerzalni indikatorski papir..... | 7 |
| 2.1.1.7. Ftalein indikatori | 7 |
| 2.1.1.7.1. Fenolftalein | 8 |
| 2.1.1.7.2. Timolftalein | 9 |
| 2.1.1.8. Sulfonftaleinski indikatori | 9 |
| 2.1.1.8.1. Fenol crveno | 9 |
| 2.1.1.8.2. Bromtimol plavo | 10 |
| 2.1.1.9. Azo indikatori | 11 |
| 2.1.1.9.1. Metiloranž | 11 |
| 2.1.1.9.2. Metil crveno | 12 |
| 2.1.2. Prirodni kiselo-bazni indikatori | 12 |
| 2.1.2.1. Primjeri prirodnih kiselo-baznih indikatora | 13 |
| 2.1.2.2. Bioaktivni spojevi u biljkama | 17 |
| 2.2. Porodica ružovki, Rosaceae | 25 |
| 2.2.1. Potporodica Prunoideae | 26 |
| 2.2.1.1. Šljiva | 27 |

| | |
|---|----|
| 2.2.1.2. Trešnja | 27 |
| 2.2.1.3. Višnja | 28 |
| 2.2.1.4. Marelica | 29 |
| 2.2.1.5. Breskva | 29 |
| 2.2.1.6. Nektraina | 30 |
| 2.2.1.7. Japanska trešnja | 31 |
| 2.2.2. Potporodica Spiraeoideae | 31 |
| 2.2.3. Potporodica Rosoideae | 31 |
| 2.2.3.1. Divlja kupina | 31 |
| 2.2.3.2. Divlja jagoda | 32 |
| 2.2.3.3. Ruža | 32 |
| 2.2.4. Potporodica Maloideae | 33 |
| 2.2.4.1. Mušmulica | 33 |
| 2.2.4.2. Japanska dunja | 34 |
| 2.2.4.3. Glog | 34 |
| 2.2.4.4. Jabuka | 35 |
| 2.2.4.5. Kruška | 36 |
| 2.2.4.6. Dunja | 36 |
| 2.2.4.7. Vatretni trn | 37 |
| 3. MATERIJAL I METODE | 38 |
| 3.1. Ispitivani biljni materijal | 38 |
| 3.2. Kemikalije i pribor | 38 |
| 3.3. Priprema otopina određene pH vrijednosti | 39 |
| 3.4. Priprema biljnog materijala | 39 |
| 4. REZULTATI | 43 |
| 4.1. Potporodica Prunoideae | 43 |
| 4.1.1. Šljiva, <i>Prunus domestica</i> L. | 43 |
| 4.1.2. Trešnja, <i>Prunus avium</i> L. | 46 |
| 4.1.3. Višnja, <i>Prunus cerasus</i> L. | 49 |
| 4.1.4. Marelica, <i>Prunus armeniaca</i> L. | 51 |
| 4.1.5. Breskva, <i>Prunus persica</i> L. | 54 |
| 4.1.6. Nektarina, <i>Prunus persica</i> var. <i>nucipersica</i> L. | 57 |

| | |
|--|-----|
| 4.1.7. Japanska trešnja, <i>Prunus serrulata</i> L. | 59 |
| 4.2. Potporodica Rosaideae | 60 |
| 4.2.1. Divlja kupina, <i>Rubus caesius</i> L. | 60 |
| 4.2.2. Šumska jagoda, <i>Fragaria vesca</i> L. | 62 |
| 4.2.3. Ruža, <i>Rosa sp.</i> | 63 |
| 4.2.4. Ružin šipak, <i>Rosa sp.</i> | 72 |
| 4.3. Potporodica Maloideae | 73 |
| 4.3.1. Mušmulica ili obična dunjarica, <i>Cotoneaster integerrimus</i> M. | 74 |
| 4.3.2. Japanska dunja, <i>Chaenomeles japonica</i> | 76 |
| 4.3.3. Glog, <i>Crataegus oxyacantha</i> | 77 |
| 4.3.4. Jabuka, <i>Malus domestica</i> L. | 78 |
| 4.3.5. Kruška, <i>Pyrus communis</i> L. | 82 |
| 4.3.6. Dunja, <i>Cydonia oblonga</i> M. | 85 |
| 4.3.7. Vatretni trn, <i>Pyracantha coccinea</i> R. | 86 |
| 5. RASPRAVA | 88 |
| 6. ZAKLJUČAK | 99 |
| 7. LITERATURNI VRELA | 101 |
| 8. ŽIVOTOPIS | 106 |

1. UVOD

Kiselo-bazni indikatori koriste se kako u nastavi kemije tako i u znanstveno-istraživačkom radu u kemijskom laboratoriju, primjerice u različitim titracijskim metodama. U današnje vrijeme postoje različiti komercijalno dostupni indikatori koji pokazuju promjenu boje pri točki ekvivalencije. Međutim, u prirodi se mogu naći različiti materijali koji bi mogli biti dobri kiselo-bazni indikatori.

U prvom dijelu rada prikazana je podjela indikatora prema vrsti kemijskih reakcija u kojima se primjenjuju za određivanje kraja kemijske reakcije kao što su kompleksometrijski, adsorpcijski, taložni, redoks i kiselo-bazni indikatori. Najveći značaj u ovom radu se pridodaje kiselo-baznim indikatorima te su nabrojani najčešće korišteni konvencionalni i prirodni kiselo-bazni indikatori, opisana su njihova svojstva i područje pH vrijednosti u kojem mijenjaju boju. Također je opisana porodica ružovki, Rosaceae, te je prikazana klasifikacija i glavne morfološke karakteristike porodice. Biljni materijal koji je korišten u radu opisan je i također je prikazana njegova klasifikacija i morfologija.

U drugom dijelu rada prikazani su rezultati istraživanja. Istražen je biljni materijal iz porodice Rosaceae, kao što su šljive, kruške, jabuke i dr. U radu je korišten svježi biljni materijal te odabrani prehrambeni proizvodi (sušeno voće, čajevi, sokovi, džemovi i u nekim slučajevima i voćno vino), kako bi se utvrdilo mogu li se različiti proizvodi odabranog biljnog materijala koristiti kao kiselo-bazni indikatori. Odabrani su prehrambeni proizvodi koji su sadržavali najveći udio ciljanog biljnog materijala. Dobiveni rezultati su prikazani slikama te prodiskutirani. Očekivano je da će biljni materijali koji sadrže vizualno slabiji intenzitet pigmenta imati lošije rezultate u odnosu na onaj biljni materijal koji ima tamnije i/ili intenzivnije boje. Zbog toga su ispitani različiti biljni materijali te su najuočljivije promjene boje u pH rasponu pokazali uzorci trešnje, divlje kupine, ruže i stariji list japanske trešnje. Očekuje se da će jabučni ocat dati najlošiju promjenu boje u pH rasponu.

3. LITERATURNI PREGLED

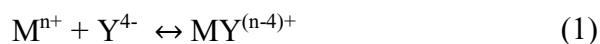
2.1. Indikatori u kemiji

Za provedbu titracije potrebno je uz otopinu analita i standardne otopine titranta imati i indikator koji prilikom titracije otopine analita pomoću standardne otopine titranta pokazuje točku završetka titracije, odnosno daje vidljivu promjenu u otopini. Tipične promjene indikatora su pojavljivanje ili nestajanje boje, promjena boje te pojava ili nestanak замуćenja. Ako bi se neka tvar upotrijebila kao indikator mora posjedovati visoku osjetljivost, tako da već pri vrlo niskim koncentracijama dovoljno jasno prikazuje određenu promjenu te se ravnoteža između dva indikatorska oblika mora brzo uspostaviti [1].

2.1.1. Podjela indikatora prema vrsti kemijskih reakcija u kojima se primjenjuju za određivanje kraja kemijske reakcije

2.1.1.1. Indikatori za kompleksometrijske titracije

Indikatori u kompleksometrijskim titracijama grade stabilne obojane komplekse s ionima metala. Kako bi se neki kemijski spoj mogao koristiti kao indikator u kompleksometrijskim titracijama, nastali kompleks između indikatora i iona metala mora imati manju konstantu stabilnosti kompleksa u odnosu na kompleks iona metala s kompleksirajućim titrantom. Indikatori za titracije s EDTA su organske boje koje stvaraju obojene kelate s metalnim ionima u pM području koje je tipično za pojedini kation i boju (M označava ion metala) [2]. Veća konstanta nastajanja kompleksa pokazuje i veći skok pM-vrijednosti u području točke ekvivalencije [3]. EDTA ima 4 stupnja disocijacije i 5 različitih oblika od kojih se samo potpuno ionizirani anion Y^{4-} vezuje na metalne ione [1]. U jednadžbi (1) prikazana je ravnoteža za Y^{4-} anion pa je stoga konstanta nastajanja kompleksa prikazana jednadžbom (2) [1].



$$K_{MY} = \frac{[MY^{(n-4)+}]}{[M] \cdot [Y^{4-}]} \quad (2)$$

U Tablici 1. su prikazani neki kompleksometrijski indikatori kao što je eriokrom crno T koji sadrži sulfonsku kiselinsku skupinu koja u vodi potpuno disocira i sadrži dvije fenolne skupine koje djelomično disociraju. Nedostatak je što se njegove otopine stajanjem razgrađuju. Eriokrom slabije kompleksira magnezij. Kompleks EDTA i magnezija nije obojen, ali kompleks eriokroma i magnezija je crven. EDTA istiskuje eriokrom iz kompleksa i kad više nema slobodnog magnezija, otopina promjeni boju iz crvene u plavu. Bit metalo indikatora jest u tome da oni s ionima metala, kod određenog pH, daju obojene komplekse pri čemu se boja nastalog kompleksa razlikuje od boje slobodnog indikatora. Tijekom titracije ioni metala vežu se u stabilniji kompleks s EDTA, pa je boja otopine u ekvivalentnoj točki, jednaka boji slobodnog indikatora [1].

Tablica 1. Prikaz nekih kompleksometrijskih indikatora [3].

| Indikator | Boja kompleksa Mln | Boja slobodnog indikatora | Analit | pH |
|-------------------------|--------------------|---------------------------|---------------------|--------|
| Eriokrom crno T | crvena | plava | $Mg^{2+} + Ca^{2+}$ | 10 |
| Mureksid | crvena | ljubičasta | Ca^{2+} | 12 |
| Sulfosalicilna kiselina | tamno ljubičasta | svijetložuta | Fe^{3+} | 2,5- 3 |
| PAN | ljubičastocrvena | svijetložuta | Al^{3+} | 4 |

2.1.1.2. Adsorpcijski i taložni indikatori

Indikatori za argentometrijske titracije izazivaju promjenu boje, ali može se javiti ili nestati замуćenje u ili u blizini točke ekvivalencije. Uvjeti za izbor indikatora u argentometrijskim titracijama su da indikator ne smije ometati ravnotežnu reakciju između analita i titranta, da se i pri niskim koncentracijama izaziva promjena boje te da koncentracije reaktanata trebaju biti odabrane da područje promjene boje indikatora potpuno pokriva promjenu pAg u području točke ekvivalencije. Indikatori u argentometrijskim titracijama mogu stvarati slabotopljive taloge s titrantom (određivanje klorida po Mohru), obojene komplekse s ionima metalima (određivanje klorida po Volhardu) ili se adsorbiraju na nastali teško topljivi talog (Fajansovi indikatori) [3]. Tijekom titracije (taložna titracija) nastaju krute čestice koloidnih dimenzija. U završnoj točki titracije mijenja se površinski naboj koloidnih micela koje onda adsorbiraju indikator (molekule indikatora su nabijene suprotno

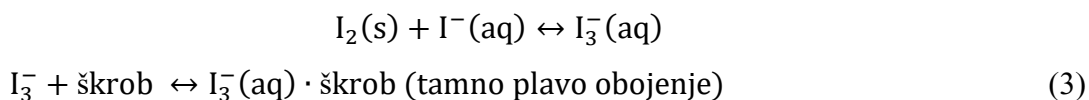
od naboja micela). Indikator mora imati različitu boju u otopljenom i adsorbiranom stanju (npr. fluorescein). Adsorbirajući indikatori imaju jednu boju dok je u suvišku negativni naboj, a drugu kada je u suvišku pozitivni naboj. Također, potrebno je naglasiti da izbor indikatora u argentometrijskim titracijama mnogo ovisi o pH vrijednosti otopine uzorka jer se ne može svaki indikator koristiti na bilo kojoj pH vrijednosti, npr. željezovi(III) kationi ne egzistiraju u slobodnom stanju iznad $\text{pH} = 3$ jer se izlučuju u obliku slabotopljivog hidroksida, također, diklorfluoroscein i fluoroscein koji su slabe kiseline, ne mogu se koristiti pri niskoj pH vrijednosti jer je dominantan protonirani oblik, a samo deprotonirani oblik ovih slabih kiselina služi kao indikator [1]. Isto tako ni kromatni ioni ne mogu egzistirati pri niskom pH jer se protoniraju i kondenziraju (polimeriziraju) te prelaze u dikromatne, trikromatne i tetrakromatne ione. U Tablici 2. prikazani su neki kemijski spojevi koji se koriste kao indikatori u argentometrijskim titracijama.

Tablica 2. Prikaz nekih indikatora u argentometrijskim titracijama [3].

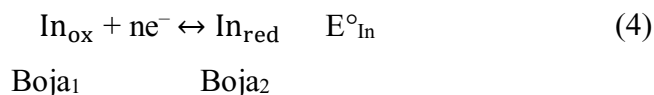
| Indikator | Argentometrijska titracija | Promjena boje | Analit | pH |
|---------------------------------------|----------------------------|--------------------|---|-------|
| Kalijev kromat | Mohrova metoda | žuta–crvenosmeđa | Cl^- , Br^- | 6,5-9 |
| Kalijev tiocijanat + Fe^{3+} | Volhardova metoda | bijela–crvena | Cl^- , Br^- , I^- | < 3 |
| Diklorfluoroscein | Fajansova metoda | plavozelena–zelena | Cl^- , Br^- , I^- | 4,4-6 |
| Fluoroscein | Fajansova metoda | ružičasta–zelena | Cl^- | 4-4,5 |
| Eozin (tetrabromofluoroscein) | Fajansova metoda | bezbojno–zeleno | Br^- , I^- , SCN^- | 0-3 |

2.1.1.3. Redoks indikatori

Redoks indikatori su najčešće organske tvari koji se ponašaju kao slabi oksidansi ili slabi reducensi i boja je oksidiranog i reduciranog oblika različita (Tablica 3.). Najčešće se koriste specifični i „pravi“ redoks indikatori. Specifični indikatori predstavljaju vrste koje reagiraju s jednim od sudionika u titraciji i izazivaju promjenu boje. Primjer specifičnog indikatora je škrob- I_3^- kompleks. Kada je prisutan I_3^- anion stvara se kompleks između škroba i I_3^- škrob stvara tamno plavo obojenje prikazano kemijskom jednadžbom (3). Stoga se prisutnost ili odsutnost $\text{I}_3^- (aq)$ u otopini koristi se kao indikator.



„Pravi“ redoks indikatori reagiraju na potencijal sustava i se javlja promjena boje prikazano je kemijskom jednadžbom (4) [3].

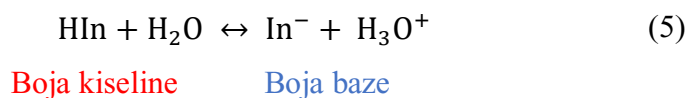


Tablica 3. Prikaz različitih redoks indikatora [3].

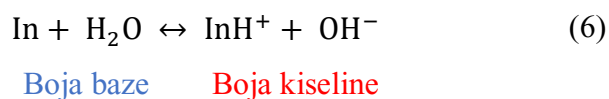
| Indikator | oksidirani oblik | reducirani oblik | E°_{In}/V |
|--------------------------------|------------------|------------------|------------------|
| Difenilamin–sulfonska kiselina | crvenoljubičasta | bezbojna | 0,85 |
| Feroin | svijetloplava | crvena | 1,14 |
| Difenilamin | ljubičasta | bezbojna | 0,76 |

2.1.1.4. Kiselo-bazni ili pH indikatori

Kiselo-bazni indikatori ili pH indikatori primjenjuju se prilikom određivanja pH vrijednosti otopine. Kiselo-bazni indikatori su slabe organske kiseline ili slabe organske baze koje se razlikuju u različitoj boji njihove konjugirane baze ili njihove konjugirane kiseline. Kiselo-bazni indikatori mogu se prikazati pomoću jednadžbe (5):



Unutarnje strukturalne promjene prate disocijaciju i uzrokuju promjenu boje te se mogu prikazati jednadžbom (6).



Konstanta ravnoteže disocijacije kiseline može se prikazati pomoću jednadžbe (7):

$$K_a = \frac{[H_3O^+][In^-]}{[HIn]} \quad (7)$$

Preoblikovanjem jednadžbe može se vidjeti da koncentraciju hidronijevih iona određuje omjer između koncentracije kiseline i konjugirane baze indikatora. Ljudsko oko nije vrlo osjetljiv organ za promjenu boje u otopini koja sadrži mješavinu In^- i HIn posebno kada je omjer $\frac{[In^-]}{[HIn]}$ veći od 10 ili manji od 0,1 [1].

Raspon pH skale je od 0 do 14 pri čemu vrijednost sedam označava neutralno, manja vrijednost od sedam predstavlja kiselo, a veća vrijednost od sedam označava bazično. Ukoliko je koncentracija $[H_3O^+] > [OH^-]$, označava nižu pH vrijednost, kada je jednaka 7 ukazuje na neutralnu otopinu što znači da je koncentracija $[H_3O^+] = [OH^-]$, te ako je pH vrijednost otopine veća od 7 ukazuje da se radi o bazičnoj otopini i da je $[H_3O^+] < [OH^-]$.

Kiselo-bazni indikator je slaba kiselina ili slaba baza koja se disocira u vodi dajući slabu kiselinu i njezinu konjugiranu bazu, ili pak slabu bazu i njezinu konjugiranu kiselinu [4]. Ako se uzme u obzir da je indikator slaba kiselina (HIn) te u reakciji daju konjugiranu bazu (In^-) pri čemu su različitih boja. Prilikom viših pH vrijednosti kiselo-bazni indikatori prelaze iz neutralne molekule u ionski oblik (gubitak vodikovih iona, najčešće iz hidroksilne skupine). Promjena koja nastaje u strukturi molekule uzrokuje da kiselo-bazni indikator apsorbira svjetlost na različitim valnim duljinama. Kako apsorbira svjetlost na različitim valnim duljinama tako se događa promjena boje otopine kojoj je dodan [5].

Tablica 4. Prikaz različitih kiselo-baznih indikatora [1].

| Indikator | pH | Promjena boje |
|-------------------|--------------------|---------------------------|
| Timol plavo | 1,2-2,8 8,0-9,6 | crveno-žuto žuto-plavo |
| Metil žuto | 2,9-4,0 | crveno-žuto |
| Metiloranž | 3,1-4,4 | crveno-narančasto |
| Bromkrezol zeleno | 3,8-5,4 | žuto-plavo |
| Metil crveno | 4,2-6,3 | crveno-žuto |
| Fenol crveno | 6,8-8,4 | žuto-crveno |
| Krezol ljubičasto | 7,6-9,2 | žuto-ljubičasto |
| Fenolftalein | 8,3-10,0 | bezbojno-crveno |

2.1.1.5. Lakmus papir

Lakmus papir je vjerojatno najpoznatiji kiselo-bazni indikator koji je nastao tretiranjem filter papira bojom dobivenom od lišajeva [6]. Lakmus papir ne može odrediti pH vrijednost, već prikazuje razliku kiseline i baze. Postoje tri različite varijante lakmus papira, a to su neutralni, crveni, i plavi lakmus papir. Neutralni lakmus papir je ljubičast, postaje crven u kiselim otopinama te plav u bazičnim otopinama. U neutralnom pH području nema promjene boje. Plavi lakmus papir prikazuje je li otopina kisela jer će u kiselom području promijeniti boju iz plave u crvenu. Crveni lakmus papir je slaba diprotična kiselina koja može donirati dva atoma vodika. Kada su izloženi bazi tada vodikovi ioni iz lakmusa reagiraju s bazom i tvore plavu konjugiranu bazu. Njegova boja ostaje nepromijenjena ispod pH 4,5, dok u baznoj otopini mijenja boju u plavu odnosno iznad pH 8,3. Plava konjugirana baza prihvaća protone odnosno vodikove atome iz kiseline u uzorku te daje crveni lakmus papir. Pri neutralnom pH, prisutna je i crvena diprotična kiselina i njena plava konjugirana konjugirana baza koja se miješa kako bi postala ljubičasta [7].

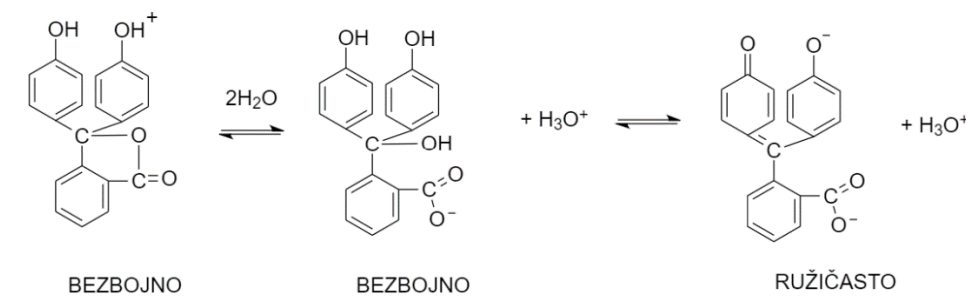
2.1.1.6. Univerzalni indikatorski papir

Univerzalni indikatorski papir je kombinacija otopina odnosno različitih pokazatelja pH za otkrivanje ili kiselosti ili lužnatosti otopine. Univerzalni indikatorski papir je jednostavna metoda te prikazuje promjene boje pri reakciji s otopinom. Prikazuje raspon pH vrijednosti od 1 do 14 [8]. Pošto prikazuje različite boje pri različitim pH vrijednostima, kombiniraju se različiti indikatori kako bi ponudili promjene boje u širem rasponu pH. Većina univerzalnih indikatora temelji se na patentiranoj formuli koju je Yamada razvila 1933. Najčešće sadrži timol plavo, metil crveno, bromtimol plavo, timol plavo i fenolftalein. Najčešće boje univerzalnog indikatora su crvena u području od 0-3, žuta u području od 3 do 6, zelena pri pH 7, plava u području od 8 do 11 i ljubičasta u području od 11 do 14. Univerzalni indikator dolazi s tablicom boja koja objašnjava očekivane boje i raspone pH [9].

2.1.1.7. Ftalein indikatori

Većina ftalein indikatora su bezbojni u umjereno kiselim otopinama te pokazuju različite boje u bazičnim medijima. Ftaleini su slabo topljivi u vodi, ali se lako otapaju u

etanolu pri čemu daju razrijeđene otopine pokazatelja. Strukturne promjene koje uzrokuju promjene boje mogu se ilustrirati pomoću Slike 1. na primjeru strukture fenolftaleina [1]. Gubitak prvog protona neće uzrokovati velike strukturne promjene u molekuli. Kinoidni prsten daje boju većini organskih spojeva, stvara se u drugoj reakciji odnosno uklanjanjem drugog protona. Ostali pokazatelji ftaleina razlikuju se po tome što na fenolnim prstenovima sadrže dodatne funkcionalne skupine [10].



Slika 1. Strukturne promjene fenolftaleina [1].

2.1.1.7.1. Fenolftalein

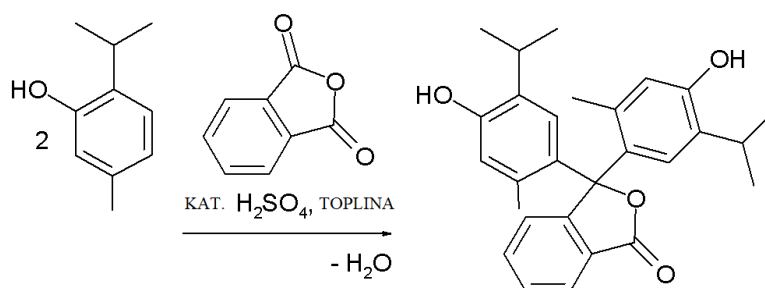
Fenolftalein ili $C_{20}H_{14}O_4$ je velika organska molekula s pK_a vrijednošću 9,7 na 25 °C. Fenolftalein omogućuje vizualnu identifikaciju kiselosti ili bazičnosti te se najčešće koristi u laboratorijima prilikom titracija. Njemački kemičar Adolf von Baeyer je sintetizirao fenolftalein kondenzacijom ftalnog anhidrida s dva ekvivalenta fenola u kiselim uvjetima. Metoda se i danas koristi za proizvodnju fenolftaleina [11].

Promjena boje u fenolftaleinu je posljedica ionizacije. Fenolftalein je slaba kiselina i ima bezbojan oblik u otopini. Kada se ružičastoj otopini dodaju vodikovi ioni (kisel medij), ravnoteža se mijenja, a otopina je bezbojna ($pH < 8$) [12]. U kiselim uvjetima ravnoteža je pomaknuta ulijevo. Kada otopina postaje lužnata i pH raste ($pH 8-10$), tada molekula fenolftaleina gubi dva vodikova iona te nastaje dianoin te nastaje ružičasto obojenje. Pri visokim pH vrijednostima fenolftalein prelazi u bezbojni oblik (Slika 1.) [13].

Obje strukture apsorbiraju svjetlost u UV području, dok ružičasti oblik se također apsorbira u spektru vidljive svjetlosti. Upravo zbog ionizacije, elektroni u molekuli su više delokalizirani nego u bezbojnom obliku [12].

2.1.1.7.2. Timolftalein

Timolftalein sadrži dvije alkilne skupine na svakom prstenu te mijenja boju iz bezbojne u indigo plavu. Ispod pH od 9,3 je bezbojan, a u rasponu od 9,3 do 10,5 prikazuje plavu boju [14]. Moguće ga je sintetizirati iz timola i ftalnog anhidrida u kiselim uvjetima (Slika 2.) [15].



Slika 2. Reakcija nastajanja timolftaleina [15].

2.1.1.8. Sulfonftaleinski indikatori

Za razliku od ftaleina, osnovna boja pokazuje dobru stabilnost prema jakim lužinama. Natrijeve soli sulfonftaleina se najčešće koriste za pripremu indikatorskih otopina zbog značajne kiselosti matične molekule. Otopine se mogu pripremiti izravno iz natrijeve soli ili posredno otapanjem sulfonftaleina u njegovom kiselom obliku u odgovarajućem volumenu razrijeđene vodene otopine natrijevog hidroksida. Supstitucijom halogena ili alkilnih skupina za vodike u fenolnim prstenovima matičnog spoja dobivaju se sulfonftaleini koji se razlikuju po boji i rasponu pH [1].

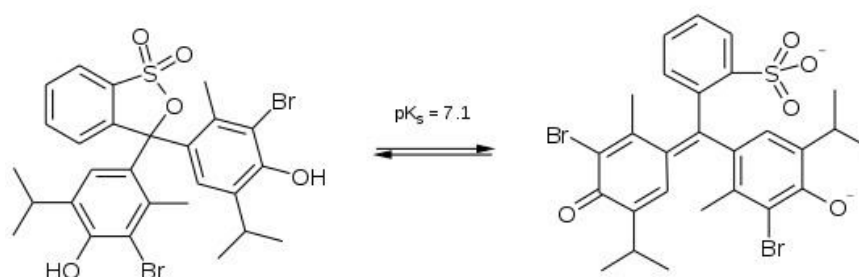
2.1.1.8.1. Fenol crveno

Fenol crveno ili fenolsulfonftalein je indikator koji prikazuje prijelaz boje iz žute u crvenu u rasponu pH od 6,2 do 8,2. Iznad 8,2 ta boja prelazi u boju fuksije. Kada je niska pH vrijednost tada je fenol crveno bezbojno i postoji kao zwitterion (sadrži negativno nabijenu sulfatnu skupinu i pozitivno nabijenu ketonsku skupinu). Porastom pH vrijednosti gubi se proton u ketonskoj skupini te otopina postaje žuta. Daljnje povećanje pH vrijednosti

uzrokuje gubitak vodika iz hidroksilne skupine te nastaje crveno obojenje [16]. Korisna je samo druga promjena boje koja se događa u rasponu pH između 6,4 i 8,0.

2.1.1.5. Bromtimol plavo

Struktura bromtimol plavog sastoji se od prvog benzenskog prstena na koji je vezan sumpor na kojeg su dvostrukom vezom vezana dva atoma kisika, treći atom kisika vezan je jednostrukom vezom za sumpor. Na drugom i trećem benzenskom prstenu vezan je atom broma, hidroksilna skupina koja potječe od alkohola, *tert*-butilna skupina i metilna skupina (Slika 3.) [17].



Slika 3. Strukturna formula bromtimol plavog [18].

Bromtimol plavo djeluje kao slaba kiselina u otopini te stoga može biti u protoniziranom ili deprotoniziranom obliku. Protonirani oblik ima apsorpciju na 427 nm te propušta žutu svjetlost u kiselim otopinama. Deprotonirani oblik ima najveću apsorpciju na 602 nm te propušta plavu svjetlost u bazičnim otopinama. Bromtimol plavo mijenja boju u rasponu pH od 6,0 do 7,6. Bromtimol plavo ima plavu boju u bazičnim uvjetima, zelenu u neutralnim uvjetima te žutu u kiselim uvjetima. Dobar je pokazatelj otopljenog ugljičnog dioksida i drugih slabo kiselih otopina. Niska razina ugljičnog dioksida ili kiselina u otopini s indikatorom daje plavo obojenje [18].

Može se koristiti za promatranje fotosintetskih aktivnosti ili kao indikator disanja. Kada se doda ugljični dioksid tada otopina postaje žuto obojena. Kada se ugljični dioksid apsorbira iz daha u otopinu pri čemu nastaje ugljična kiselina te otopina mijenja boju iz zelene u žutu. Prisutnost jedne elektron akceptorske skupine (brom) i dvije elektron donorske skupine (alkilni supstituenti) odgovorne su za raspon aktivnog indikacijskog područja ovog indikatora od pH 6,0 do 7,6 [18].

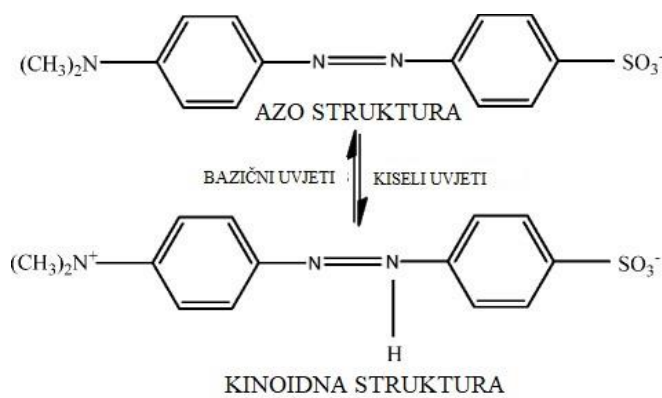
2.1.1.9. Azo indikatori

Azo spojevima nazivaju se organski spojevi koji sadrže azo skupinu ($-N=N-$) izravno vezanu za ugljikov atom. Većina azo indikatora pokazuje promjenu boje iz crvene u žutu s povećanjem bazičnosti. U kemijskom smislu, njihove boje posljedica su delokalizacije π elektrona [19]. Najpoznatiji predstavnici ove skupine su metiloranž i metil crveno [1].

2.1.1.9.1. Metiloranž

Metiloranž je indikator koji se često koristi u titracijama zbog svoje jasne i izrazite promjene boje. Najčešće se koristi u titracijama za kiseline jer mijenja boju pri pH kiseline srednje jačine. Za razliku od univerzalnog pokazatelja, metiloranž nema cijeli spektar promjena boje, ali ima oštriju krajnju točku. U alkalnoj otopini pokazuje žuto obojenje. Kada se vodikov ion veže za jedan atom dušika u dvostrukoj vezi dušik–dušik (Slika 4.) te pokazuje crveno obojenje. Crvenu boju pokazuje pri pH 3,1, dok narančastu pokazuje pri pH 4,4 [20].

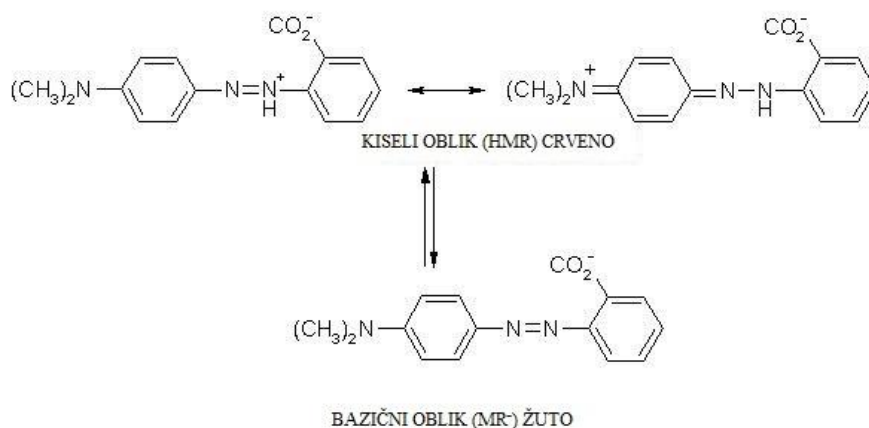
Žuti oblik ima vrhunac apsorpcije na oko 440 nm te se nalazi u plavom području spektra, a komplementarna boja plave je žuta. Crveni oblik ima vrh apsorpcije na oko 520 nm. To je na rubu cijan (plavo-zelena ili tirkizna) područja spektra, a komplementarna boja cijan je crvena. Valna duljina se povećava kako se prelazi u crveni oblik, a to ukazuje na povećanje delokalizacije u crvenom nego u žutom obliku. Usamljeni elektronski par na dušiku je potpunije uključen u delokalizaciju u crvenom obliku. Kanonski oblik s pozitivnim nabojem na tom dušiku potiče kretanje tog usamljenom para prema ostatku molekule [21].



Slika 4. Strukturni oblici metiloranža u kiselim i bazičnim uvjetima [22].

2.1.1.9.2. Metil crveno

Metil crveno ili azobenzenkarboksilna kiselina koja je crvena s pH ispod 4,4, žuta s pH iznad 6,2 i narančasta između ovih dviju vrijednosti (Slika 5.) [23].



Slika 5. Strukture metil crvenog u kiseloj i u bazičnoj sredini [23].

Za razliku od metiloranža, metil crveno sadrži karboksilnu skupinu umjesto sulfonske kiseline. Direktno na drugoj strani molekule iz karboksilne kiseline nalazi se dušikov atom vezan na dvije metilne skupine koje nazivamo amino skupinama. Amini u organskoj kemiji mogu djelovati kao baze tako da mogu služiti kao akceptori za vodikove ione [23].

2.1.2. Prirodni kiselo-bazni indikatori

Prirodni kiselo-bazni indikatori su tvari koje sadrže biljni pigment koji mijenja boju ovisno o pH medija. Neki od primjera prirodnih kiselo-baznih indikatora su crveni kupus, kurkuma, sok od grožđa, cikla, luk, rajčica, itd. Neki cvjetovi kao što su hortenzije mogu odrediti kiselost odnosno bazičnost tla. Cvjetovi hortenzije postaju plavi kada je tlo kiselo, ljubičasti cvjetovi su kada je tlo neutralno, a ružičasti kada je tlo bazično. Intenzitet boje proporcionalan je količini kiseline ili baze prisutne u tlu [24].

Biljni pigmenti prisutni u staničnim organelima su klorofil A i B (zeleni), ksantofili (žuti), karotenoidi (narančasti), flavonoidi i antocijanini (crveni, plavi i ljubičasti). Antocijanini su najviše prisutni u plodovima kao što su patlidžani, višnje, trešnje, u

cvjetovima ruža, petunija, pelargonija, božura i slijeza te u listovima crvenog kupusa. Antocijanini mijenjaju pH vrijednost tako da su u kiseloj otopini crveni, a u bazičnoj su plavi. Antocijanini koji su prisutni u živoj stanici mijenjaju boju ne samo kao posljedicu promjene pH vrijednosti citoplazme već i zbog prisutnosti iona metala u tlu [25].

Prirodni kiselo-bazni indikatori mogu poslužiti i indikatori mirisa spojevi koji mogu promijeniti svoj miris u ovisnosti o pH medija a to su luk, ekstrakt vanilije, ulje klinčića i dr. Prirodni indikatori pokazali su se ekonomičnom, sigurnom i učinkovitom te jednostavnom, lako dostupnom zamjenom za konvencionalne kiselo-bazne indikatore [26].

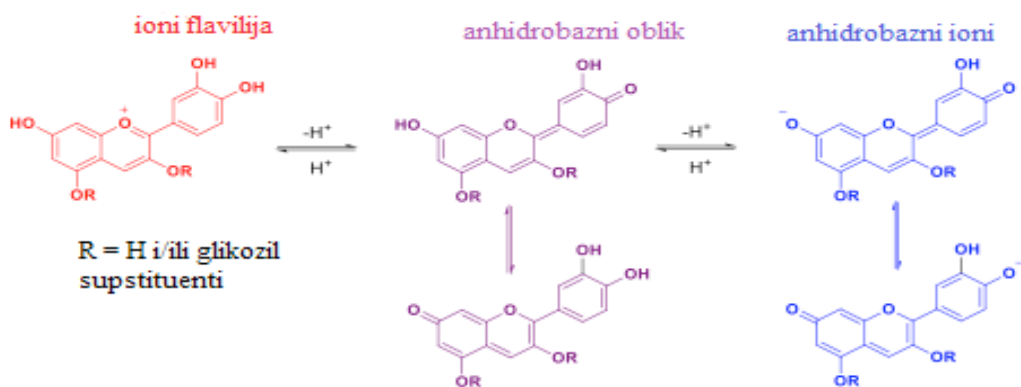
2.1.2.1. Primjeri prirodnih kiselo-baznih indikatora

Crveni kupus (*Brassica oleracea* L.) sadrži antocijanine koji su topivi u vodi te mijenjaju strukturu a time i boju ovisno o pH medija. Pri vrlo kiselim medijima javlja se crveno obojenje, u neutralnim je otopina ljubičasta, te u bazičnim medijima je zelenkasto-žuto obojenje. Boja soka se mijenja kao odgovor na promjene koncentracije vodikovih iona pri čemu kiseline doniraju vodikove ione u vodenoj otopini pa je pH vrijednost niska (ispod 7) [27].



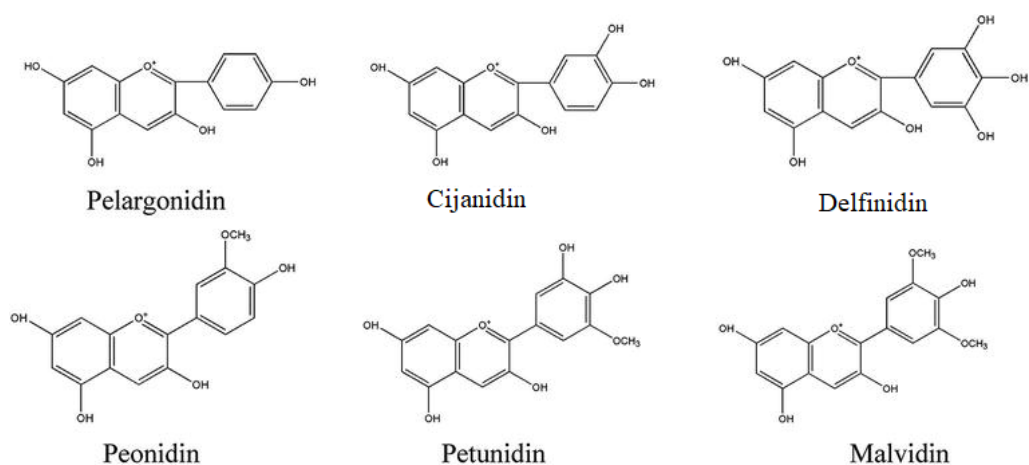
Slika 6. Raspon boja ekstrakta crvenog kupusa pri različitim pH vrijednostima otopina [28].

Biljni pigmenti sadrže raznolik raspon antocijana, a uobičajeni primjeri izvedeni su iz skupa antocijanidinskih aglikona koji su prikazani na Slici 7. Poznati su i drugi aglikoni, međutim strukturalna raznolikost uočena u antocijaninima koji se pojavljuju u prirodi može potjecati od *O*-glikozil supstituenata. Glikozilacija se može dogoditi na položajima 3 i 5 [29].



Slika 7. Strukturne promjene u antocijan kromoforu (izvedenom iz crvenog kupusa) u kiselim, neutralnim i slabo bazičnim uvjetima [29].

Dominantni derivati antocijanina u crvenom kupusu pojavljuju se u aciliranim oblicima. Antocijani se uglavnom nalaze u ljusci, osim u određenim vrstama crvenog voća u kojima se pojavljuju u mesu (trešnje). U crvenom kupusu pronađeno je 36 antocijanina, a šest glavnih antocijanina se nalaze u mnogim biljkama (Slika 8.) [30].

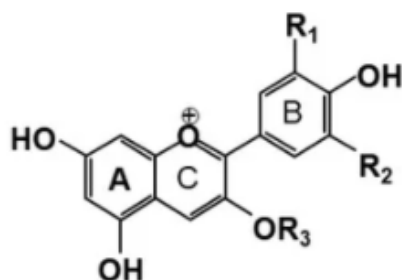


Slika 8. Strukture glavnih antocijanina [30].

Antocijani su najveća skupina fenolnih pigmenta pri čemu nemaju miris i gotovo su bez okusa, a karakteristična fizikalno-kemijska svojstva im daju karakterističnu boju i stabilnost. Na njihovu stabilnost i boju utječu temperatura, svjetlost, kisik, enzimi i pH [30].

Antocijani su glikozilirani polihidroksi ili polimetoksi derivati 2-fenilbenzopirilijuma koji sadrže dva benzil prstena (A i B). Posjeduju najčešće jednu glukozidnu jedinicu, ali

mnogi antocijanini mogu sadržavati dva, tri ili više šećera vezanih na više položaja ili se pojavljuju kao bočni lanci oligosaharida (Slika 9.) [30].



Slika 9. Strukturna formula antocijanina [31].

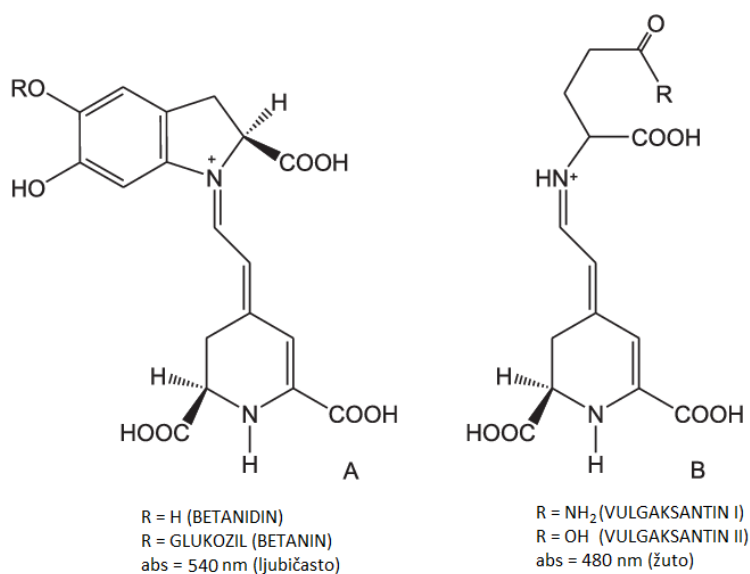
Na intenzitet i vrstu boje antocijanina utječe broj hidroksilnih i metoksilnih skupina, odnosno ako je prisutno više hidroksilnih skupina, tada boja ide prema plavkastoj nijansi. Ako je prisutno više metoksilnih skupina, tada boja ide prema crvenoj nijansi [31].

Tablica 5. Prikaz najčešćih antocijana koji su identificirani u različitim vrstama voća, povrća te jestivog cvijeća [31].

| Antocijanini | R1 | R2 | R3 | Boja koju proizvodi |
|--------------|-------------------|-------------------|----|----------------------------------|
| Pelargonidin | -H | -H | -H | „losos“ narančasta |
| Cijanidin | -OH | -H | -H | purpurno crvena i grimizna |
| Peonidin | -OCH ₃ | -H | -H | purpurno crvena |
| Malvidin | -OCH ₃ | -OCH ₃ | -H | ljubičasta |
| Petunidin | -OCH ₃ | -OH | -H | ljubičasta |
| Delfinidin | -OH | -OH | -H | ljubičasta, blijedoplava i plava |

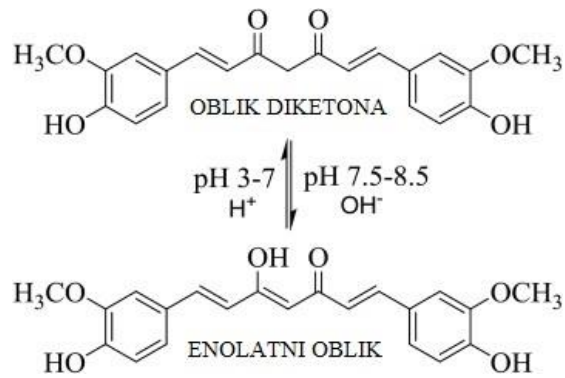
Cikla (*Beta vulgaris* L.) je glavni izvor betalaina koji su prisutni u gomoljastom dijelu biljke te daju crveno-ljubičastu boju cikli i djeluju kao antioksidansi. Betalanini su heterociklički spojevi i dušikovi pigmenti topljivi u vodi te pripadaju jednoj od klasa betalaina imaju izvrsnu stabilnost pri pH 4 i 5 i umjerenu stabilnost između pH 3 i 4 te između pH 5 i 7. Na stabilnost ovih spojeva utječu svjetlost, temperatura, prisutnost kisika, enzimi (poput polifenoloksidaza i peroksidaza). Oni nastaju iz prekursora kao što je betalamična kiselina. Betalaini imaju opću strukturu popraćenu supstituentom R1 ili R2, gdje supstituenti mogu

biti jednostavni vodik ili složeniji radikal. Prema kemijskoj strukturi mogu se podijeliti u dvije podskupine. Prva podskupina su betaksantini koji su odgovorni za narančasto-žutu boju (poput vulgaksantina I i II i indikaksantina), te druga skupina su betacijanini koji su odgovorni za crveno-ljubičastu obojenost (poput betanina, prebetanina, izobetanina) (Slika 10.). Cikla sadrži i betacijanine i betaksantine te su ovi pigmenti najviše prisutni u ljusci povrća [32]. U kiselom području javlja se crveno obojenje dok je u lužnatom području ljubičasto obojenje otopine.



Slika 10. Strukture glavnih boja za ciklu: A) betacijanini (poznati i kao betanin (sa šećerom) i betanidin (bez šećera), B) betaksantini [33].

Kurkuma (*Curcuma longa* L.) se najčešće koristi kao začim u prehrani te je za boju kurkume odgovoran žuti pigment kurkumin. Kurkumin mijenja boju između pH od 7,4 do 8,6. U kiselom i neutralnom mediju se javlja žuto obojenje, dok u bazičnoj sredini pokazuje narančastu ili crvenkasto-smeđu boju (Slika 11.) [34].



Slika 11. Molekularna konfiguracija kurkumina u kiseljoj/neutralnoj otopini i alkalnoj otopini [35].

2.1.2.2. Bioaktivni spojevi u biljkama

Phenol-Explorer je prva opsežna baza podataka koja prikazuje sadržaj polifenola u hrani. Baza sadrži preko 35 000 vrijednosti sadržaja za 500 različitih polifenola u više od 400 namirnica. Ti podaci su izvedeni iz sustavnog prikupljanja više od 60 000 izvornih vrijednosti koncentracije polifenola objavljenih u preko 1 300 znanstvenih radova. Svaka od ovih publikacija kritički je ocijenjena prije uključivanja u bazu podataka. U ovom radu korištena je baza Phenol-Explorer 3.6 (lipanj 2015.) te sadrži 1 451 dodatih vrijednosti polifenola u odnosu na prehodnu bazu, a u pitanju su lignani. Phenol-Explorer razvijen je u INRA-i u suradnji s AFSSA-om, Sveučilištem Alberta, Sveučilištem u Barceloni, IARC-om i In Silifloom. Rezultati pretrage u Phenol-Explorer prikazani su u Tablicama 6.-23. U tablicama su prikazani iznosi srednje vrijednosti koje su izražene u mg/100 g, minimuma, maksimuma i standardne devijacije (oznaka SD) za eksperimentalno dobivene vrijednosti. Prikazane vrijednosti su dobivene metodom kromatografije.

Tablica 6. Bioaktivni spojevi u svježoj šljivi [36-41]. Legenda: min – minimum, max – maksimum, SD – standardna devijacija. Srednja vrijednost izračena je u mg/100g.

| Flavonoidi | | srednja vrijednost | min | max | SD |
|---------------------------------|---|--------------------|-------|--------|-------|
| Antocijanini | cijanidin-3- <i>O</i> -glukozid | 8.63 | 0.00 | 64.10 | 12.93 |
| | cijanidin-3- <i>O</i> -rutinozid | 33.85 | 0.00 | 144.80 | 30.44 |
| | peonidin-3- <i>O</i> -glukozid | 0.46 | 0.00 | 2.30 | 0.68 |
| | peonidin-3- <i>O</i> -rutinozid | 4.85 | 0.00 | 9.70 | 6.86 |
| Flavanoli | (+)-katehin | 4.60 | 3.35 | 5.40 | 1.13 |
| | (-)-epikatehin | 2.22 | 0.00 | 4.35 | 2.21 |
| | procijanidin dimer B1 | 8.84 | 8.84 | 8.84 | 0.00 |
| | procijanidin dimer B2 | 5.20 | 5.20 | 5.20 | 0.00 |
| | procijanidin dimer B3 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.00 |
| | procijanidin dimer B4 | 1.02 | 1.02 | 1.02 | 0.00 |
| | procijanidin dimer B5 | 1.59 | 1.59 | 1.59 | 0.00 |
| | procijanidin dimer B7 | 4.69 | 4.69 | 4.69 | 0.00 |
| | procijanidin trimer C1 | 10.01 | 10.01 | 10.01 | 0.00 |
| procijanidin trimer EEC | 7.73 | 7.73 | 7.73 | 0.00 | |
| Flavonoli | kvercetin-3- <i>O</i> -galaktozid | 0.27 | 0.00 | 5.37 | 1.11 |
| | kvercetin-3- <i>O</i> -glukozid | 0.54 | 0.00 | 3.70 | 1.05 |
| | kvercetin-3- <i>O</i> -rutinozid | 5.90 | 1.00 | 15-57 | 3.74 |
| Fenolne kiseline | | | | | |
| Hidroksicimetne kiseline | 3-kafeoil kininska kiselina | 75.88 | 2.68 | 215.40 | 57.43 |
| | 3-feruloil kininska kiselina | 1.85 | 1.20 | 2.90 | 0.74 |
| | 3- <i>p</i> -kumaroil kininska kiselina | 1.49 | 0.40 | 3.60 | 1.25 |
| | 4-kafeoil kininska kiselina | 1.40 | 0.00 | 5.60 | 2.80 |
| | 5-kafeoil kininska kiselina | 8.40 | 0.90 | 21.00 | 5.47 |
| | 5-feruloil kininska kiselina | 0.05 | 0.00 | 0.20 | 0.10 |

Tablica 7. Bioaktivni spojevi u suhoj šljivi [38, 42].

| Flavonoidi | | srednja vrijednost | min | max | SD |
|---------------------------------|---|--------------------|-------|--------|-------|
| Flavonoli | kvercetin-3- <i>O</i> -rutinozid | 2.50 | 0.00 | 6.50 | 2.62 |
| Fenolne kiseline | | | | | |
| Hidroksicimetne kiseline | 3-kafeoil kininska kiselina | 118.59 | 92.80 | 148.50 | 18.83 |
| | 3- <i>p</i> -kumaroil kininska kiselina | 1.32 | 1.00 | 1.50 | 0.35 |
| | 4-kafeoil kininska kiselina | 31.25 | 28.80 | 35.10 | 3.01 |
| | 5-kafeoil kininska kiselina | 38.79 | 5.30 | 43.60 | 18.48 |
| | kavena kiselina | 1.11 | 0.90 | 2.80 | 0.84 |
| | <i>p</i> -kumarinska kiselina | 1.11 | 0.00 | 2.90 | 1.16 |

Tablica 8. Bioaktivni spojevi u soku od šljiva (čisti sok) [43].

| Flavonoidi | | srednja vrijednost | min | max | SD |
|--------------------------|-----------------------------|--------------------|------|-------|-------|
| Dihidrohalkoni | flodrizin | 5.85 | 1.70 | 10.00 | 5.87 |
| Flavonoli | (+)-katehin | 24.70 | 8.40 | 41.00 | 23.05 |
| Fenolne kiseline | | | | | |
| Hidroksicimetne kiseline | 5-kafeoil kininska kiselina | 20.35 | 2.80 | 37.90 | 24.82 |

Tablica 9. Bioaktivni spojevi u svježoj trešnji [37, 44-49].

| Flavonoidi | | srednja vrijednost | min | max | SD |
|---------------------------------|---|--------------------|------|--------|-------|
| Antocijanini | cijanidin-3- <i>O</i> -glukozid | 18.73 | 0.00 | 48.00 | 16.32 |
| | cijanidin-3- <i>O</i> -rutinozid | 143.27 | 1.57 | 393.00 | 97.62 |
| | pelargonidin-3- <i>O</i> -rutinozid | 1.24 | 0.00 | 3.91 | 1.30 |
| | peonidin-3- <i>O</i> -glukozid | 0.76 | 0.00 | 3.00 | 0.84 |
| | peonidin-3- <i>O</i> -rutinozid | 7.42 | 0.00 | 27.50 | 7.54 |
| Flavanoli | (+)-katehin | 1.50 | 0.61 | 2.17 | 1.10 |
| | (-)-epikatehin | 7.78 | 5.45 | 9.53 | 2.88 |
| | (-)-epikatehin-3- <i>O</i> -galat | 0.09 | 0.00 | 0.20 | 0.14 |
| | (-)-epigalokatehin | 0.05 | 0.00 | 0.11 | 0.08 |
| | procijanidin dimer B1 | 0.23 | 0.23 | 0.23 | 0.00 |
| | procijanidin dimer B2 | 2.10 | 2.10 | 2.10 | 0.00 |
| | procijanidin dimer B3 | 0.08 | 0.08 | 0.08 | 0.00 |
| | procijanidin dimer B4 | 0.18 | 0.18 | 0.18 | 0.00 |
| | procijanidin dimer B5 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.00 |
| | procijanidin dimer B7 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 0.00 |
| | procijanidin trimer C1 | 1.85 | 1.85 | 1.85 | 0.00 |
| Fenolne kiseline | | | | | |
| Hidroksicimetne kiseline | 3-kafeoil kininska kiselina | 44.71 | 8.20 | 128.16 | 33.70 |
| | 3-feruloil kininska kiselina | 0.43 | 0.00 | 0.80 | 0.40 |
| | 3- <i>p</i> -kumaroil kininska kiselina | 38.43 | 7.18 | 131.45 | 41.30 |
| | 4-kafeoil kininska kiselina | 0.77 | 0.00 | 1.80 | 0.93 |
| | 4- <i>p</i> -kumaroil kininska kiselina | 1.27 | 1.10 | 1.50 | 0.21 |
| | 5-kafeoil kininska kiselina | 2.20 | 1.80 | 2.50 | 0.36 |

Tablica 10. Bioaktivni spojevi u svježoj višnji [43, 44].

| Flavonoidi | | srednja vrijednost | min | max | SD |
|---------------------------------|---|--------------------|-------|--------|-------|
| Antocijanini | cijanidin-3- <i>O</i> -glukozid | 1.12 | 0.35 | 2.42 | 1.13 |
| | cijanidin-3- <i>O</i> -glukozil-rutinozid | 43.63 | 6.20 | 109.70 | 57.39 |
| | cijanidin-3- <i>O</i> -rutinozid | 6.98 | 0.97 | 13.80 | 6.45 |
| | peonidin-3- <i>O</i> -rutinozid | 2.70 | 2.70 | 2.70 | 0.00 |
| Fenolne kiseline | | | | | |
| Hidroksicimetne kiseline | 3-kafeoil kininska kiselina | 19.10 | 8.20 | 40.50 | 18.53 |
| | 3-feruloil kininska kiselina | 0.13 | 0.00 | 0.40 | 0.23 |
| | 3- <i>p</i> -kumaroil kininska kiselina | 13.97 | 10.60 | 20.00 | 5.24 |
| | 4-kafeoil kininska kiselina | 0.27 | 0.00 | 0.80 | 0.46 |
| | 4-feruloil kininska kiselina | 0.07 | 0.00 | 0.20 | 0.12 |
| | 4- <i>p</i> -kumaroil kininska kiselina | 1.47 | 0.70 | 3.00 | 1.33 |
| | 5-kafeoil kininska kiselina | 7.20 | 5.50 | 9.60 | 2.14 |
| | 5-feruloil kininska kiselina | 0.07 | 0.00 | 0.20 | 0.12 |
| | 5- <i>p</i> -kumaroil kininska kiselina | 0.10 | 0.00 | 0.30 | 0.17 |

Tablica 11. Bioaktivni spojevi u džemu od višnje [50].

| Flavonoidi | | srednja vrijednost | min | max | SD |
|---------------------|---|--------------------|------|------|------|
| Antocijanini | cijanidin-3- <i>O</i> -glukozil-rutinozid | 5.20 | 5.20 | 5.20 | 0.00 |
| | cijanidin-3- <i>O</i> -rutinozid | 1.10 | 1.10 | 1.10 | 0.00 |

Tablica 12. Bioaktivni spojevi u svježoj marelici [37, 52].

| Flavonoidi | | srednja vrijednost | min | max | SD |
|------------------|-----------------------------------|-----------------------|------|------|------|
| Flavanoli | (+)-katehin | 2.96 | 0.31 | 4.95 | 3.28 |
| | (-)-epikatehin | 3.47 | 0.02 | 6.06 | 4.27 |
| | procijanidin dimer B1 | 0.09 | 0.09 | 0.09 | 0.00 |
| | procijanidin dimer B3 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.00 |
| | procijanidin dimer B7 | 1.00×10^{-2} | 0.01 | 0.01 | 0.00 |
| | procijanidin trimer EEC | 1.00×10^{-2} | 0.01 | 0.01 | 0.00 |
| Flavonoli | kaempferol-3- <i>O</i> -rutinozid | 0.12 | 0.01 | 0.56 | 0.15 |
| | kvercetin 3- <i>O</i> -rutinozid | 0.83 | 0.24 | 2.27 | 0.61 |

Tablica 13. Bioaktivni spojevi u džemu od marelica [38].

| Flavonoidi | | srednja vrijednost | min | max | SD |
|-------------------------|-----------------------------------|--------------------|------|------|------|
| Flavanoli | (+)-katehin | 0.47 | 0.47 | 0.47 | 0.00 |
| | (-)-epikatehin | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.00 |
| Flavonoli | kaempferol-3- <i>O</i> -rutinozid | 0.24 | 0.13 | 0.34 | 0.07 |
| | kvercetin 3- <i>O</i> -rutinozid | 1.42 | 0.63 | 2.12 | 0.56 |
| Fenolne kiseline | | | | | |
| | 5-kafeoil kininska kiselina | 3.97 | 1.22 | 9.00 | 2.80 |

Tablica 14. Bioaktivni spojevi u oguljenoj breskvi [45, 53-55].

| Flavonoidi | | srednja vrijednost | min | max | SD |
|--------------------------|-----------------------------------|-----------------------|------|-------|-------|
| Antocijanini | cijanidin-3- <i>O</i> -glukozid | 0.28 | 0.00 | 1.32 | 0.35 |
| Flavanoli | (+)-katehin | 5.47 | 0.53 | 19.67 | 4.97 |
| | (-)-epikatehin | 7.97 | 0.65 | 16.48 | 4.19 |
| | (-)-epikatehin-3- <i>O</i> -galat | 1.00×10^{-2} | 0.01 | 0.01 | 0.00 |
| | procijanidin dimer B1 | 25.77 | 0.71 | 68.74 | 19.57 |
| | procijanidin dimer B2 | 2.32 | 2.32 | 2.32 | 0.00 |
| | procijanidin dimer B3 | 2.44 | 0.07 | 8.50 | 2.04 |
| | procijanidin dimer B4 | 0.13 | 0.13 | 0.13 | 0.00 |
| | procijanidin dimer B5 | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.00 |
| | procijanidin dimer B7 | 1.30 | 1.30 | 1.30 | 0.00 |
| | procijanidin trimer C1 | 2.53 | 2.53 | 2.53 | 0.00 |
| | procijanidin trimer EEC | 0.34 | 0.34 | 0.34 | 0.00 |
| Flavonoli | kvercetin-3- <i>O</i> -galaktozid | 0.71 | 0.00 | 1.46 | 0.41 |
| Fenolne kiseline | | | | | |
| Hidroksicimetne kiseline | 3-kafeoil kininska kiselina | 4.13 | 0.90 | 8.15 | 2.09 |
| | 5-kafeoil kininska kiselina | 5.25 | 0.70 | 24.22 | 5.06 |
| | kavena kiselina | 0.63 | 0.00 | 1.20 | 0.47 |

Tablica 15. Bioaktivni spojevi u cijeloj breskvi [38].

| Flavonoidi | | srednja vrijednost | min | max | SD |
|--------------------------|---|--------------------|------|-------|-------|
| Flavanoli | (+)-katehin | 2.33 | 2.33 | 2.33 | 0.00 |
| Fenolne kiseline | | | | | |
| Hidroksicimetne kiseline | 3-kafeoil kininska kiselina | 8.75 | 3.30 | 14.20 | 7.71 |
| | 3-feruloil kininska kiselina | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.00 |
| | 3- <i>p</i> -kumaroil kininska kiselina | 0.35 | 0.30 | 0.40 | 0.07 |
| | 5-kafeoil kininska kiselina | 15.55 | 4.30 | 26.80 | 15.91 |

Tablica 16. Bioaktivni spojevi u oguljenoj nektarini [53, 56].

| Flavonoidi | | srednja vrijednost | min | max | SD |
|---------------------------------|-----------------------------------|--------------------|------|-------|-------|
| Antocijanini | cijanidin-3- <i>O</i> -glukozid | 0.56 | 0.00 | 2.36 | 0.66 |
| Flavanoli | (+)-katehin | 4.78 | 0.00 | 23.60 | 5.41 |
| | (-)-epikatehin | 2.98 | 1.32 | 5.64 | 1.14 |
| | procijanidin dimer B1 | 25.77 | 0.71 | 68.74 | 19.57 |
| Flanonoli | kvercetin-3- <i>O</i> -galaktozid | 0.57 | 0.00 | 1.60 | 0.46 |
| Fenolne kiseline | | | | | |
| Hidroksicimetne kiseline | 3-kafeoil kininska kiselina | 5.13 | 1.15 | 18.30 | 3.75 |
| | 5-kafeoil kininska kiselina | 8.19 | 2.31 | 27.71 | 5.51 |

Tablica 17. Bioaktivni spojevi u cijeloj nektarini [44, 56].

| Flavonoidi | | srednja vrijednost | min | max | SD |
|---------------------------------|------------------------------------|--------------------|------|-------|------|
| Antocijanini | malvidin-3,5- <i>O</i> -diglukozid | 0.30 | 0.00 | 1.78 | 0.64 |
| Flavanoli | (+)-katehin | 4.72 | 1.09 | 11.29 | 3.67 |
| | procijanidin dimer B1 | 9.95 | 2.80 | 17.17 | 5.26 |
| Flanonoli | kvercetin-3- <i>O</i> -galaktozid | 0.11 | 0.00 | 0.47 | 0.20 |
| | kvercetin-3- <i>O</i> -rutinozid | 0.10 | 0.00 | 0.56 | 0.21 |
| Fenolne kiseline | | | | | |
| Hidroksicimetne kiseline | 3-kafeoil kininska kiselina | 3.96 | 1.83 | 6.16 | 1.50 |
| | 5-kafeoil kininska kiselina | 6.08 | 3.49 | 8.61 | 1.58 |

Tablica 18. Bioaktivni spojevi u svježoj jabuci [37, 44, 57-63].

| Flavonoidi | | srednja vrijednost | min | max | SD |
|-----------------------|---|--------------------|------|-------|------|
| Antocijanini | cijanidin-3- <i>O</i> -arabinozid | 0.06 | 0.00 | 0.17 | 0.07 |
| | cijanidin-3- <i>O</i> -galaktozid | 0.81 | 0.00 | 3.11 | 0.88 |
| | cijanidin-3- <i>O</i> -ksilozid | 0.06 | 0.00 | 0.21 | 0.09 |
| Dihidročalkoni | 3-hidrofloretin-2- <i>O</i> -glukozid | 0.11 | 0.00 | 0.29 | 0.12 |
| | floretin-2- <i>O</i> -ksilozil-glukozid | 2.58 | 0.88 | 7.99 | 2.09 |
| | floridzin | 2.69 | 0.64 | 9.11 | 1.92 |
| Flavanoli | (+)-katehin | 1.22 | 0.00 | 3.40 | 0.83 |
| | (-)-epikatehin | 8.37 | 1.80 | 19.16 | 3.67 |
| | procijanidin dimer B2 | 14.56 | 0.90 | 38.46 | 9.19 |
| Flanonoli | kvercetin | 0.13 | 0.00 | 0.22 | 0.06 |
| | kvercetin-3- <i>O</i> -arabinozid | 1.40 | 0.72 | 4.44 | 1.12 |
| | kvercetin-3- <i>O</i> -galaktozid | 2.36 | 0.96 | 4.80 | 1.20 |
| | kvercetin-3- <i>O</i> -glukozid | 0.64 | 0.20 | 2.40 | 0.77 |
| | kvercetin-3- <i>O</i> -ramozid | 1.33 | 0.52 | 5.30 | 1.57 |
| | kvercetin-3- <i>O</i> -rutinozid | 0.22 | 0.10 | 0.32 | 0.06 |
| | kvercetin-3- <i>O</i> -ksilozid | 0.78 | 0.50 | 2.28 | 0.58 |

| Fenolne kiseline | | | | | |
|----------------------------|---|-------|------|-------|-------|
| Hidroksibenzojeve kiseline | gentizična kiselina | 0.22 | 0.13 | 0.29 | 0.08 |
| | siringinska kiselina | 0.90 | 0.00 | 2.63 | 1.21 |
| Hidroksicimetne kiseline | 4-kafeoil kininska kiselina | 0.54 | 0.00 | 0.76 | 0.44 |
| | 4- <i>p</i> -kumaroil kininska kiselina | 2.25 | 0.32 | 6.77 | 1.92 |
| | 5-kafeoil kininska kiselina | 13.37 | 1.60 | 43.00 | 11.26 |
| | 5- <i>p</i> -kumaroil kininska kiselina | 1.05 | 1.00 | 1.10 | 0.07 |
| | kavena kiselina | 0.33 | 0.00 | 0.93 | 0.45 |
| | ferulična kiselina | 0.07 | 0.00 | 0.21 | 0.10 |
| | <i>p</i> -kumarna kiselina | 0.27 | 0.00 | 0.70 | 0.21 |

Tablica 19. Bioaktivni spojevi u džemu od jabuke [64].

| Flavonoidi | | srednja vrijednost | min | max | SD |
|----------------|---|--------------------|------|------|------|
| Dihidročalkoni | floretin-2- <i>O</i> -ksilozil-glukozid | 0.17 | 0.17 | 0.17 | 0.00 |
| | floridzin | 0.23 | 0.23 | 0.23 | 0.00 |

Tablica 20. Bioaktivni spojevi soku od jabuke [64-70].

| Flavonoidi | | srednja vrijednost | min | max | SD |
|----------------------------|---|-----------------------|-------|-------|-----------------------|
| Dihidročalkoni | floretin | 0.14 | 0.00 | 0.56 | 0.26 |
| | floretin-2- <i>O</i> -ksilozil-glukozid | 1.57 | 0.14 | 3.79 | 1.15 |
| | floridzin | 2.68 | 0.36 | 19.61 | 4.60 |
| Flavanoli | (+)-katehin | 1.95 | 0.00 | 6.95 | 2.26 |
| | (-)-epikatehin | 7.76 | 0.54 | 22.56 | 7.73 |
| | procijanidin dimer B1 | 0.86 | 0.00 | 2.75 | 1.01 |
| | procijanidin dimer B2 | 7.91 | 0.06 | 22.94 | 7.11 |
| | procijanidin trimer C1 | 29.97 | 19.93 | 40.00 | 14.19 |
| Flavonoli | kaempferol | 4.57×10^{-3} | 0.00 | 0.01 | 4.58×10^{-3} |
| | kvercetin | 0.47 | 0.00 | 6.98 | 2.26 |
| | kvercetin-3- <i>O</i> -arabinozid | 5.56×10^{-3} | 0.00 | 0.05 | 0.02 |
| | kvercetin-3- <i>O</i> -galaktozid | 0.23 | 0.00 | 0.59 | 0.19 |
| | kvercetin-3- <i>O</i> -glukozid | 0.11 | 0.00 | 0.36 | 0.10 |
| | kvercetin-3- <i>O</i> -ramozid | 0.73 | 0.00 | 3.36 | 1.11 |
| | kvercetin-3- <i>O</i> -rutinozid | 0.35 | 0.00 | 1.25 | 0.54 |
| | kvercetin-3- <i>O</i> -ksilozid | 8.22×10^{-3} | 0.00 | 0.04 | 0.02 |
| Fenolne kiseline | | | | | |
| Hidroksibenzojeve kiseline | galna kiselina | 0.66 | 0.00 | 1.36 | 0.77 |
| | protokatehuinska kiselina | 0.76 | 0.00 | 1.64 | 0.89 |
| Hidroksicimetne kiseline | 4- <i>p</i> -kumaroil kininska kiselina | 1.42 | 0.91 | 2.21 | 0.57 |
| | 5-kafeoil kininska kiselina | 8.24 | 1.00 | 64.55 | 18.24 |
| | kavena kiselina | 0.68 | 0.00 | 4.99 | 1.44 |
| | ferulična kiselina | 0.07 | 0.00 | 1.35 | 0.43 |
| | <i>o</i> -kumarna kiselina | 2.20 | 1.08 | 3.33 | 1.59 |
| | <i>p</i> -kumarna kiselina | 0.19 | 0.00 | 2.79 | 0.82 |
| | <i>p</i> -kumaroil glukoza | 0.09 | 0.00 | 0.15 | 0.05 |
| | <i>p</i> -kumaroil kininska kiselina | 0.82 | 0.38 | 1.05 | 0.23 |

Tablica 21. Bioaktivni spojevi u cijeloj kruški [37, 44, 62, 68].

| Flavonoidi | | srednja vrijednost | min | max | SD |
|-------------------------------|------------------------------------|-----------------------|------|-------|-------|
| Flavanoli | (+)-katehin | 0.28 | 0.00 | 0.96 | 0.35 |
| | (-)-epikatehin | 3.77 | 0.16 | 7.54 | 2.65 |
| Flavonoli | izorhamnetin 3- <i>O</i> -glukozid | 0.45 | 0.09 | 0.91 | 0.42 |
| | kvercetin-3- <i>O</i> -galaktozid | 0.07 | 0.00 | 0.11 | 0.06 |
| | kvercetin-3- <i>O</i> -glukozid | 0.21 | 0.06 | 0.35 | 0.15 |
| | kvercetin-3- <i>O</i> -rutinozid | 0.04 | 0.02 | 0.06 | 0.02 |
| Fenolne kiseline | | | | | |
| Hidroksibenzojeve kiseline | gentizična kiselina | 0.54 | 0.50 | 0.58 | 0.06 |
| Hidroksicimetne kiseline | 5-kafeoil kininska kiselina | 11.27 | 1.50 | 51.80 | 18.56 |
| Ostali polifenoli | | | | | |
| Ostali | arbutin | 0.05 | 0.00 | 0.10 | 0.05 |

Tablica 22. Bioaktivni spojevi u soku od kruške [71].

| Flavonoidi | | srednja vrijednost | min | max | SD |
|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------|------|-------|------|
| Flavonoli | (-)-epikatehin | 3.24 | 1.19 | 8.13 | 2.34 |
| Fenolne kiseline | | | | | |
| Hidroksicimetne kiseline | 5-kafeoil kininska kiselina | 15.03 | 7.31 | 24.80 | 5.68 |
| | kavena kiselina | 0.74 | 0.24 | 1.14 | 0.39 |
| | <i>p</i> -kumarna kiselina | 0.08 | 0.00 | 0.30 | 0.10 |

Tablica 23. Bioaktivni spojevi u džemu od dunje (oguljena) [72].

| Flavonoidi | | srednja vrijednost | min | max | SD |
|-----------------------------|-----------------------------------|-----------------------|------|------|------|
| Flavonoli | kvercetin-3- <i>O</i> -galaktozid | 0.18 | 0.18 | 0.18 | 0.00 |
| | kvercetin-3- <i>O</i> -rutinozid | 0.19 | 0.19 | 0.19 | 0.00 |
| Fenolne kiseline | | | | | |
| Hidroksicimetne kiseline | 3,5-dikafeoil kininska kiselina | 0.44 | 0.44 | 0.44 | 0.00 |
| | 3-kafeoil kininska kiselina | 4.31 | 4.31 | 4.31 | 0.00 |
| | 4-kafeoil kininska kiselina | 0.87 | 0.87 | 0.87 | 0.00 |
| | 5-kafeoil kininska kiselina | 5.84 | 5.84 | 5.84 | 0.00 |

2.2. Porodica ružovki, Rosaceae

Porodica Rosaceae prvenstveno se nalazi u umjerenoj sjevernoj zoni i obuhvaća najmanje 2 830 vrsta u 95 rodova. Većina vrsta je listopadna i uglavnom su višegodišnje, ali postoje i jednogodišnje biljke [73].

Listovi su cjeloviti, izmjenični, imaju zaliske te rastu bočno iz osnovne lisne drške odnosno bifacijalan tip lista. Trnovi se javljaju kod mnogih predstavnika ove porodice. Cvjetovi su dvospolni, a laticice i lapovi su međusobno razdvojeni. Također sadrže mnogo prašnika te imaju različit položaj plodnice (obrasla, podrasla, nadrasla). Cvjetovi su radijalno simetrični s pet zasebnih laticica, a sjemeni zametci su najčešće viseći ili uspravni. Prašnici su često brojni i javljaju se u kolotovima od četiri ili pet. Niti su obično slobodne, a kad je prisutan hipantij onda su prašnici pričvršćeni za rub [74].

Porodica je važna zbog ljudske prehrane odnosno voćne vrste kao što su kruška, dunja, višnja, breskva, šljiva i koriste se u pripremi različite hrane. Također osim u prehrani, koriste se i kao ukrasne biljke, kao na primjer ruža (*Rosa sp. L.*), vatreni trn (*Pyracantha coccinea Roem*), glog (*Crataegus sp. L.*) i dr. U Tablici 24. nalaze se opće karakteristike potporodica [75].

Porodica je podijeljena na četiri potporodice: Rosoideae, Maloideae, Prunoideae i Spiraeoideae [75].

Tablica 24. Prikaz glavnih karakteristika potporodica porodice Rosaceae [75].

| Karakteristike | Potporodice | | | |
|------------------------|--|--|---|------------------------------------|
| | Spiraeoideae | Rosoideae | Maloideae | Prunoideae |
| Broj rodova/ vrsta | Rodova: 17 Vrsta: 140 | Rodova: 40- 50 Vrsta: 300-500 | Rodova: 28 Vrsta: 940-1100 | Rodova: 1 Vrsta: 400-430 |
| Karakteristični rodovi | Spiraea, Sibirea, Physocarpus | Rosa, Rubus, Fragaria, Potentilla, Geum, Cercocarpus | Malus, Pyrus, Sorbus, Cydonia, Crataegus, Amelanchier | Prunus |
| Habitus | grmlje | zeljasto bilje, grmlje, maleno drveće | grmlje ili drveće | grmlje ili drveće |
| Palistići | izostaju | prisutni | prisutni | prisutni |
| Listovi | jednostavni, povremeno perasto sastavljeni | perasto ili dlanasto sastavljeni | jednostavni, povremeno perasto sastavljeni | jednostavni |
| Položaj plodnice | nadrasla, obrasla | nadrasla, obrasla | podrasla | nadrasla, obrasla |
| Cvjetovi | perigini, hipogini | perigini, hipogini | epigini | perigini, hipogini |
| Plodni listovi | (1) 2 do obično 5 (8) | obično mnogo | obično 5 | 1 (redukcijom do osnovnog broja 5) |
| Ginecej ¹ | korikarpan | korikarpan | sinkarpan | monokarpan |
| Plod | mnogosjemeni mjehur, zbirni plodovi | oraščić, koštunica, zbirni plodovi | jezgričasti plodovi | koštunice |

2.2.1. Potporodica Prunoideae

Najčešći predstavnici ove porodice su listopadna stabla i grmovi. Uglavnom raspoređene u umjerenom pojasu. Na granama se nalaze cjelovito listovi, a cvjetovi su pravilni. Imaju mnogobrojne prašnike, ali samo jednu obraslu plodnicu (Tablica 24.). Plod je kod ove porodice jednosjemen te se najčešće može konzumirati svjež ili preraditi u određene prehrambene proizvode kao što su džemovi, sirupi, sokovi i dr. [76].

¹ Tučak, lat. *pistillum*

2.2.1.1. Šljiva

Šljiva (*Prunus domestica* L.) je listopadno srednje visoko stablo koje je uspravne i razgranate krošnje. Potječe iz istočne Europe ili zapadne Azije [77]. Kora je kod mladice glatka, siva i pokrivena bjelkastim lenticelama, dok je kasnije uzdužno ispucana. Listovi su jednostavni, naizmjenični te se nalaze na dugim peteljka. Listovi mogu biti ovalni ili eliptični, tupasti ili ušiljenog vrha. Pupovi su ušiljeni i prekriveni tamnosmeđim ljuskama kojie su dlakave na rubu i imaju stožast oblik. Cvjetovi su dvospolni, pravilni, a ocvijeće im je dvostruko te se sastoji od čaške koja ima pet okruglastih lapova i vjenčića. Tučak je jedan te ima obraslu plodnicu. Šljive cvatu u travnju oko 4-5 dana za vrijeme listanja. Plodovi šljive su ovalne koštunice. Također, plod je najčešće plav te može biti žute ili crvene boje. Sočan je a vrijeme dozrijevanja ovisi o sorti [78]. Plodovi su jestivi, a najčešće se jedu sirovi, osušeni. Najčešće se prerađuju za dobivanje pekmeza i rakije. Plod je bogat vitaminima A i C te spadaju u niskokalorično voće [79]. Smatra se da suhe šljive sprječavaju hipertenziju, anemiju i poboljšavaju probavu [77].

U Hrvatskoj je najpoznatija sorta bistrica čiji plodovi sazrijevaju tijekom rujna, a plod je plav, srednje krupne veličine [78].



Slika 12. Prikaz grane s listovima i plodovima šljive [80].

2.2.1.2. Trešnja

Trešnja (*Prunus avium* L.) je listopadano drvo s jakim, i raširenom krošnjom. Trešnja raste na području cijele Europe i zapadnim dijelovima Azije [81]. Kora je tanka, žilava i kožasta s izraženim vodoravnim hršavim lenticelama, a poslije se odvaja u tankim

vodoravnim trakama. Trešnja posjeduje jak i dubok korijen, a izboji su sjajni, goli i prekriveni krupnim lenticelama. Listovi su jednostavni, naizmjenični, eliptični te pilasto nazubljenih rubova. Pupovi kod trešanja su jajasti ili čunjasti. Cvjetovi su dvospolni, jednodomni i pravilni i imaju dvostruki ocvijet. Tučak ima dva sjemena zametka, a prašnici su mnogobrojni i imaju žute prašnice i bijele prašničke niti. Plod je okrugao, mesnat i trešnja dozrijeva u lipnju [82]. Kada je plod ubran, on više ne dozrijeva pa se plod najčešće konzumira svjež. Najčešće se od ploda trešnje pripremaju kompoti i džemovi te likeri ili rakije [83]. Dobra je medonosna biljka te je med svijetložut i poslije vrcanja se brzo klistarizira. Peteljke ploda i listovi trešnje koriste se prilikom pripreme čaja jer listovi sadrže dosta vitamina C i karotina [82].



Slika 13. Prikaz ploda i listova trešnje [81].

2.2.1.3. Višnja

Višnja (*Prunus cerasus* L.) je listopadno stablo koje posjeduje okruglu i gustu krošnju. Korijen je relativno plitak, a grane su vitke. Najbolje dozrijeva kada se nalazi na obroncima i blagim padinama koje su okrenute prema jugu, jugoistoku i istoku [84]. Listovi su ovalni ili eliptični i naizmjenično raspoređeni, ušiljenog vrha i dvostruko nazubljenih rubova. Cvjetovi višanja su dvospolni i pravilni te skupljeni u gronjaste cvatove. Višnje imaju dvostruko ocvijeće, a plodnica sadrži 1-2 sjemena zametka. Također, prašnici su mnogobrojni. Plod je tamnocrvena koštunica i okruglog oblika. U Hrvatskoj je najpoznatija sorta koja se uzgaja u Dalmaciji, a naziva se višnja maraska zbog krupnih i sobnih plodova iz kojih se dobivaju sokovi i liker maraskin. Višnja je medonosna biljka te osim na cvjetovima ima i izvancvjetne nektarije na naličju listova [85]. Plod se koristi svjež ili se prerađuje u sok.



Slika 14. Prikaz ploda višnje i listova [85].

2.2.1.4. Marelica

Marelica (*Prunus armeniaca* L.) je srednjeg rasta i ima okruglastu krošnjju. Marelica ima ispucanu koru s izraženim lenticelama. Listovi marelice su jednostavni i ovalni, dvostruko nazubljeniog ruba i naizmjenično raspoređeni. Cvjetovi rastu na kratkim stapkama te imaju dvostruko ocvijeće. Tučak ima obraslu plodnicu, a prašnici su mnogobrojni. Plod je koštunica te je koštica velika i tvrda s jesnom sjemenkom [86]. Medonosna je biljka. Plod se jede svjež ili se suši, a također se može prerađivati u kompote i sokove [87]. Sjemenke su jestive i od sjemenki se hladnim prešanjem dobiva biljno ulje koje se primjenjuje u kozmetici [86].



Slika 15. Plod marelice [87].

2.2.1.5. Breskva

Breskva (*Prunus persica* L.) je listopadno stablo koje ima razgranatu, rijetku krošnjju s dugim granama. Kora je kod mladica smeđa i glatka s bjelkastim lenticelama, a poslije boja postaje sivkastosmeđa te je plitko uzdužno ispucana [88]. Listovi breskve su jednostavni, naizmjenični, eliptični ili lancetasti te nazubljenih rubova. Pupovi su jajasti, prekriveni

crvenkastosmeđim ljuskama. Cvjetovi su dvospolni s dvostrukim ocvijećem i mnogobrojnim prašnicima. Prašnici sadrže crvene prašnice, a tučak je jedan koji ima obraslu plodnicu. Plod je okruglasta, rebrasta koštunica koja je obavijena sočnim mesom i baršunastom kožicom. Plod se jede sirov ili se prerađuje u sokove i džemove. Od koštice breskve se radi persipan koji se koristi za pripravljanje slastica [89].



Slika 16. Plod breskve i listovi [88].

2.2.1.6. Nektarina

Nektarina (*Prunus persica* var. *nucipersica* L.) je podvrsta breskva koja posjeduje glatku kožu ploda. Najviše se uzgaja u toplim umjerenim područjima sjeverne i južne hemisfere. Izvor je vitamina A i C [90, 91]. Kada se breskve križaju ili samooprašuju, iz sjemena koje nosi recesivni alel za glatku kožu, a ponekad se nektarine mogu pojaviti na stablima breskve kao posljedica procesa varijacije pupoljaka ili vegetativnog odstupanja od normalnog [90].



Slika 17. Plod nektarine [90].

2.2.1.7. Japanska trešnja

Japanska trešnja (*Prunus serrulata* L.) je ukrasno stablo koje ima glatku koru s naizmjeničnim, eliptičnim listovima. Cvjetovi su bijeli do nježno rozi. Kod nas se najviše može naći po parkovima i vrtovima. Ima uzak rast i rijetku krošnju [92]. Cvijet japanske trešnje u Azijskim državama se koristi kao čaj i primjenjuje u kozmetici dok se u našim krajevima najviše koristi kao ukras za parkove i vrtove.



Slika 18. Cvijet japanske trešnje [92].

2.2.2. Potporodica Spiraeoideae

Karakteristika ove potporodice je to što imaju plod kao mjehur. Višesjemeni plod je razvijen od jednoga plodnog lista, a on se otvara uzduž trbušnog šava koji je pričvršćen za sjeme [76].

2.2.3. Potporodica Rosoideae

Ova potporodica karakteristična je po tome što imaju plodove koji su koštunice. To su sočni plodovi koji su razvijeni od jednog plodnog lista. Koštunice sadrže samo jednu sjemenku. Egzokarp predstavlja tanku kožicu, mezokarp im je sočan dok je endokarp drvenast te ga najčešće nazivamo koštunicom [76].

2.2.3.1. Divlja kupina

Divlja kupina (*Rubus caesius* L.) je višegodišnja biljka koja ima jak i žilav korijen. Listovi su tridijelni i naizmjenični a cvjetovi su pravilni, bijeli ili bijeloružičasti. Plod divlje kupine je sivomodar i složen, a svaki dio ploda sadrži crnu sjemenku. Zbog duge cvatnje

dobra je medonosna biljka. Plodovi se mogu jesti sirovi i prerađeni u sirupe ili pekmeze. Plodovi divlje kupine sadrže vitamin C, karotin, bioflavonoide i vitamin E [93].



Slika 19. Plod i listovi divlje kupine [93].

2.2.3.2. Divlja jagoda

Šumska jagoda (*Fragaria vesca* L.) je višegodišnja biljka koja ima dvospolne pojedinačne cvjetove te listove koji čine tri jajasta listića krupno pilastog ruba. Ima mnogo prašnika i tučkova, a plodovi su mali i okrugli. Razmnožava se vriježama i rjeđe sjemenom. Plodovi se mogu jesti sirovi ili prerađeni u džemove ili marmaleade. Listovi se mogu koristiti za čaj jer sadrže vitamina C [94].



Slika 20. Plod i listovi divlje jagode [94].

2.2.3.3. Ruža

Ruža (*Rosa* sp.) je zeljasta biljka koja se je prisutna u parkovima i okućnicama. Stabljika kod ruža je prekrivena trnjem. Cvjetovi su kod ruža različitih boja, a oni mogu biti jednostruki i djelomično dvostruki. Ruže dijelimo na tri osnovne skupine [95]:

1. Botaničke ili divlje ruže koje razvijaju dekorativni plod;
2. Starinske vrtne ruže;
3. Moderne vrtne ruže.

Ruže iz različitih regija svijeta se lako hibridiziraju te vrste koje se preklapaju s roditeljskim oblicima otežavaju određivanje osnovnih vrsta [96]. Ruže se najčešće uzgajaju u sjevernoj hemisferi i umjerenom klimi. Najviše se koriste dekorativno, ali se latice koriste u čajevima i pekmezima [97].



Slika 21. Prikaz cvijeta ruže [96].

2.2.4. Potporodica Maloideae

Potporodica Maloideae karakteristična je po tome što imaju jezgričaste plodove te su plodovi nepravi, sinkarpni, višesjemeni u čijoj se sredini nalazi dio koji je razvijen iz plodnice. Taj dio ima jezgru koja je građena od nekoliko pretinaca u kojem se nalaze sjemenke okružene hrskavim staničjem, dok je iz vrčastog cvjetišta zavijen sočni dio ploda [76].

2.2.4.1. Mušmulica

Mušmulica ili obična dunjarica (*Cotoneaster integerrimus* M.) je grm koji ima plitak, ali dobro razvijen korijen. Grane mušmulice su uspravne i razgranate a pupovi su mali, ušiljeno jajasti. Listovi su naizmjenični, ovalni, a cvijetovi su dvospolni, jednodomni s dvostrukim ocvijećem. Prašnici mu mnogobrojni, plodnica je nadržala. Plod je okrugao i gol te su plodovi jestivi [98]. Listove se ne koriste u prehrani jer posjeduju cijanogene glikozide [99].



Slika 22. Plod mušmulice [98].

2.2.4.2. Japanska dunja

Japanska dunja (*Chaenomeles japonica* (Thinb.) Pers) je listopadni grm koji ima uspravne i guste grane. Na granama se nalaze mnogobrojni trnovi, a listovi su naizmjenični, jajasto izduženi. Cvjetovi su dvospolni, ružičaste boje. Prašnici su mnogobrojni, a tučaka ima pet. Plod japanske dunje je žućkaste boje te okrugao do jajast. Medonosna je biljka, a najčešće se jednu plodovi japanske dunje koji su kiseli. Od plodova se mogu proizvesti džemovi i ostale prehrambene preradevine [100].

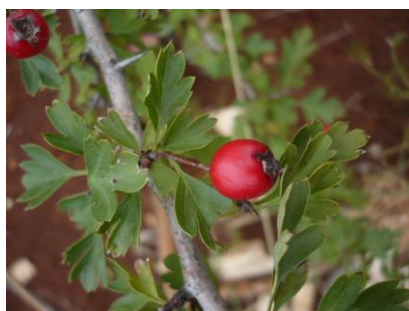


Slika 23. Cvijet japanske dunje [100].

2.2.4.3. Glog

Glog (*Crataegus sp.*) je grm koji najčešće raste uz rubove šuma i polja. Najznačajnije vrste su bijeli glog (*Crataegus monogyna*) i crveni glog (*Crataegus oxyacantha*). Crveni glog je trnovit s obrnuto jajolikim listovima. Cvjetovi su bijeli ili svjetloružičasti a plod je

jajolik ili kuglast. Bijeli glog ima crvene prašnice koje su manje od cvjetova crvenog gloga. Plodovi su manji sa po jednom sjemenkom. Monogyna označava vrstu koja ima samo jedan tučak [101]. Bobe gloga su kisele i najčešće se koriste za izradu želea, marmelada itd. Jestivi su i lisni pupovi i mladi listovi te se najčešće koriste u salatama. Medonosna je biljka, a bijeli glog se više koristi u medicinske svrhe [103].



Slika 24. Plod gloga [101].

2.2.4.4. Jabuka

Jabuka (*Malus domestica* L.) je listopadno stablo koje ima široku i gustu krošnju. Listovi jabuke su naizmjenični i jednostavni i posjeduju ovalni oblika. Pupovi su jajasti, postrani su manji, a cvjetovi su dvospolni, pravilni te imaju dvostruko ocvijeće. Imaju jedan tučak i mnogobrojne prašnike sa žutim prašnicama. Plodnica je podrasla, a plod koji se razvija je okruglast, jezgričav i sadrži sjemenke. Jabuke se razmnožavaju sjemenom i cijepljenjem [103]. Jabuka je voće koje je potrebno uzimati zbog toga što sadrži voćne šećere i voćne kiseline, vitamine, minerale, pektine i dr. [104].



Slika 25. Prikaz grane na kojoj se nalazi plod i listovi jabuke [105].

2.2.4.5. Kruška

Kruška (*Pyrus communis* L.) je listopadno stablo koje ima veliku i gustu krošnju. Korijen je dubok, slabo razgranat i vretenast, a kora je ispucana i pločasto išarana. Listovi kruške su naizmjenični i jednistavni te jajolikog oblika. Cvjetovi su dvospolni, pravilni, sadrže dvostruko ocvijeće. Prašnici su mnogobrojni s bijelim prašničkim nitima i crvenim prašnicama te posjeduju jedan tučak koji je građen od 2-5 međusobno sraslih plodnih listova [106]. Plodovi kruške se koriste na razne načine, a najčešće se konzumiraju svježe ili se prerađuju u sokove i džemove. Plod kruške je dobar izvor dijetalnih vlakana koji ljekovito djeluju na probavni i kardiovaskularni sustav [107].



Slika 26. Plod kruške [107].

2.2.4.6. Dunja

Dunja (*Cydonia oblonga* M.) je listopadno stablo koje je niskg rasta s gustom i širokom krošnjom. Listovi dunje su naizmjenični i jednistavni te na naličju dlakavi. Cvjetovi su dvospolni, pravilni s dvostrukim ocvijećem. Plodnica tučka je podrasla, a cvijet sadrži mnogobrojne prašnike koji imaju ljubičaste prašničke niti. Plod dunje je okruglast te uglavnom pretvrd, ali se može jesti sirov. Od njega se najčešće priprema kompot ili se prerađuje u džemove i rakiju dunjovaču [108]. Listovi se koriste kod problema proljeva ili kod problema usne šupljine jer sadrže trijeslovine koji djeluju astringeno. Sjemenke se mogu koristiti za kašalj, kod upalnih stanja želuca i crijeva jer su bogate sluzima koja je korisna i u kozmetici [109].



Slika 27. Plod i listovi dunje [108].

2.2.4.7. Vatrene trn

Vatrene trn (*Pyracantha coccinea* R.) je zimzelena grm koja ima razgrane grane i posjeduje kratke i vrlo bodljive trnove. Korijen je dobro razvijen. Listovi vatrene trna su naizmjenični i izduženi, a cvjetovi su dvospolni, jednodomni i mali. Bujno cvjeta u svibnju i lipnju, a plodovi su male narančaste bobice koje dozrijevaju u rujnu i listopadu. Bobice su prisutne i preko zime te ih koriste male ptice za prehranu. Kod nas je najviše ukrasni grm te je otporan na sušu. Plodovi su gorki i neukusni [110].



Slika 28. Plodovi i listovi vatrene trna [110].

3. MATERIJAL I METODE

3.1. Ispitivani biljni materijal

U ovom radu korišten je odabrani svježi i obrađeni biljni materijal iz porodice Rosaceae. Prema podjeli porodice Rosaceae u potporodice, u Prunoideae se ubrajaju šljiva (*Prunus domestica* L.), breskva (*Prunus persica* L.), trešnja (*Prunus avium* L.), višnja (*Prunus cerasus* L.), marelica (*Prunus armeniaca* L.), nektarina (*Prunus persica* var. *nucipersica* L.) i japanska trešnja (*Prunus serrulata* L.). U Rosaideae potporodicu se ubrajaju divlja kupina (*Rubus caesius* L.), šumska jagoda (*Fragaria vesca* L.) i ruže (*Rosa* sp.). U Maloideae se ubrajaju mušmulica ili obična dunjarica (*Cotoneaster integerrimus* M.), jabuka (*Malus domestica* L.), kruška (*Pyrus communis* L.), dunja (*Cydonia oblonga* M.), vatreni trn (*Pyracantha coccinea* R.), japanska dunja (*Chaenomeles japonica*) i glog (*Crataegus oxyacantha*).

3.2. Kemikalije i pribor

U ovom radu su korištene kemikalije koje su analitičke čistoće, a voda korištena za pripremu otopina određene pH vrijednosti i otopina uzoraka je demineralizirana i deionizirana. Popis korištenih kemikalija:

Klorovodična kiselina, HCl (M = 36,46 g/mol, Kemika)

Natrijev hidroksid, NaOH (M = 39,99 g/mol, Kemika)

Ultračista voda

Korišteni pribor: jažice, keramički tarionik s tučkom, staklene čaše (250 mL, 100 mL, 50 mL, 10 mL), odmjerne tikvice (200 mL), kapalice, stakleni štapić, pinceta, pipeta (10 mL i 5 mL), staklene bočice s čepom.

Korišteni uređaji: analitička vaga, grijaće tijelo, magnetska miješalica, uređaj za ultračistu vodu (TKA, WASSERAUFBEREITUNGSSYSTEME) i pH metar (808 Titrande, Metrohm).

3.3. Priprema otopina određene pH vrijednosti

Kako bi priredili otopine određene pH vrijednosti koriste se koncentrirana otopina HCl i otopina NaOH. Određivanje pH vrijednosti određeno je pH metrom. Za neutralnu otopinu (pH = 7) koristila se ultračista voda.

Kako bi se priredio kiseli medij, pH 1 i 2, pipetom se kvantitativno prenio izračunati volumen koncentrirane HCl u odmjernu tikvicu od 200 mL te se nakon toga dodao preostali volumen ultračiste vode prema pravilima priređivanja otopina u odmjernom posuđu. Otopine (pH = 3–6) priređene su razrjeđivanjem iz otopine pH = 1, koristeći relaciju $c_1V_1 = c_2V_2$. Nakon što su pripravljene sve otopine određena im je pH vrijednost pomoću pH metra te je pH po potrebi korigiran. Tolerirana razlika u pH vrijednosti iznosila je ± 0.1 .

Za pripremu lužnatog medija potrebno je otopiti kruti NaOH u ultračistoj vodi. Otopina pH 14 priređena je tako da je analitičkom vagom izvagana potrebna masa krutog NaOH koji je potom kvantitativno prenesen u odmjernu tikvicu u koju je dodana ultračista voda do volumena 200 mL, prema pravilima priređivanja otopina u odmjernom posuđu. Otopine s pH vrijednošću od 13 do 11 priređene su na ovaj način, dok su otopine pH = 10–8 priređene iz otopine pH = 12 razrjeđivanjem, prema relaciji $c_1V_1 = c_2V_2$. Nakon što su pripravljene sve otopine određena je pH vrijednost pomoću pH metra te je pH po potrebi korigiran i u ovom slučaju. Tolerirana razlika u pH vrijednosti iznosila je ± 0.1 .

3.4. Priprema biljnog materijala

Ispitan je svježi biljni materijal, smrznuti, suhi te prerađevine – sok i pekmez ili džem, a u pojedinim slučajevima voćno vino i različiti kompoti. Uzorci se priređuju tako da sadrže što manje dodane vode. Biljne prerađevine koje su korištene u ovom radu sadržavale su samo odabrani biljni materijal, odnosno proizvod nije sadržavao dodatke drugog voća, umjetnih boja i umjetnih aroma te drugih potencijalnih pH indikatora kao što je cvijet hibiskusa. Također, težilo se korištenju domaćih i eko proizvoda, a u pojedinim slučajevima ispitani su proizvodi više dobavljača. Ako se određeni materijal nije mogao dobiti u svim ispitivanim oblicima, ispitani su oni koji su se mogli dobiti ili prirediti. Plan rada s biljnim materijalima prikazan je u Tablici 25.

Tablica 25. Plan rada s biljnim materijalima.

| Biljni materijal | | | | | | | |
|------------------|------------------|---------------|-----------|-----|-------------|-----|---|
| Prunoideae | Šljiva | voće svježe | voće suho | sok | pekmez/džem | čaj | vino |
| | Breskva | voće svježe | suho | sok | – | čaj | kompot |
| | Trešnja | svježe | suho | sok | – | čaj | – |
| | Višnja | voće svježe | voće suho | sok | pekmez/džem | čaj | vino |
| | Marelica | voće svježe | voće suho | sok | pekmez/džem | čaj | kompot |
| | Nektarina | voće svježe | suho | – | – | čaj | – |
| | Japanska trešnja | svježe | suho | – | – | čaj | – |
| Maloideae | Japanska dunja | svježi cvijet | – | – | – | – | svježi cvijet i u Eppendorf tubama |
| | Mušmulica | svježe | suho | sok | – | čaj | – |
| | Glog | svježe | suho | sok | – | čaj | – |
| | Jabuka | voće svježe | voće suho | sok | pekmez/džem | čaj | jabučni ocat |
| | Kruška | voće svježe | voće suho | sok | pekmez/džem | čaj | kompot |
| | Dunja | – | – | – | pekmez/džem | – | – |
| | Vatreni trn | svježe | suho | sok | – | čaj | – |
| Rosaideae | Šumska jagoda | svježe | – | – | pekmez/džem | – | – |
| | Divlja kupina | svježe | suho | sok | – | čaj | – |
| | Ruža | svježe | suho | – | – | čaj | – |
| | Divlja ruža | – | suho | sok | – | čaj | – |

Od smrznutog biljnog materijala ispitane su šljiva, glog, divlja kupina te divlja jagoda. Od vina je ispitivano vino od šljiva i vino od višanja te je ispitivan jabučni ocat. Za ispitivanje ukrasnih grmova osim svježeg biljnog materijala koristio se i suhi materijal te se kod japanske trešnje i japanske dunje ispitivao i cvijetovi i listovi. Ispitivale su se ružine latice različitih boja kao svježe, suhe te u čaju.

Uzorci svježeg, smrznutog i suhog biljnog materijala te pekmeza/džema i kompota priređeni su usitnjavanjem u tarioniku, s minimalnim dodatkom ultračiste vode (ili bez dodatka vode). U Tablici 26. prikazan je udio voća u ispitanim sokovima i pekmezu/džemu.

Tablica 26. Udio voća u ispitivanim sokovima i pekmezu/džemu. Udio voća u džemu od šljive prikazan je u dva postotka jer se koriste dva različita uzorka pekmeza, a isto vrijedi i za džem od višnje.

| Biljni materijal | Sok (%) | Pekmez/džem (%) |
|------------------|---------|-----------------|
| Šljiva | 21 | 100 i 100 |
| Višnja | 40 | 75 i 51 |
| Kruška | 50 | 50 |
| Trešnja | 100 | – |
| Breskva | 50 | – |
| Jabuka | 100 | 100 |
| Dunja | – | 100 |
| Glog | 100 | – |
| Šumska jagoda | – | 22 |
| Mušmulica | 100 | – |
| Marelica | 40 | 100 |
| Divlja kupina | 100 | – |
| Divlja ruža | 100 | – |
| Vatreni trn | 100 | – |

Za ispitivanje čaja kao kiselo-baznog indikatora uzeto je 1 gram biljnog materijala i dodano je 10 mL vrele vode. Čaj se ostavio stajati na sobnoj temperaturi oko 15 minuta.

Potencijal vatrenog trna (*Pyracantha coccinea* R.) kao kiselo-baznog indikatora, osim u jažicama, ispitan je u Eppendorf tubama pri čemu je suhom biljnom materijalu dodano 1

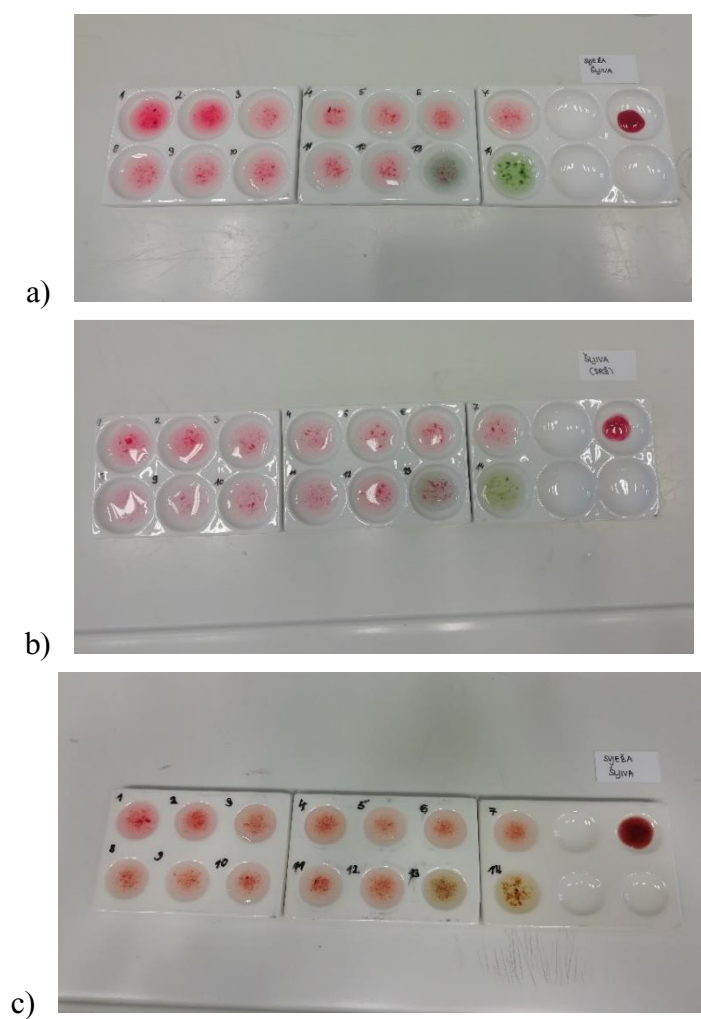
mL otopine određenog pH te su tube pohranjene u hladnjaku 24 sata. Prilikom ispitivanja latica ruža korištene su različite boje latica odnosno koristila se bijela, narančasta, ruža boje breskve, roza, zagasito ružičasta, ruža boje cigle te crvena ružina. Za ispitivanje jabuke kao kiselobaznog indikatora uzeta je samo kora različitih sorti jabuka, dok je kod biljnog materijala kao što je šljiva, breskva, trešnja, višnja, nektarina ispitano i voćno „meso“.

4. REZULTATI

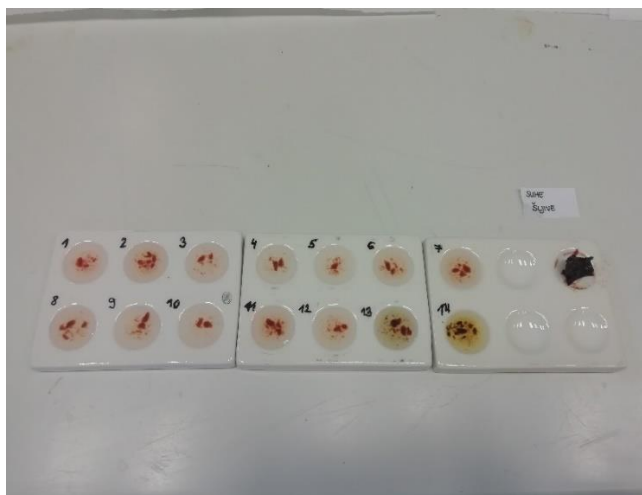
4.1. Potporodica Prunoideae

Rezultati istraživanja koji se odnose na potencijal voća i ukrasnog bilja iz potporodice Prunoideae kao kiselo-baznog indikatora prikazani su na Slikama 29.-66.

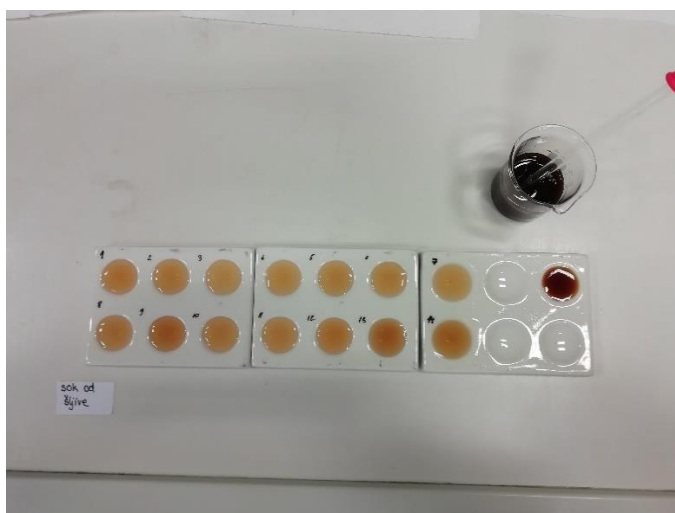
4.1.1. Šljiva, *Prunus domestica*. L.



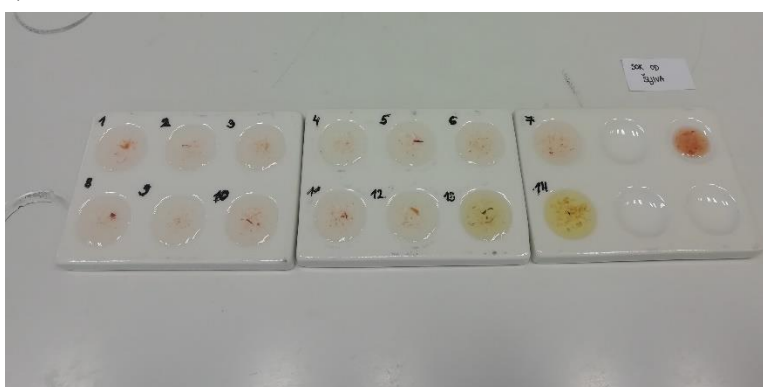
Slika 29. Svježa šljiva a) kupljena, b) meso kupljene šljive i c) domaća.



Slika 30. Suha šljiva.

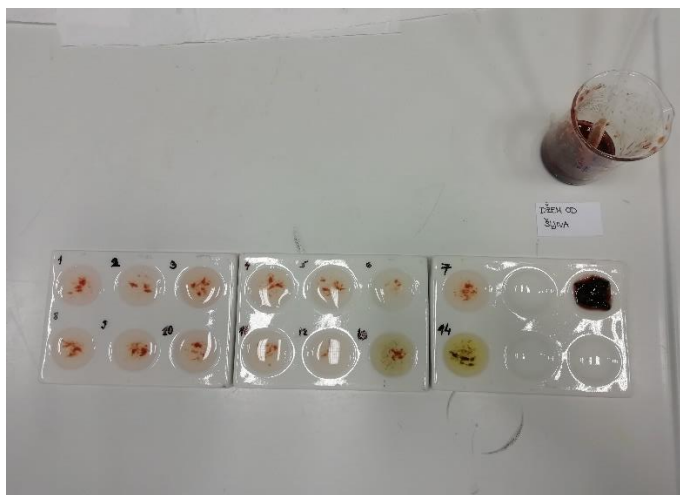


a)

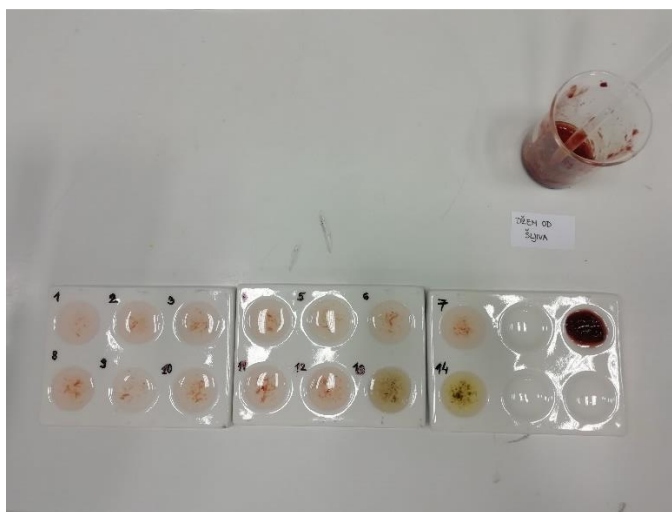


b)

Slika 31. Sok šljiva a) kupljeni s udjelom voća 21 % i b) udio voća 100 %.

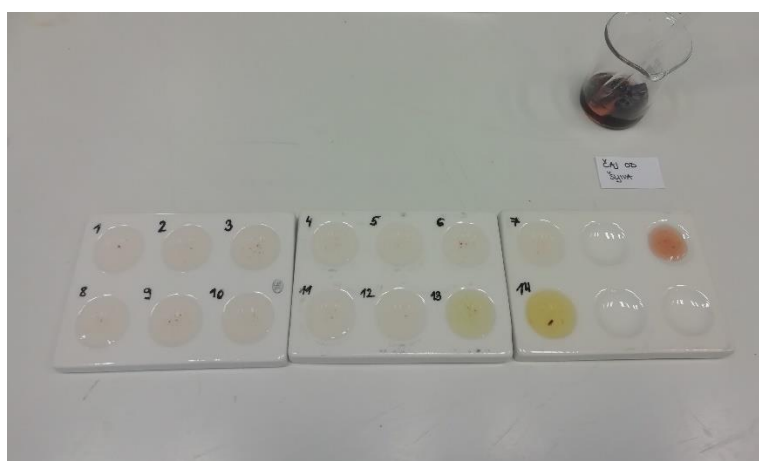


a)



b)

Slika 32. Pekmez od šljiva a) 100 % s kožicom i b) 100 % mljeveni.

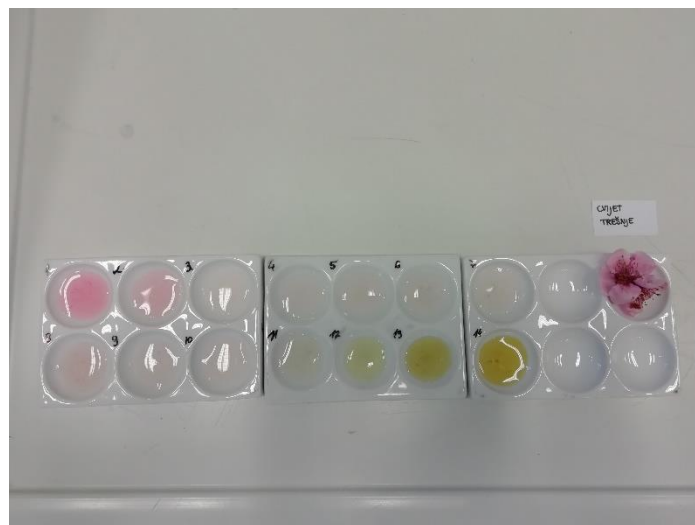


Slika 33. Čaj od šljiva.

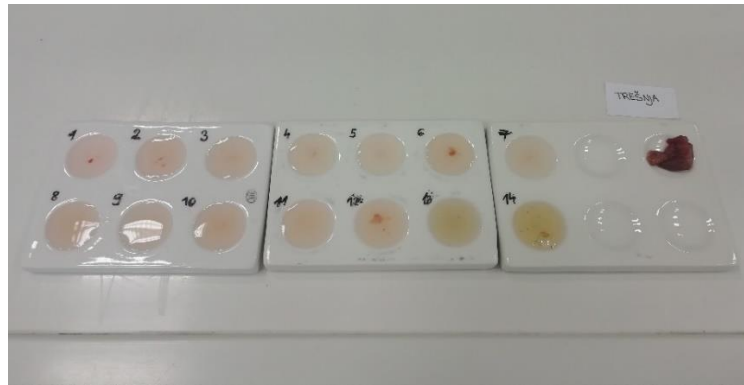


Slika 34. Vino od šljiva.

4.1.2. Trešnja, *Prunus avium L.*



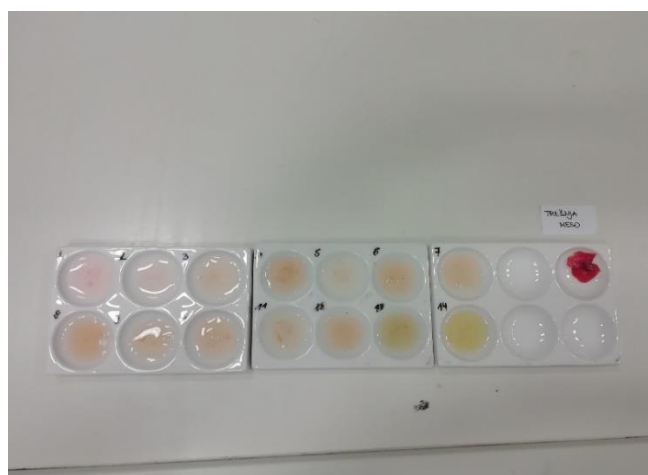
Slika 35. Cvijet trešnje (Crveni hrušt).



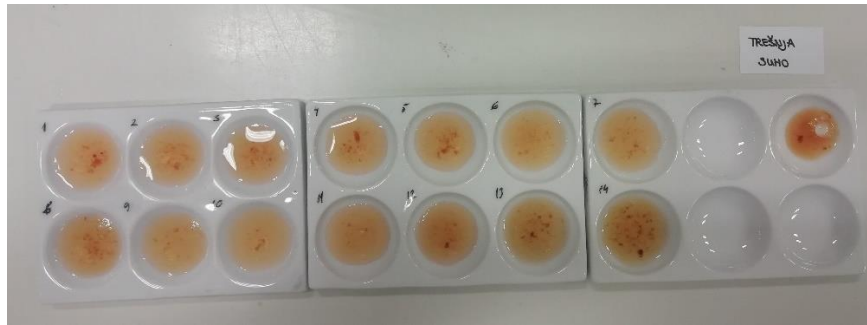
Slika 36. Svježa trešnja (Crveni hrušt).



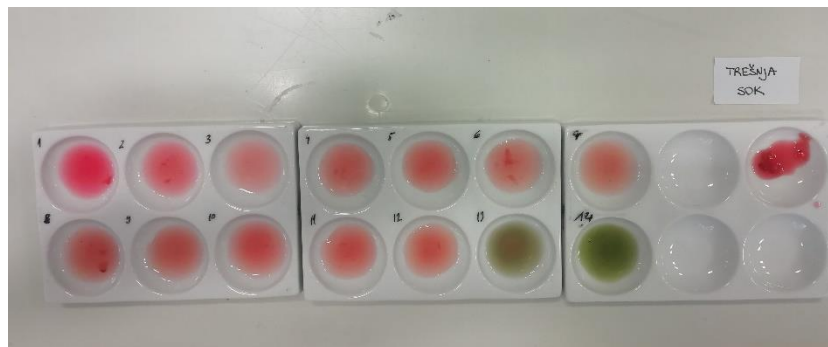
Slika 37. Svježa trešnja.



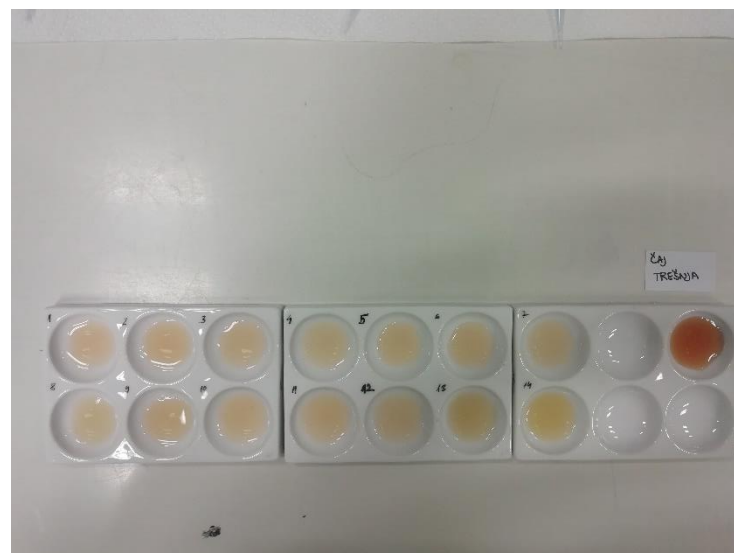
Slika 38. Svježa trešnja (oguljena).



Slika 39. Sušena trešnja.



Slika 40. Sok od trešnje.

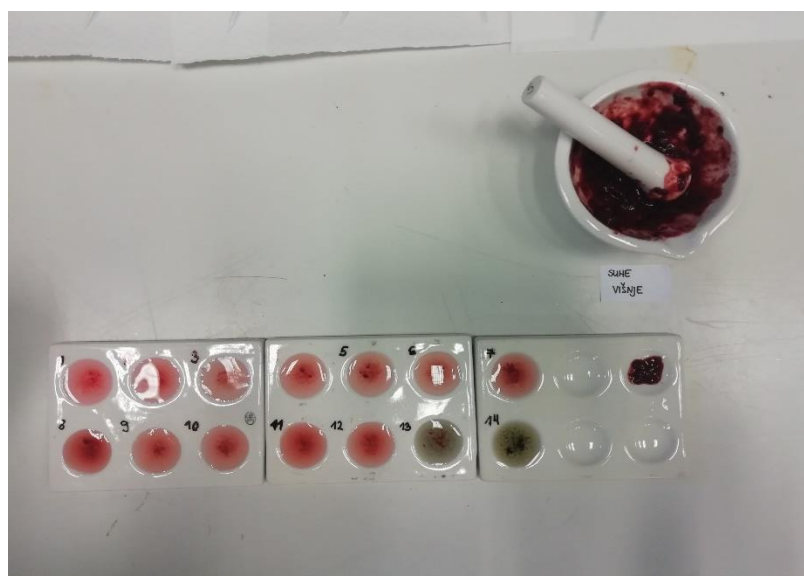


Slika 41. Čaj od trešnje.

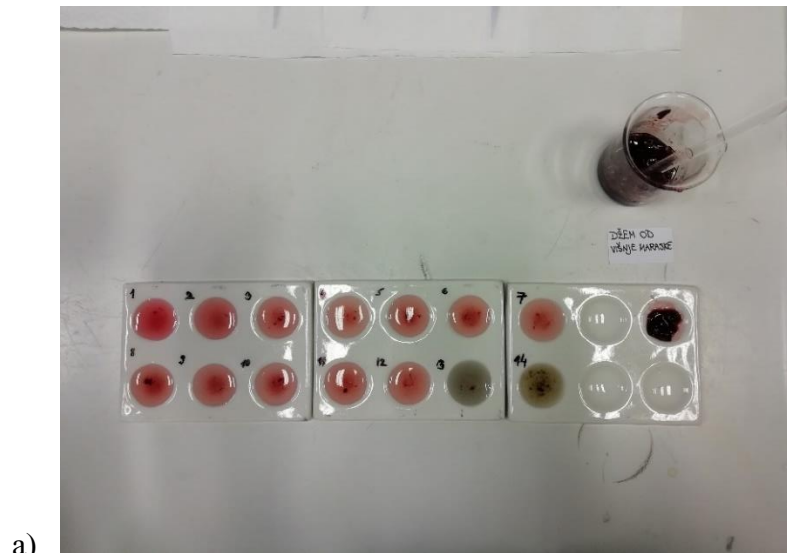
4.1.3. Višnja, *Prunus cerasus* L.



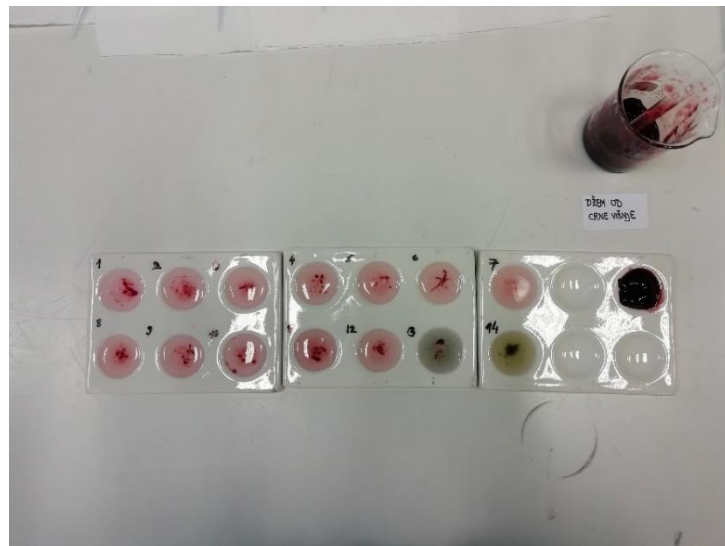
Slika 42. Svježa višnja.



Slika 43. Sušena višnja.



a)



b)

Slika 44. Džem od a) višnja Maraska 75 % i b) crna višnja 100 %

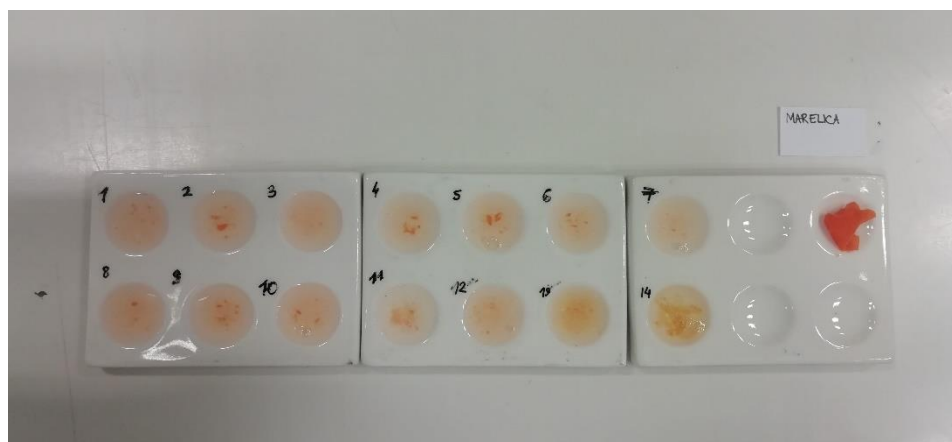


Slika 45. Sok od višnje (udio voća 40 %).

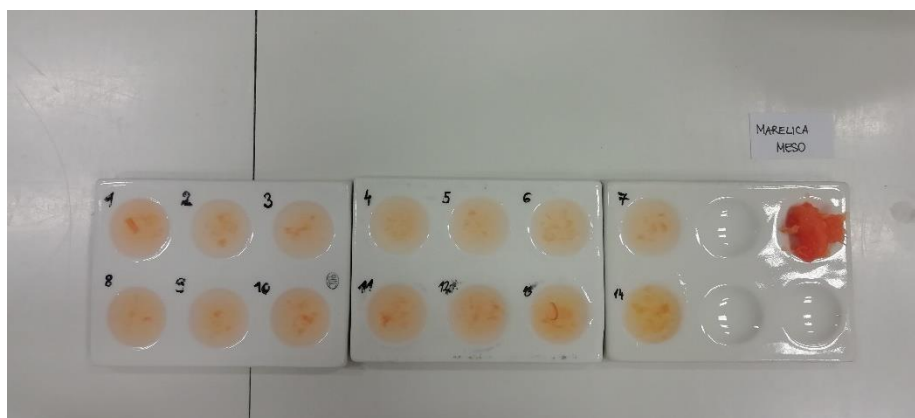


Slika 46. Vino od višanja.

4.1.4. Marelica, *Prunus armeniaca* L.



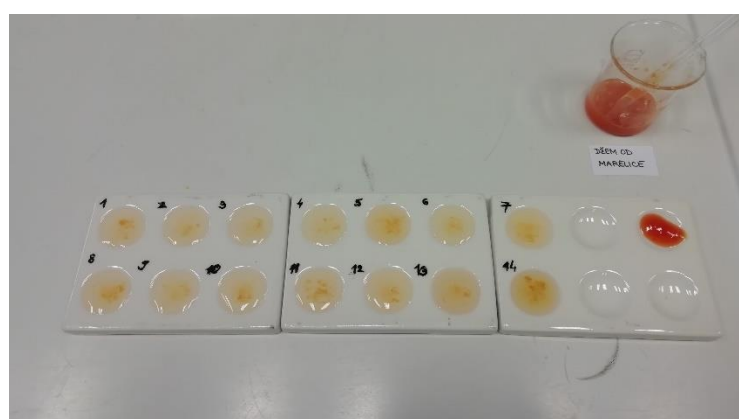
Slika 47. Svježa marelica.



Slika 48. Svježa marelica (oguljena).



Slika 49. Suha marelica



Slika 50. Kupljeni džem od marelice 100 %.

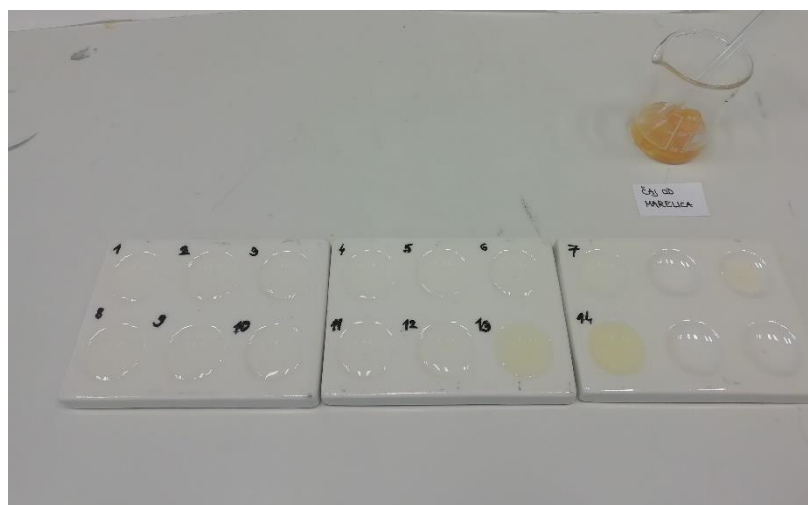


a)

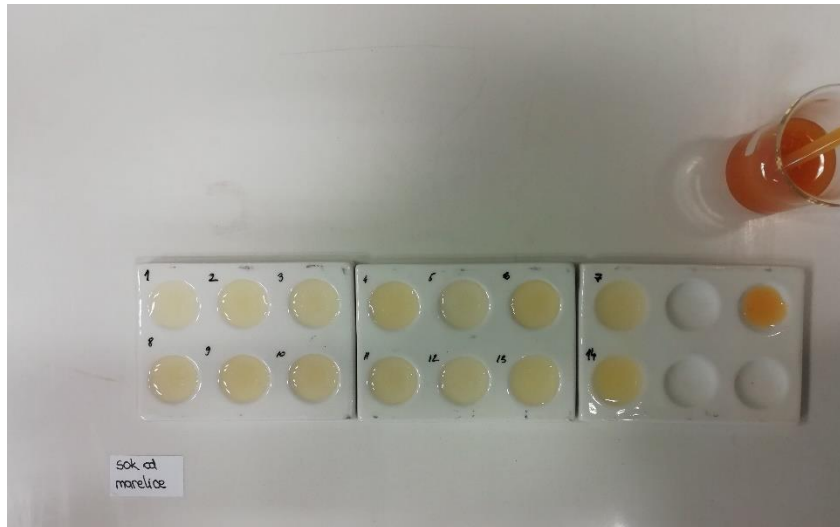


b)

Slika 51. Kompot od marelica a) sok iz kompota, b) marelica iz kompota.



Slika 52. Čaj od marelice.

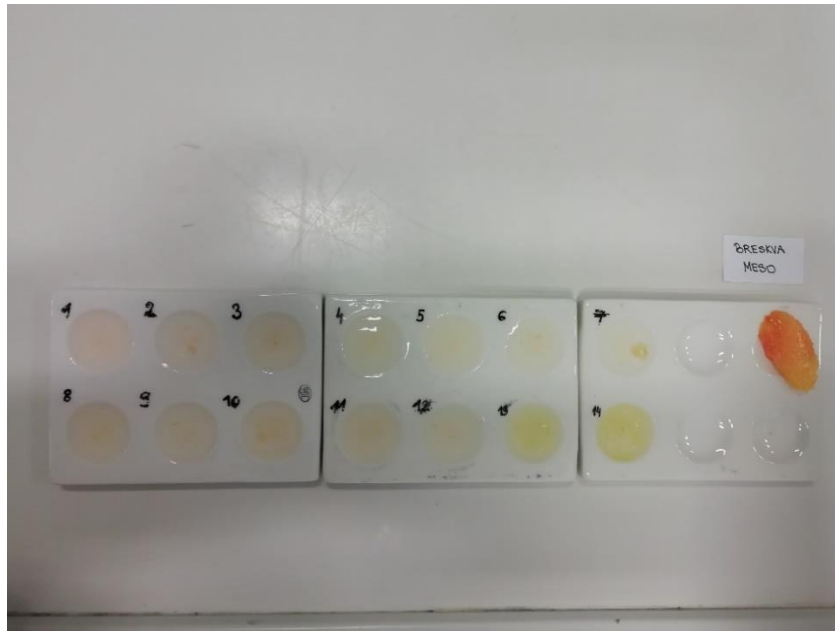


Slika 53. Sok od marelice 40 %.

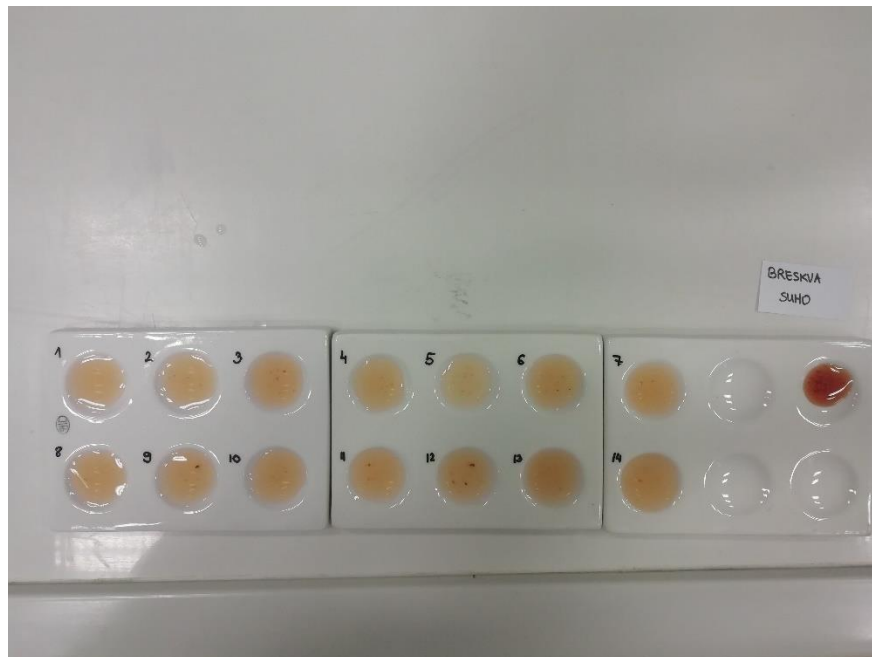
4.1.5. Breskva, *Prunus persica* L.



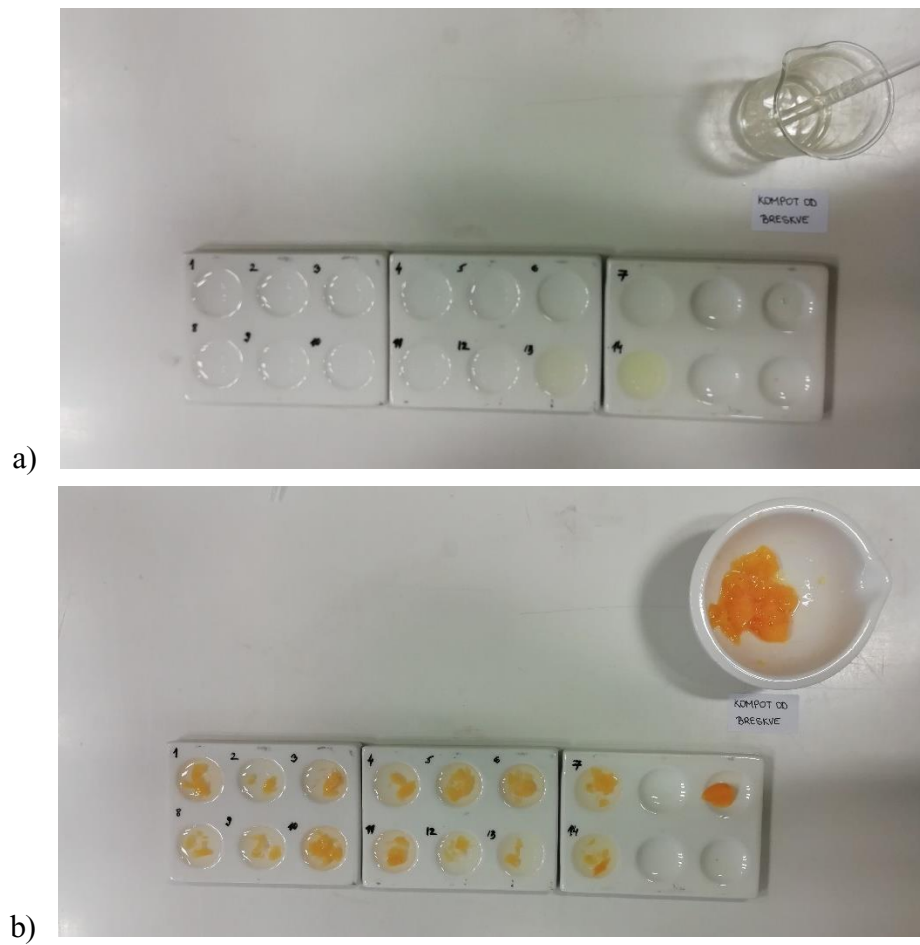
Slika 54. Svježa breskva.



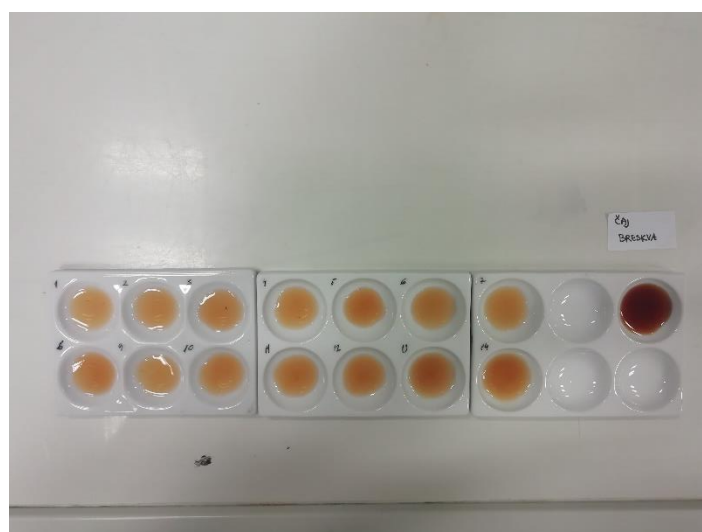
Slika 55. Svježa breskva (oguljena).



Slika 56. Suha breskva.



Slika 57. Kompot od breskve a) sok iz kompota, b) breskve iz kompota.

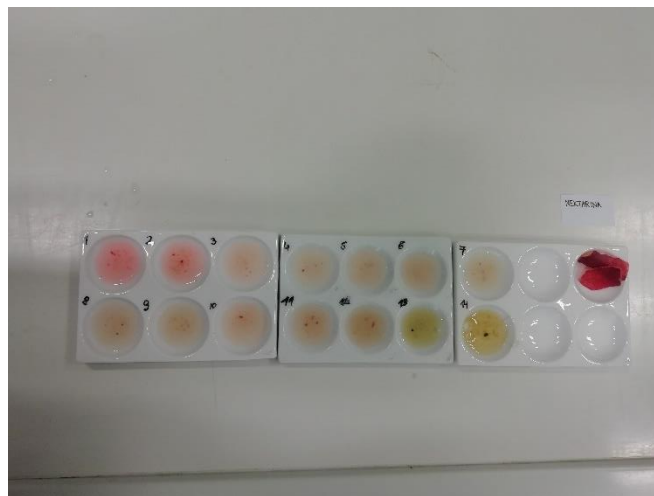


Slika 58. Čaj od breskve.

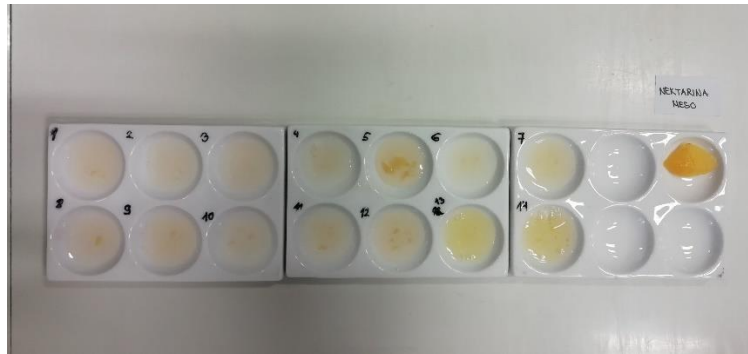


Slika 59. Sok od breskve (udio voća 50%).

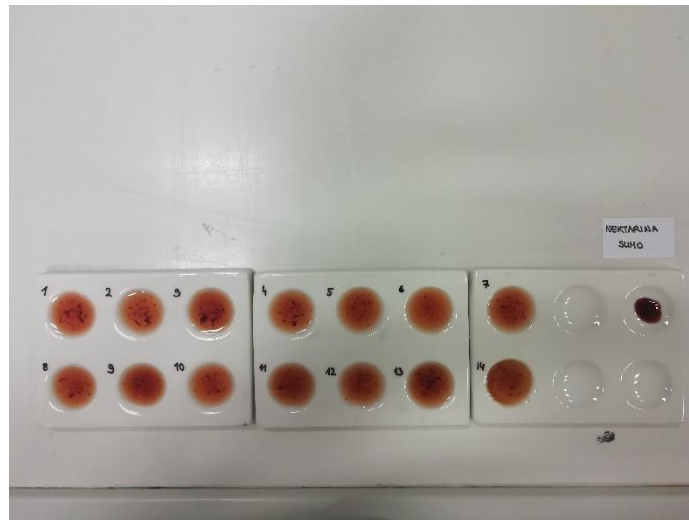
4.1.6. Nektarina, *Prunus persica* var. *nucipersica* L.



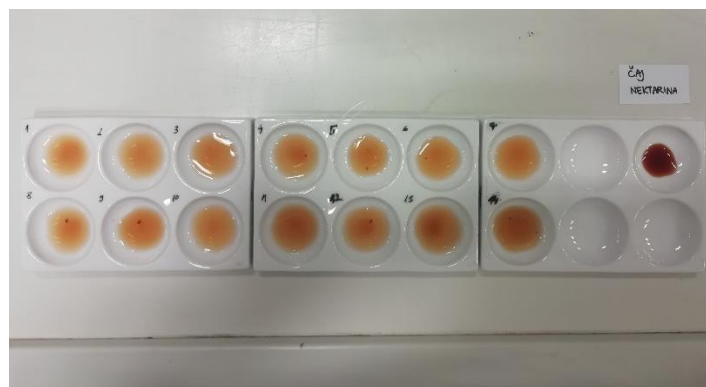
Slika 60. Svježa nektarina.



Slika 61. Svježa nektarina (oguljena).

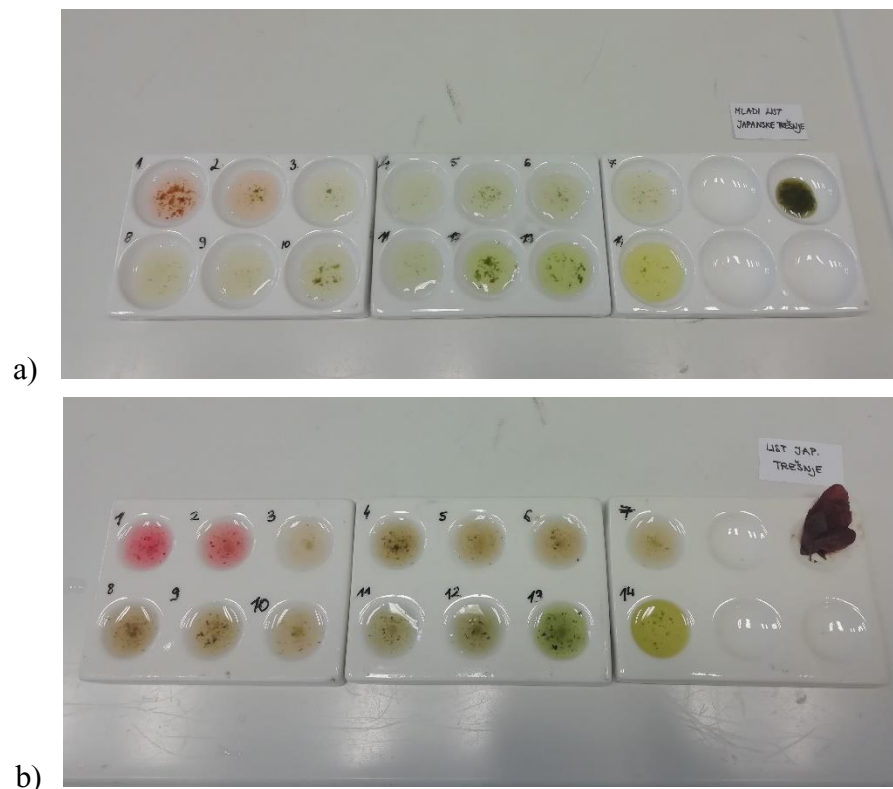


Slika 62. Suha nektarina.



Slika 63. Čaj od nektarine.

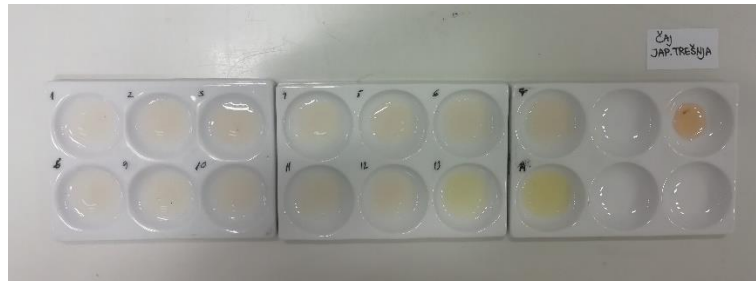
4.1.7. Japanska trešnja, *Prunus serrulata* L.



Slika 64. List japanske trešnje a) mladi list, b) stari list.



Slika 65. Suha japanska trešnja.

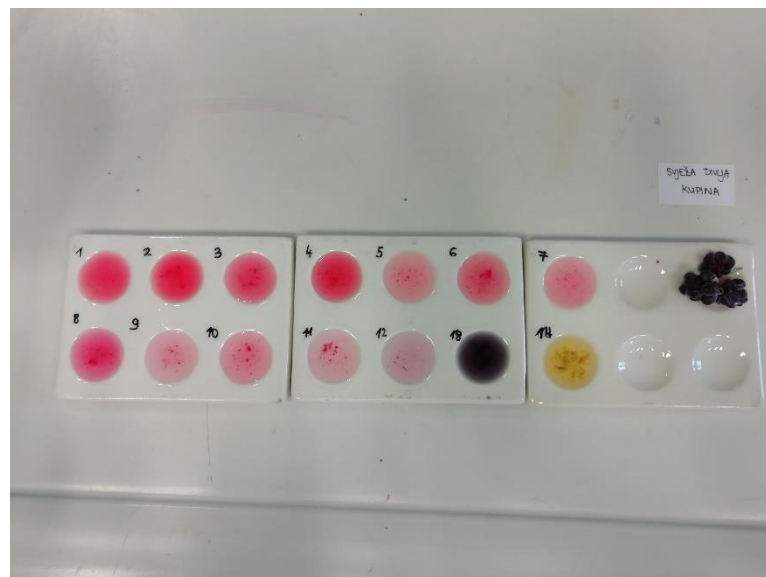


Slika 66. Čaj od japanske trešnje.

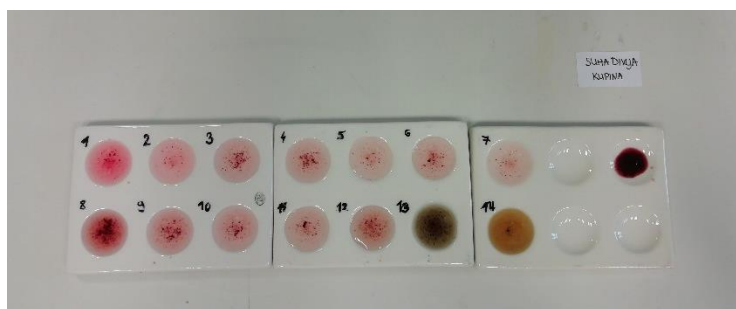
4.2. Potporodica Rosaideae

Rezultati istraživanja koji se odnose na potencijal voća i ukrasnih biljaka iz potporodice Rosaideae kao kiselo-baznog indikatora prikazani su na Slikama 67.-97.

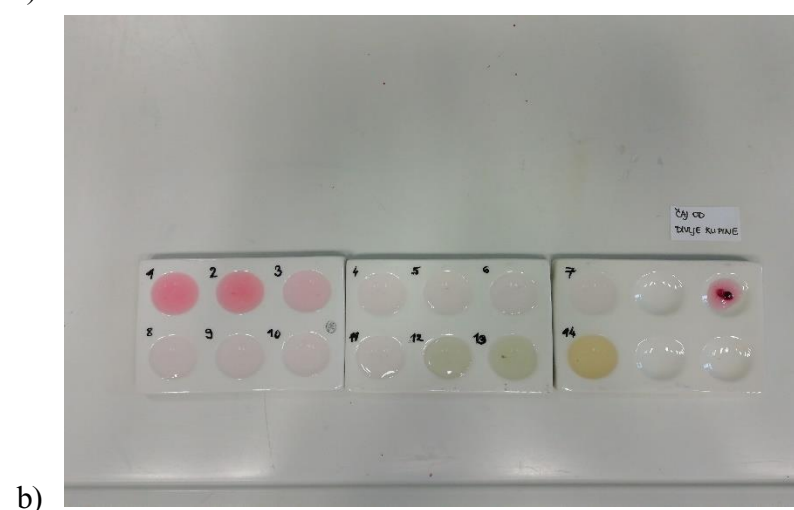
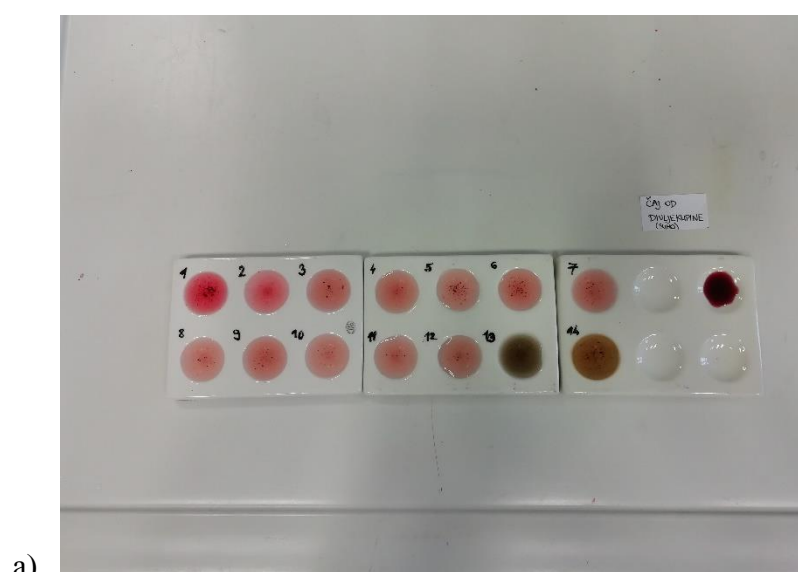
4.2.1. Divlja kupina, *Rubus caesius* L.



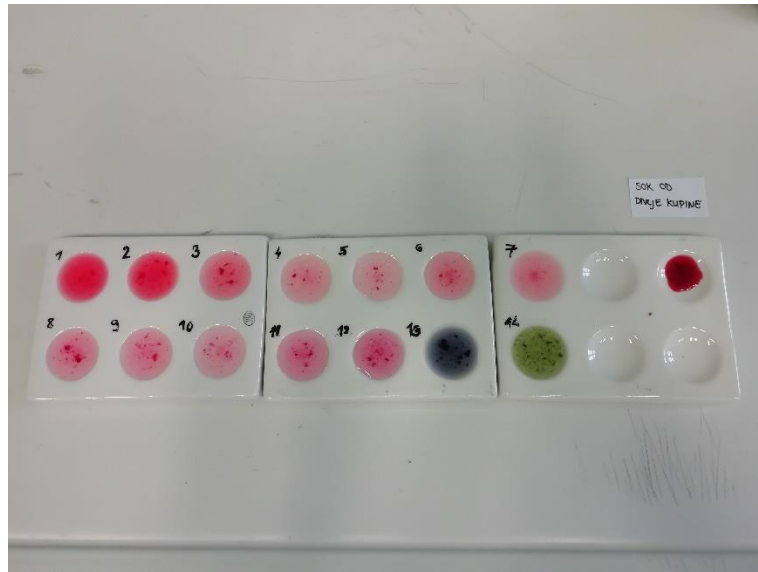
Slika 67. Svježa divlja kupina.



Slika 68. Suha divlja kupina.

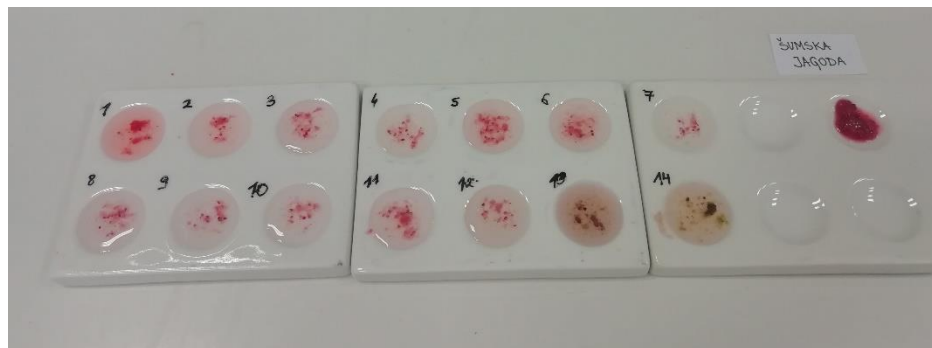


Slika 69. Čaj od divlje kupine a) suhi materijal, b) svježi materijal.

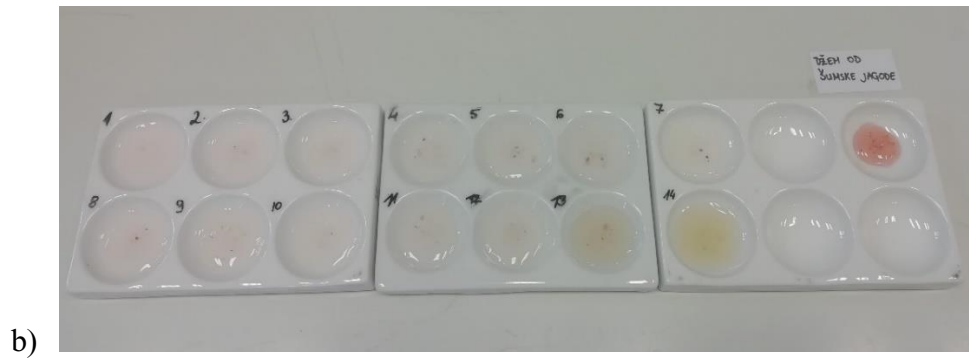
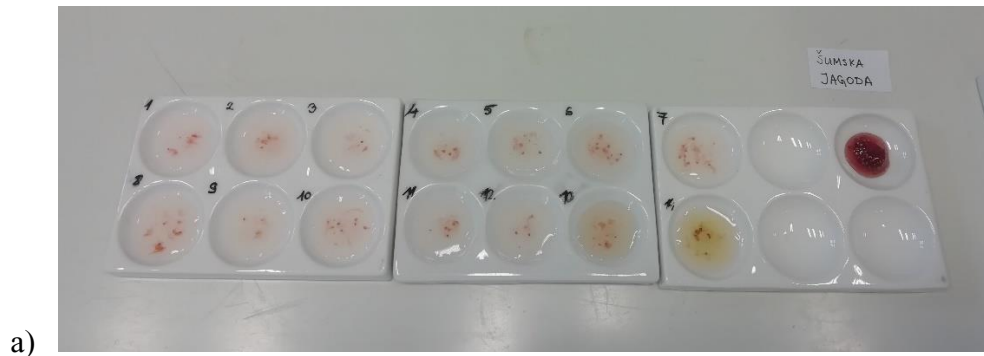


Slika 70. Sok od divlje kupine.

4.2.2. Šumska jagoda, *Fragaria vesca* L.

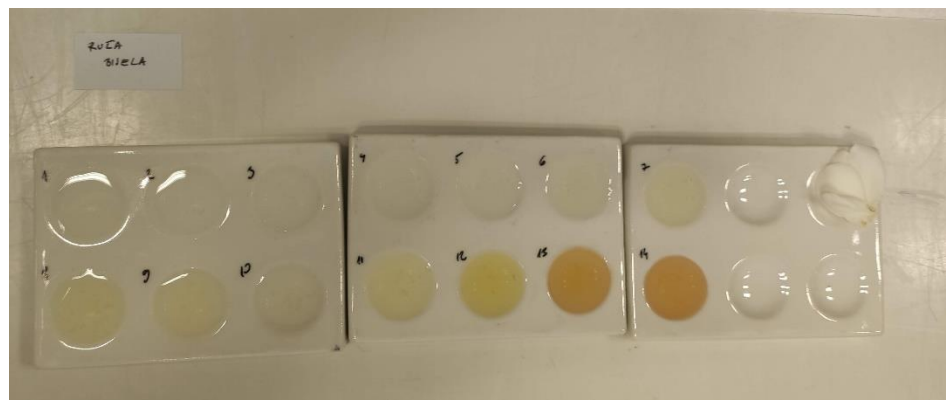


Slika 71. Svježa šumska jagoda.



Slika 72. Džem od šumske jagode a) komadići šumske jagode u džemu, b) obični džem.

4.2.3. Ruža, *Rosa sp.*



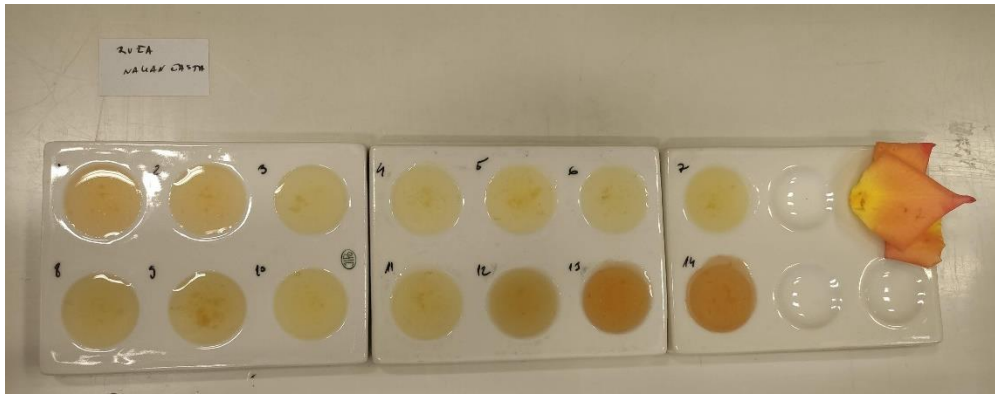
Slika 73. Svježe latice bijele ruže.



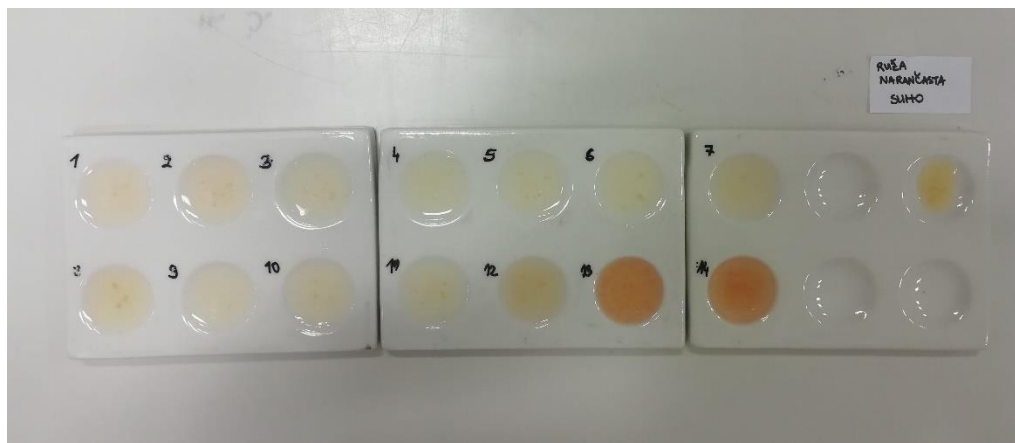
Slika 74. Sušene laticice bijele ruže.



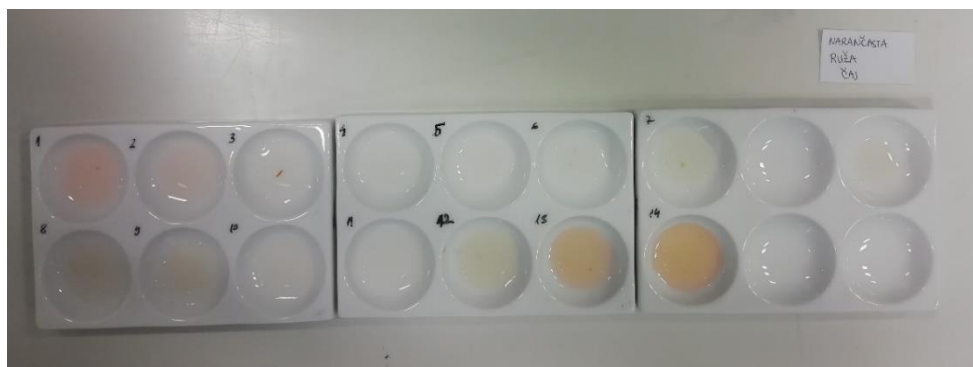
Slika 75. Čaj od latica bijele ruže.



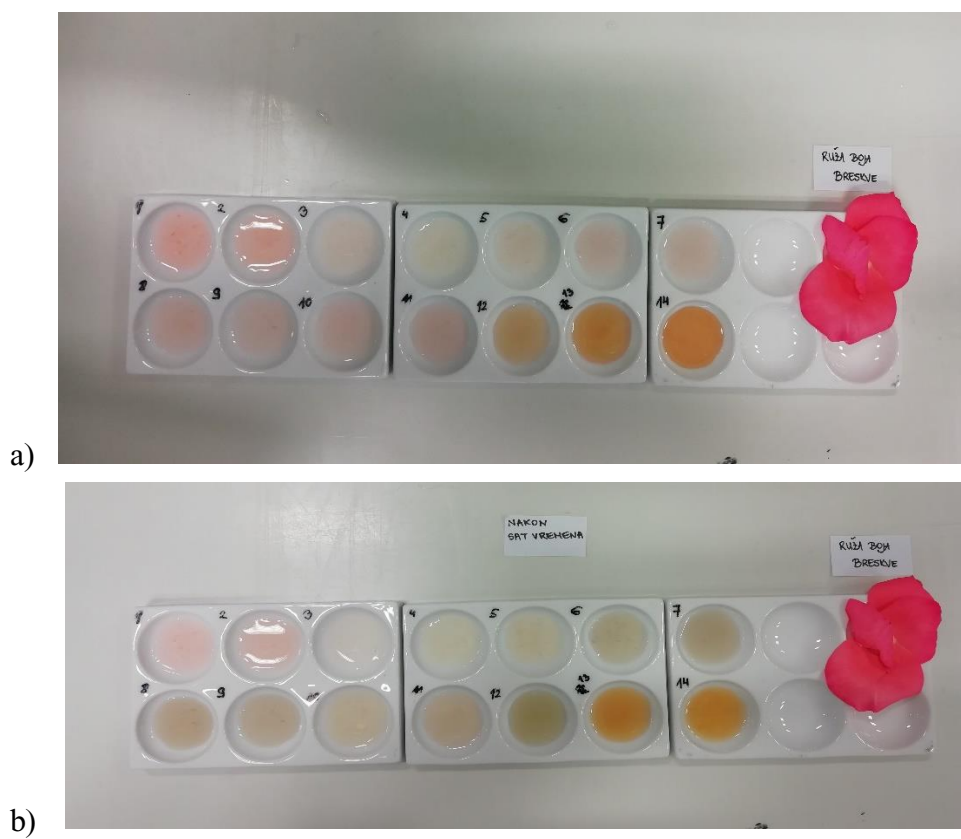
Slika 76. Svježe latice narančaste ruže.



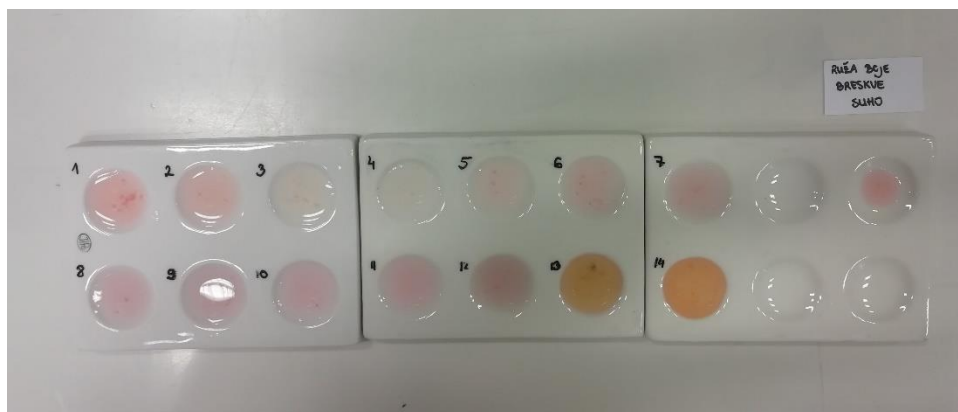
Slika 77. Sušene latice narančaste ruže.



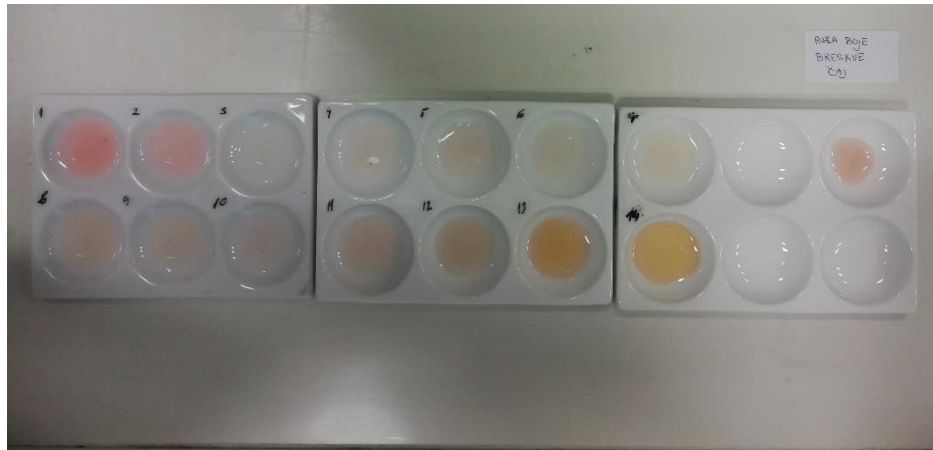
Slika 78. Čaj od latica narančaste ruže.



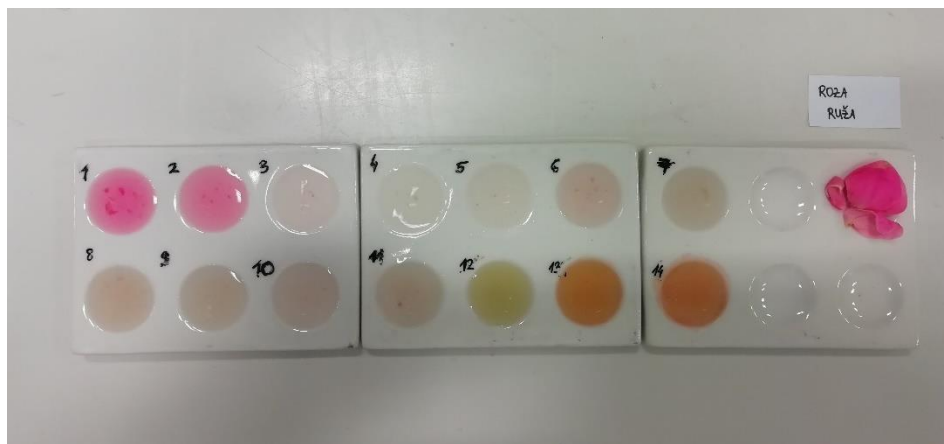
Slika 79. Svježe latice ruže boje breskve a) i b) nakon 1 h.



Slika 80. Sušene latice ruže boje breskve.



Slika 81. Čaj od latica ruže boje breskve.

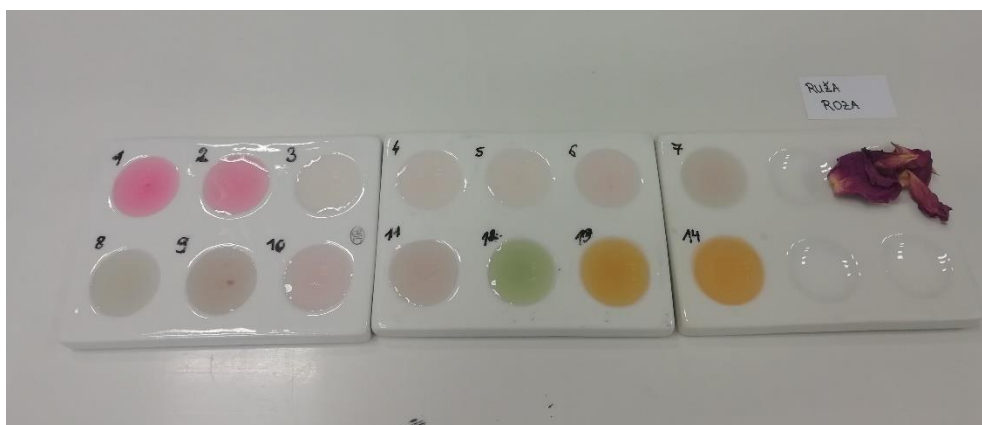


a)

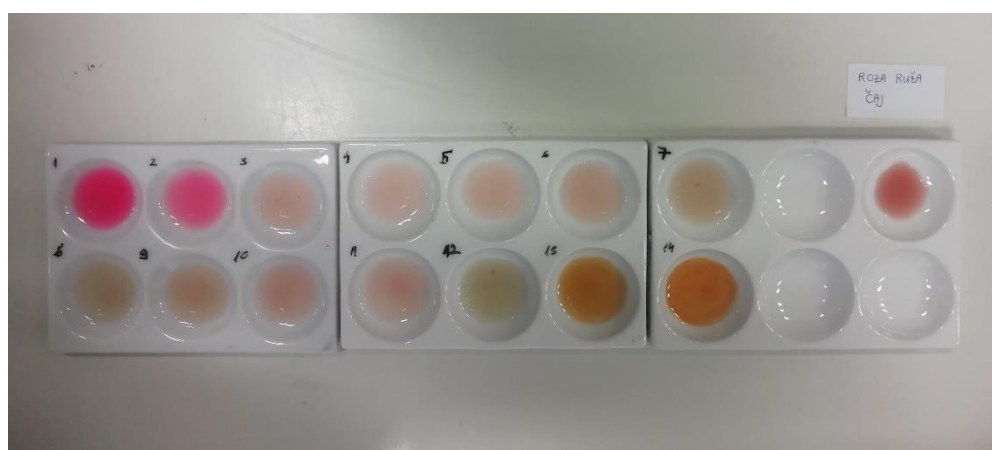


b)

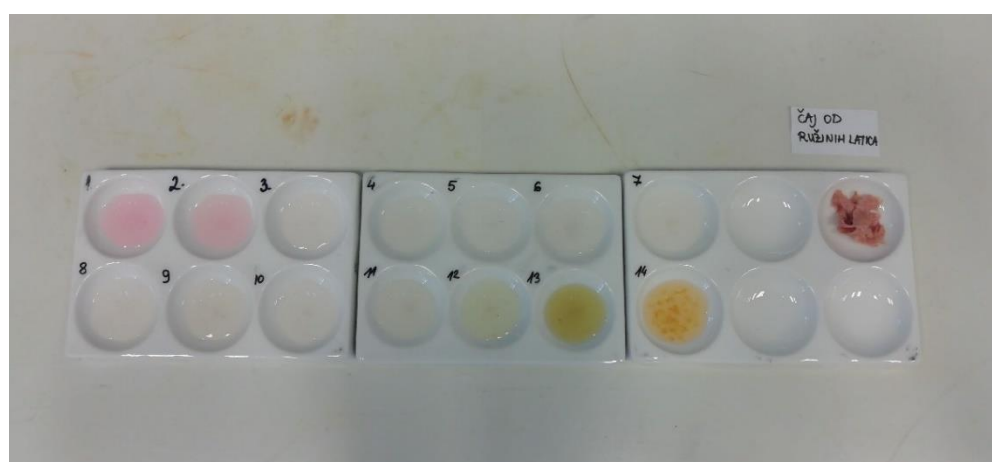
Slika 82. Svježe latice roze ruže a) i b) nakon 1 h.



Slika 83. Sušene latice roze ruže.



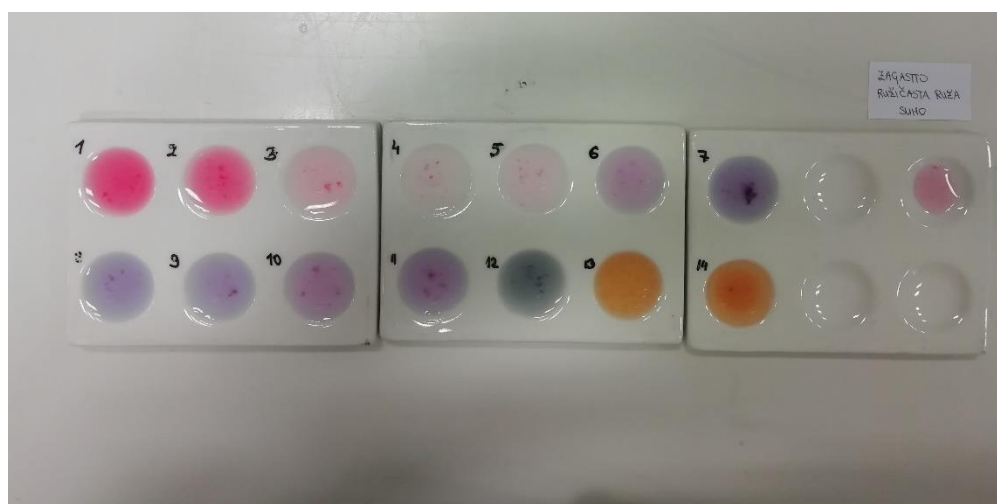
Slika 84. Čaj od latica roze ruže.



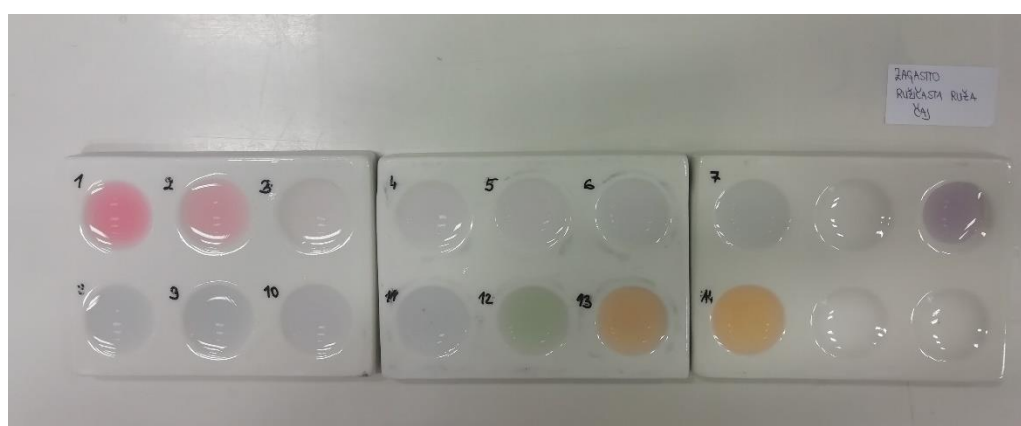
Slika 85. Čaj od kupljenih latica ruže



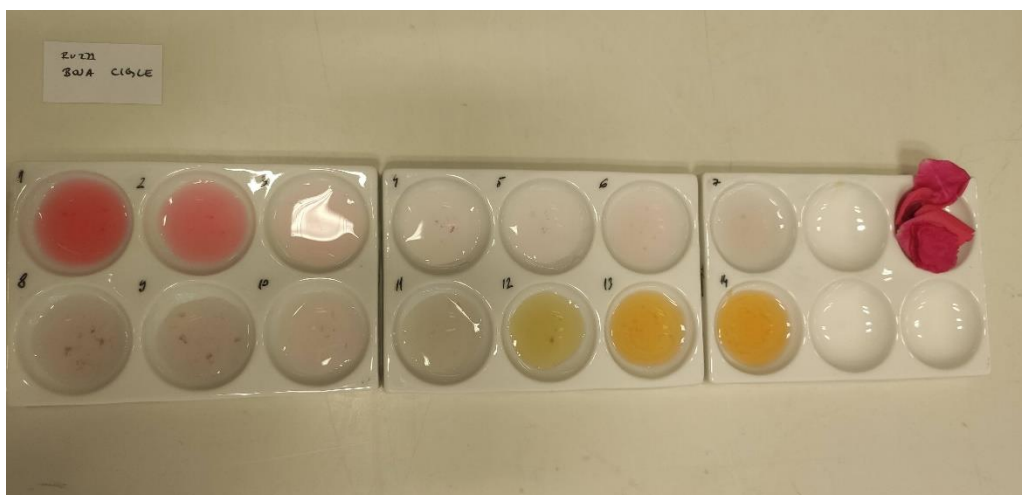
Slika 86. Svježe latice zagasito ružičaste ruže.



Slika 87. Sušene latice zagasito ružičaste ruže.



Slika 88. Čaj od latica zagasito ružičaste ruže.



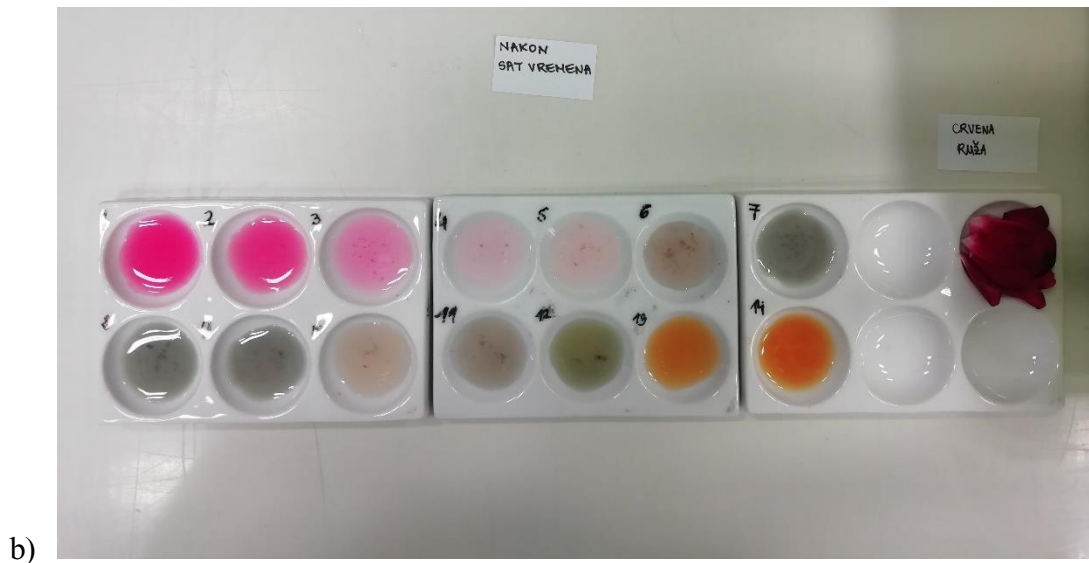
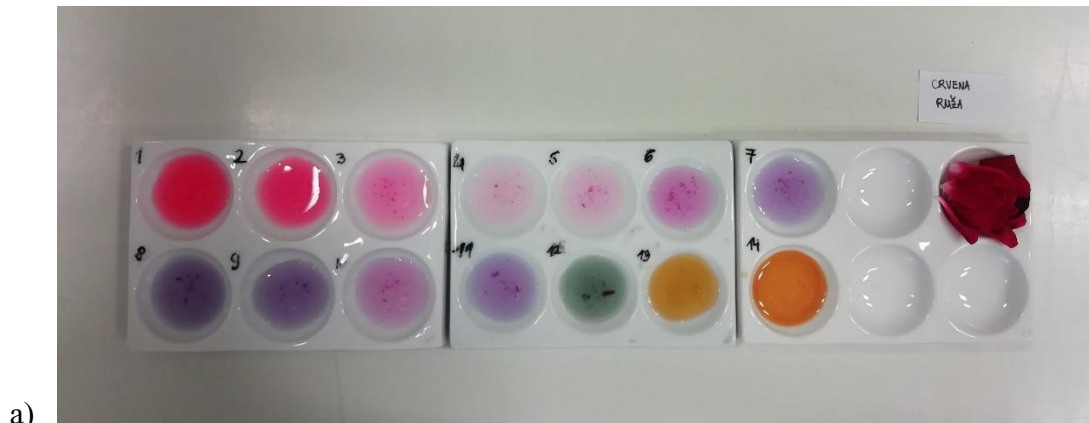
Slika 89. Svježe laticice ruže boje cigle.



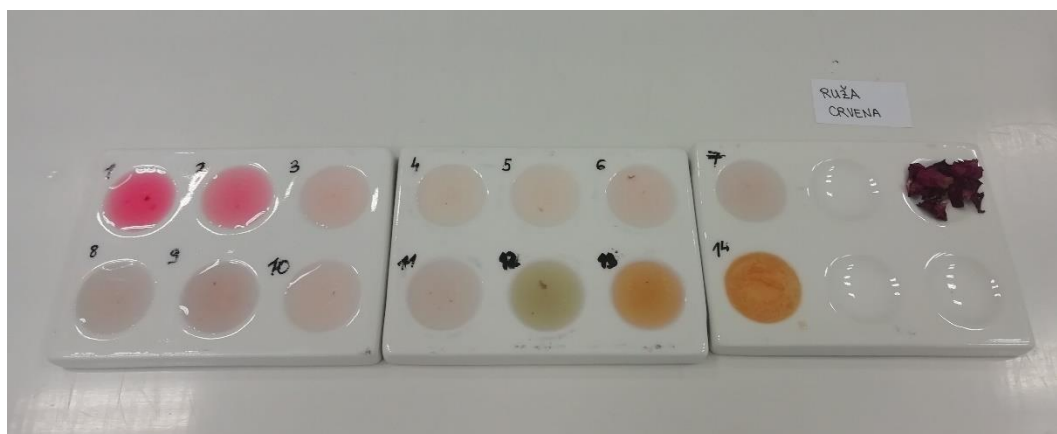
Slika 90. Sušene laticice ruže boje cigle.



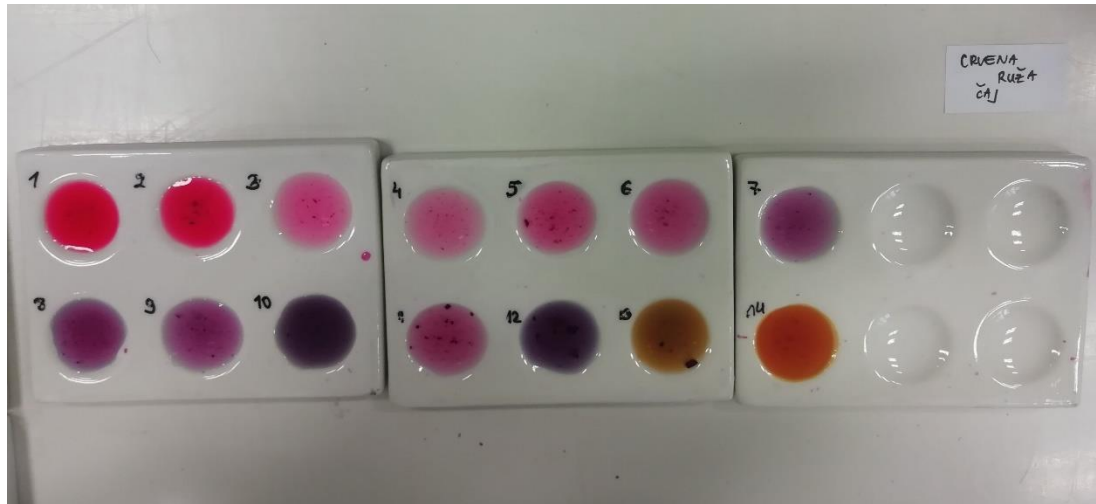
Slika 91. Čaj od latica ruže boje cigle.



Slika 92. Svježe latice crvene ruže a) i b) nakon 1 h.

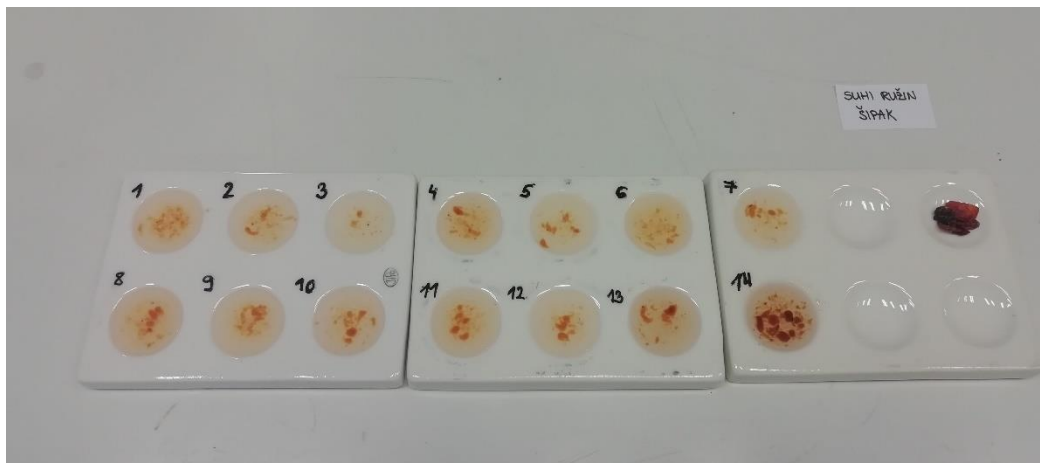


Slika 93. Sušene latice crvene ruže.

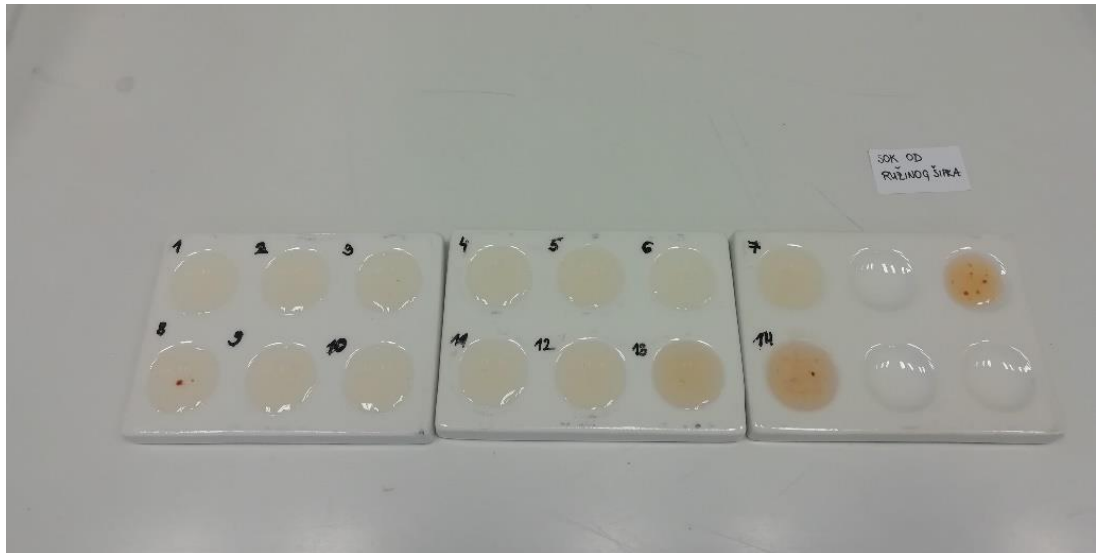


Slika 94. Čaj od latica crvene ruže.

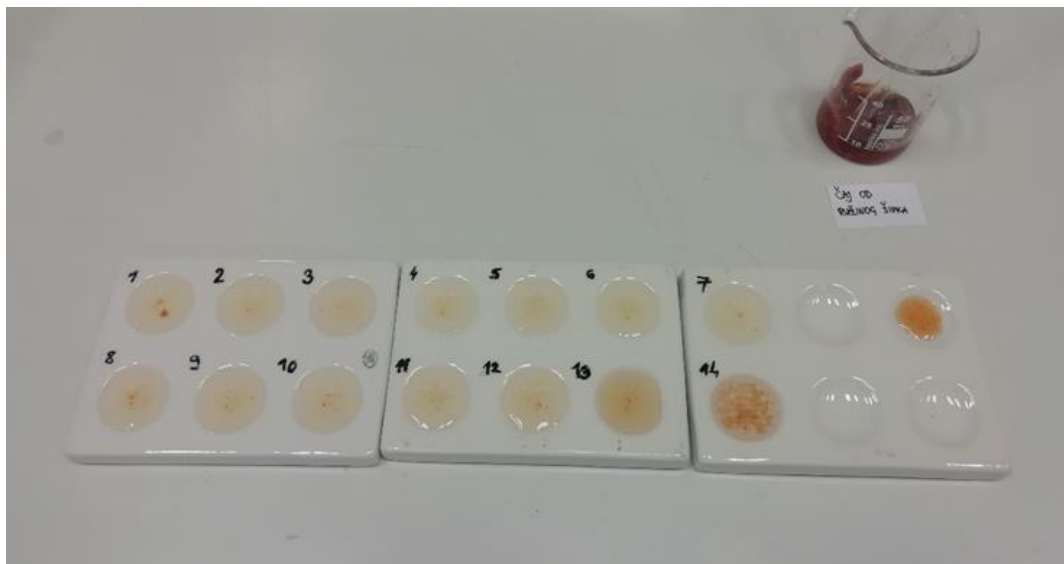
4.2.4. Ružin šipak, *Rosa sp.*



Slika 95. Sušeni ružin šipak.



Slika 96. Sok od ružinog šipka.

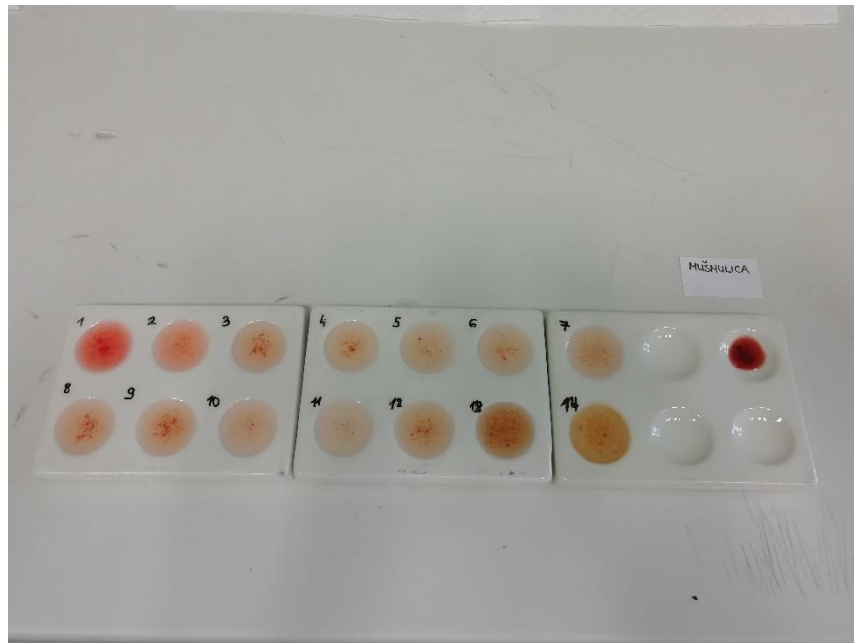


Slika 97. Čaj od ružinog šipka.

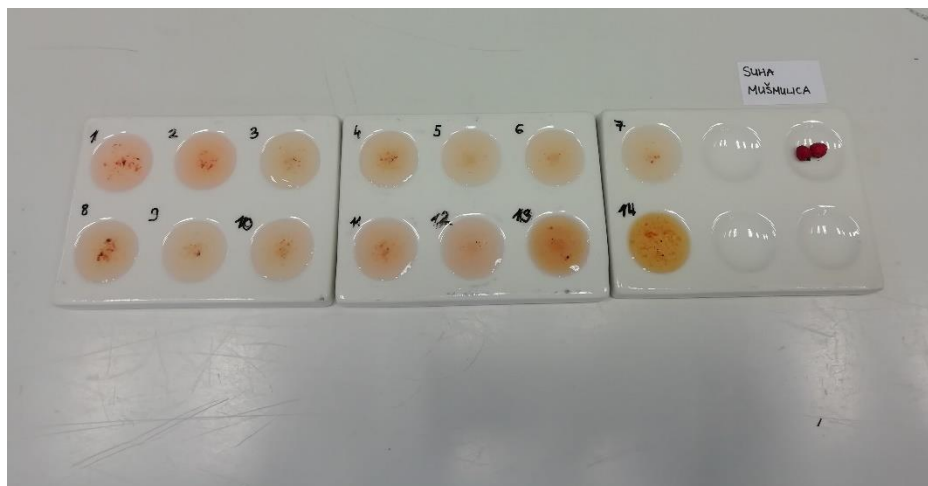
4.3. Potporodica Maloideae

Rezultati istraživanja koji se odnose na potencijal voća i ukrasnih biljaka iz potporodice Maloideae kao kiselo-baznog indikatora prikazani su na Slikama 98.-132.

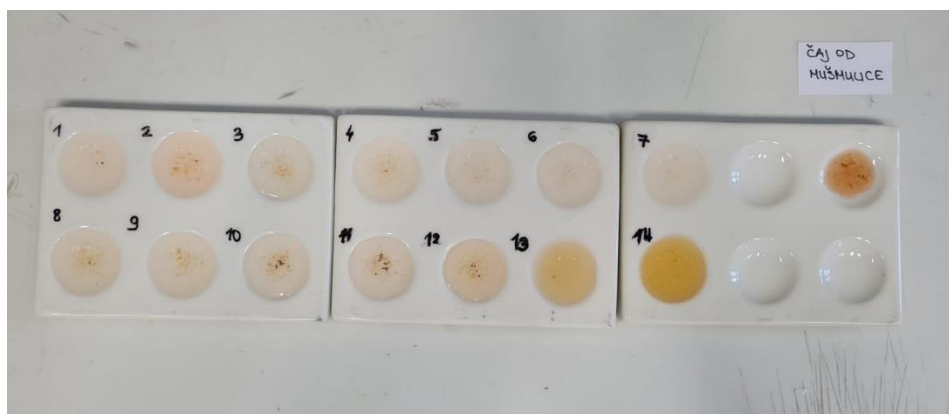
4.3.1. Mušmulica ili obična dunjarica, *Cotoneaster integerrimus* M.



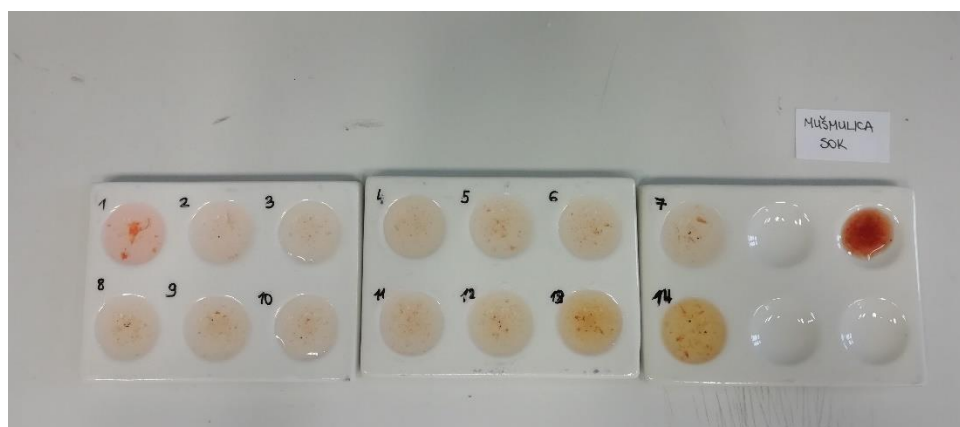
Slika 98. Svježa mušmulica.



Slika 99. Sušena mušmulica.

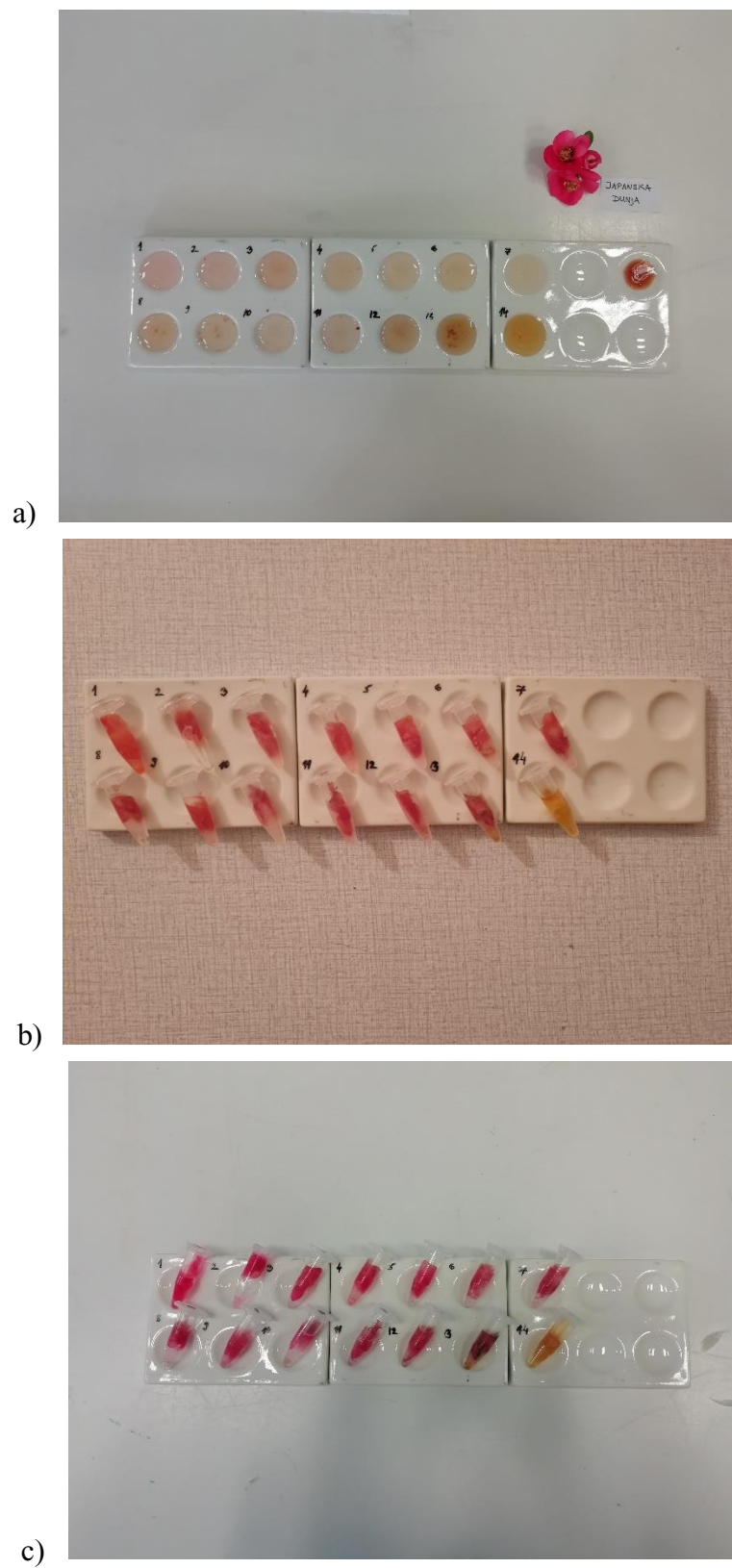


Slika 100. Čaj od mušmulice.



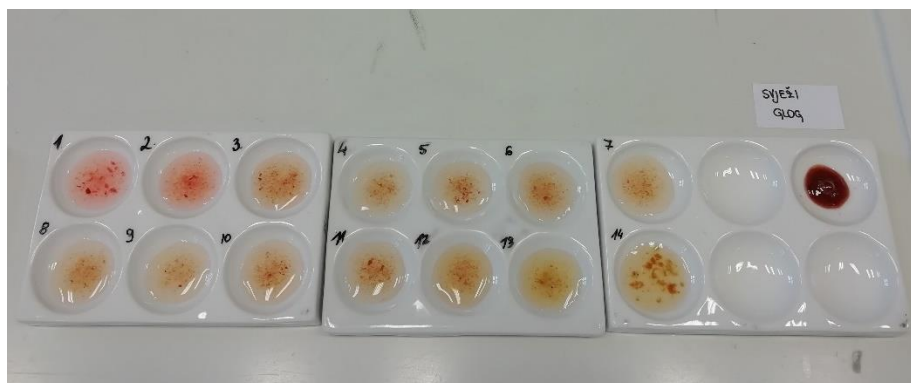
Slika 101. Sok od mušmulice.

4.3.2. Japanska dunja, *Chaenomeles japonica*

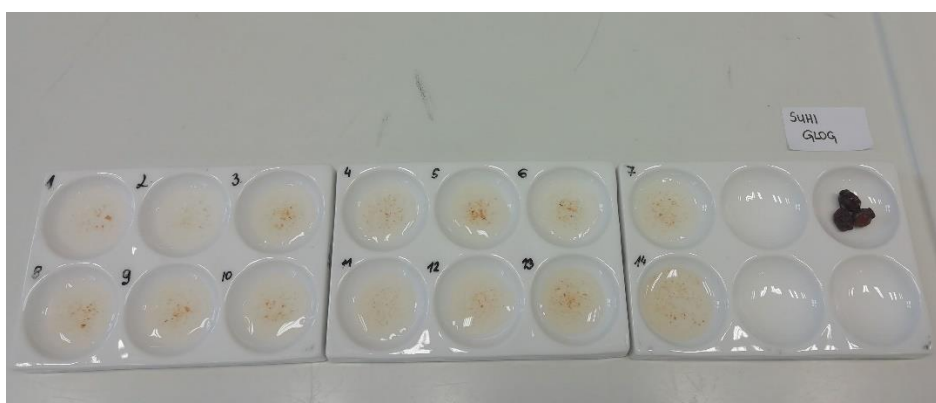


Slika 102. Cvijet japanske dunje a), b) nakon 24 h i c) nakon 48 h.

4.3.3. Glog, *Crataegus oxyacantha*



Slika 103. Svježi glog.



Slika 104. Sušeni glog.

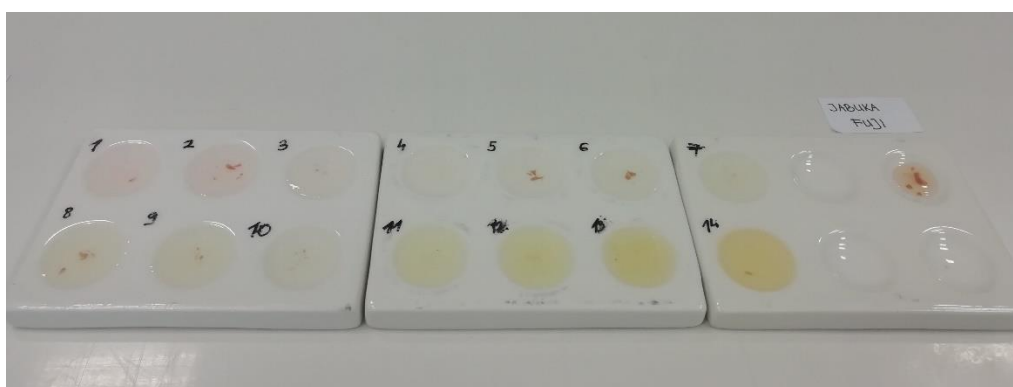


Slika 105. Čaj od gloga.

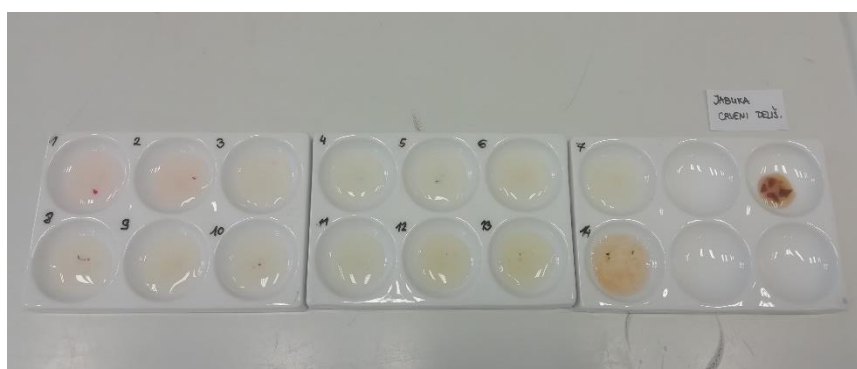


Slika 106. Sok od gloga.

4.3.4. Jabuka, *Malus domestica* L.



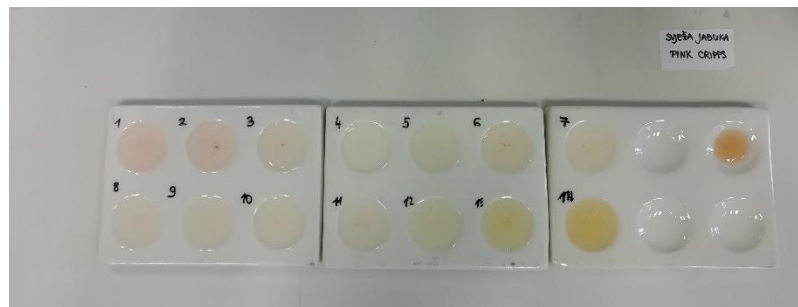
Slika 107. Kora jabuke Fuji.



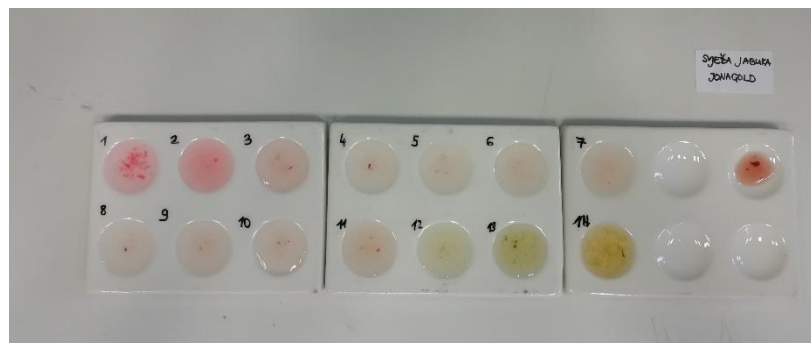
Slika 108. Kora jabuke Crveni delicious.



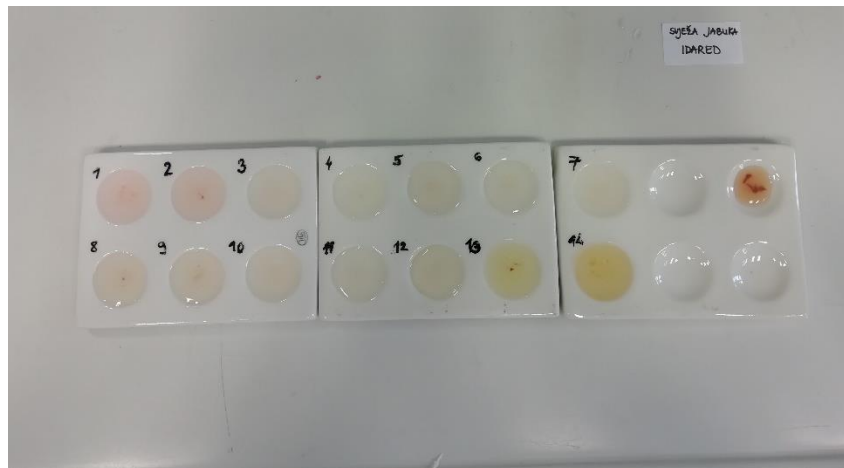
Slika 109. Kora jabuke Gala.



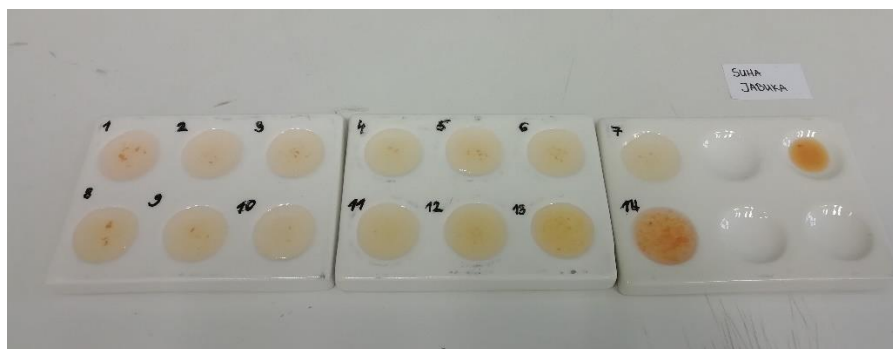
Slika 110. Kora jabuke Pink Cripps.



Slika 111. Kora jabuke Jonagold.



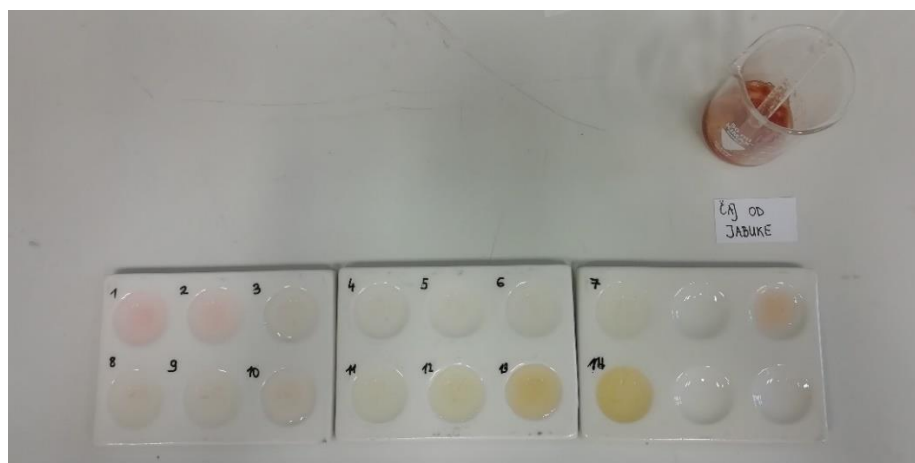
Slika 112. Kora jabuke Idared.



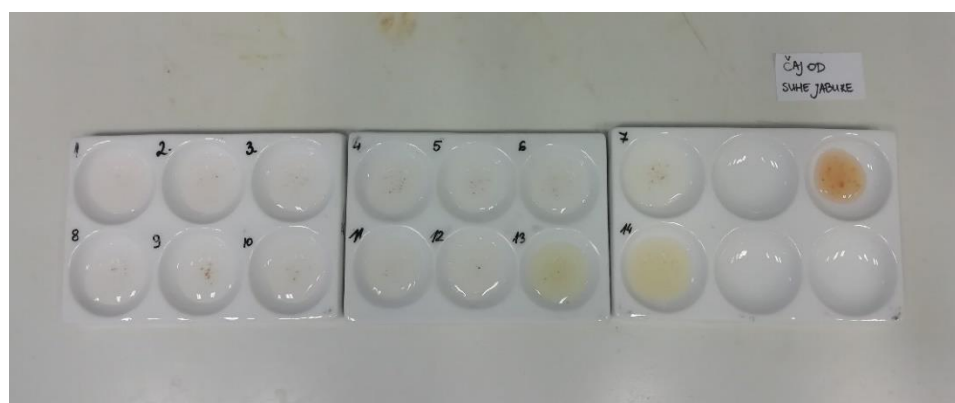
Slika 113. Sušena kora od jabuke.



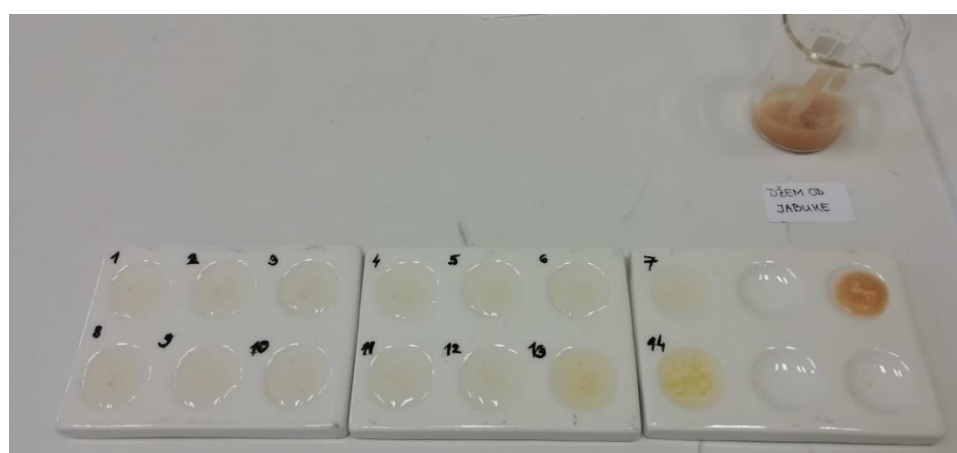
Slika 114. Čips od jabuke.



Slika 115. Čaj od svježe jabuke.



Slika 116. Čaj od suhe jabuke.



Slika 117. Džem od jabuke (udio voća 100 %).

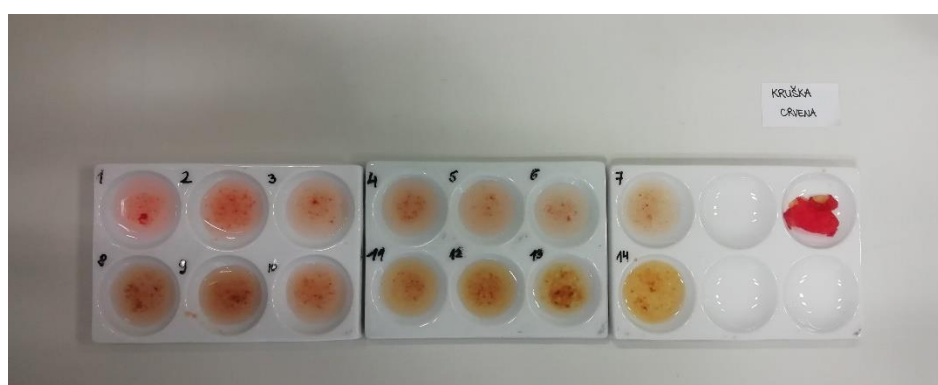


Slika 118. Sok od jabuke (udio voća 100 %).

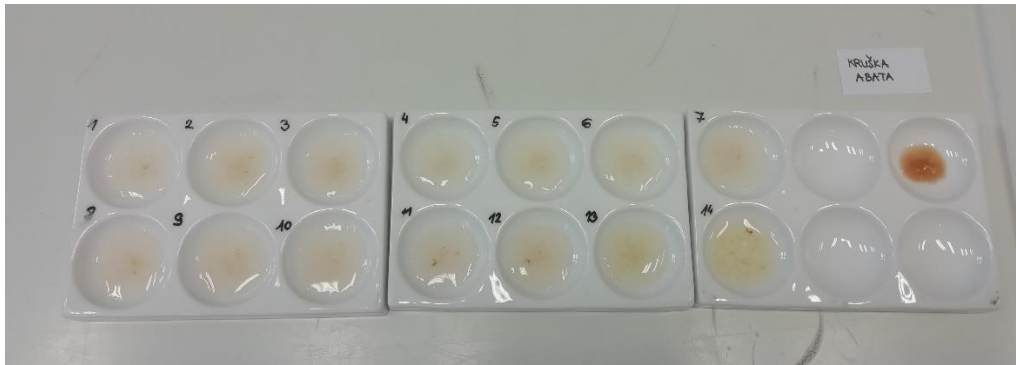


Slika 119. Jabučni ocat.

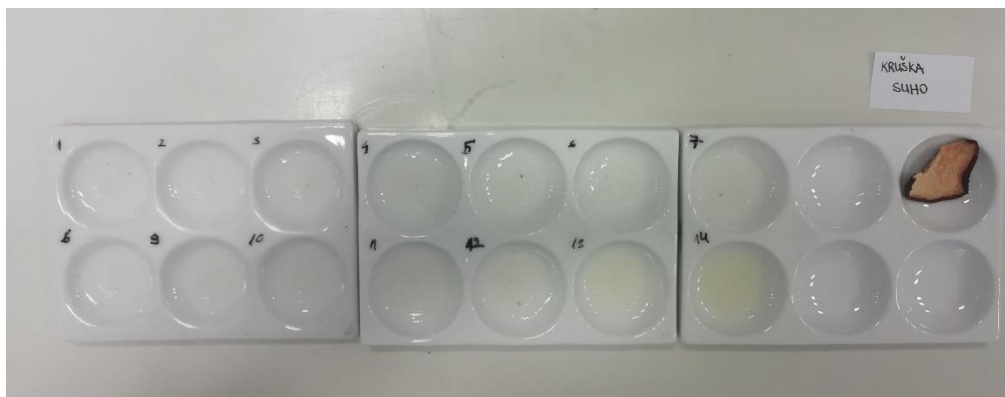
4.3.5. Kruška, *Pyrus communis* L.



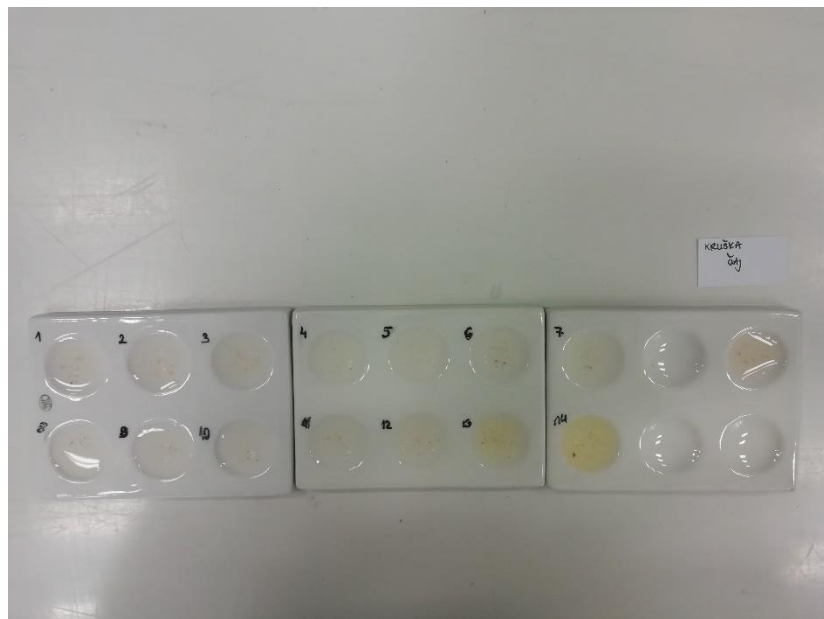
Slika 120. Kora crvene kruške.



Slika 121. Svježa kruška Abata.



Slika 122. Sušena kruška.



Slika 123. Čaj od kruške.



Slika 124. Kompot od kruške a) sok iz kompota, b) kruška iz kompota.

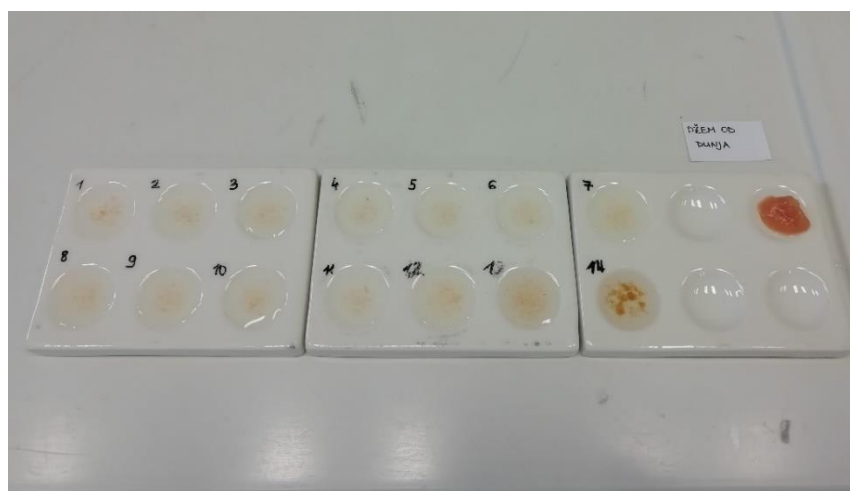


Slika 125. Džem od kruške (udio voća 50 %).



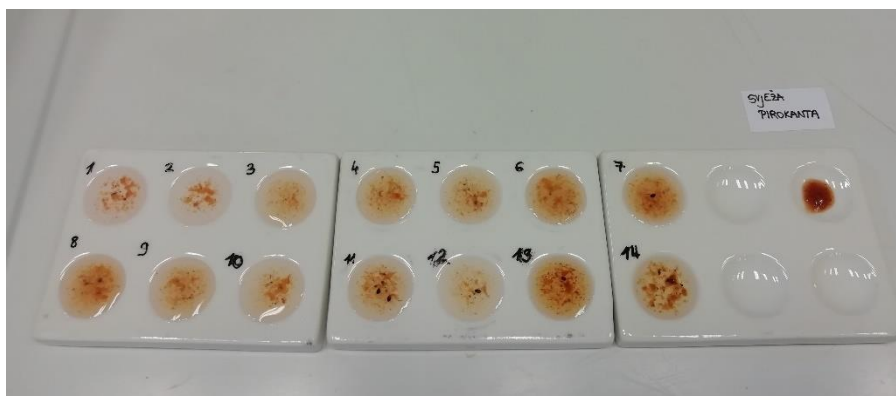
Slika 126. Sok od kruške (udio voća 50 %).

4.3.6. Dunja, *Cydonia oblonga* M.



Slika 127. Džem od dunje.

4.3.7. Vatreći trn, *Pyracantha coccinea* R.



Slika 128. Svježi vatreći trn.

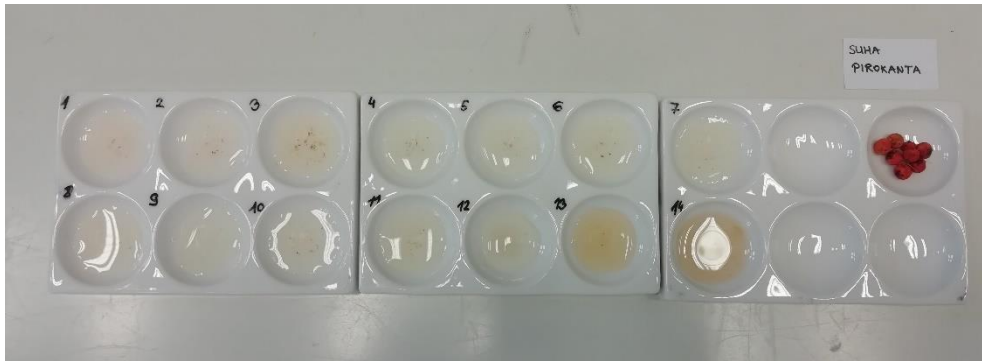


a)

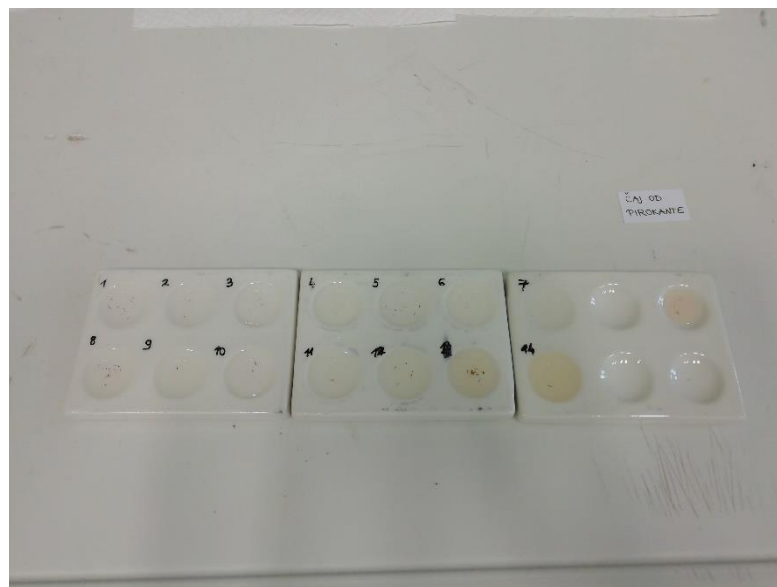


b)

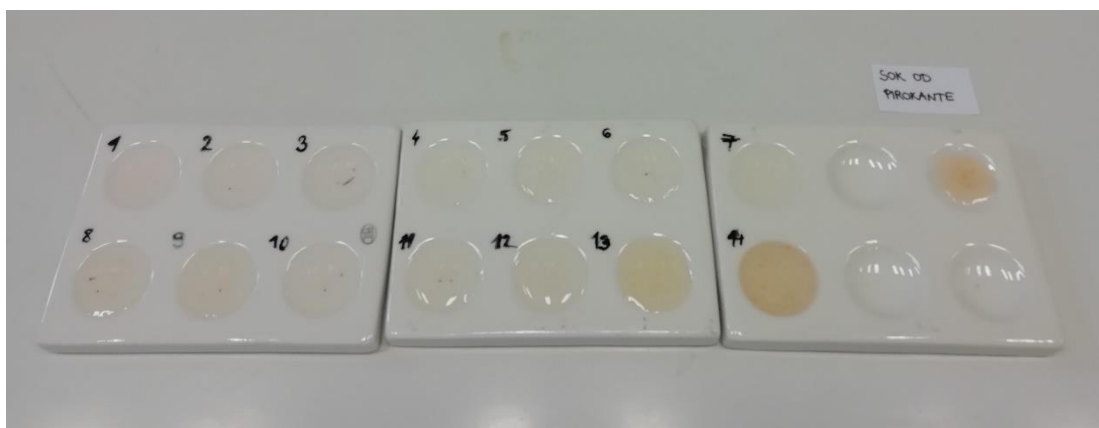
Slika 129. Vatreći trn a) u Eppendorf tubama b) nakon 24h.



Slika 130. Sušeni vatreni trn.



Slika 131. Čaj od vatreneog trna.



Slika 132. Sok od vatreneog trna.

5. RASPRAVA

Pretraživanje znanstvene literature je pokazalo kako ova tema nije obrađena i rijetki radove bave se alternativnim pH indikatorima, a radovi o primjeni biljaka iz porodice ružovki nisu nađeni. Prema istraživanjima u ovom radu, svježa kupljena šljiva (Slika 29. a)) je u jako kiselom mediju, pH 1 i 2, imala intenzivnu crvenu boju. Od pH 3-12, boja otopine je svjetlo crvena, a promjena boje nije zamjetna. U jako baznom mediju pri pH 13 boja je tamnozeleno, a pri pH 14 je izrazito zelene boje. Meso kupljene svježe šljive (Slika 29. b)) ima manje intenzivne boje u odnosu na kožicu šljive. Pri pH 1 i 2 otopina je crvene boje, dok je pri pH 3-12 blago crvene boje. Pri jako baznom mediju (pH = 13), otopina je crne boje, a pri pH 14 je svijetlozelene boje. Svježa domaća šljiva (Slika 29. c)) nije pokazala značajnu promjenu u odnosu na kupljenu svježju šljivu (Slika 29. a) i b)) te u jakim kiselinama pri pH 1 i 2 blago crvene boje, pri pH 3-12 je blijedo crvena, a je pri pH 13 i 14 žuto-smeđe boje.

Suha šljiva (Slika 30.) je pri pH 1 i 2 blago crvene boje, pri pH 3-12 je svijetlocrvene boje te je pri pH 13 i 14 žuto-smeđe boje. Kupljeni sok od šljiva (Slika 31. a)) u kojem je udio voća 21 % nema značajne promjene boje, a promjena boje je jedva vidljiva kod jakih baza. Domaći sok od šljiva (Slika 31. b)) se također nije pokazao kao dobar kiselo-bazni indikator (iako ima udio voća 100 %), a promjena boje je vidljiva u jako baznom mediju, pri pH 13 i 14 je žute boje. Slično, 100 %-tni džem od šljiva (Slika 32. a) i b)) prikazuje promjenu boje samo u jakim bazama te je pri pH 13 i 14 žuto-smeđe boje. Ova dva džema se razlikuju po tome što džem na Slici 32. a) sadrži komadiće kožice dok je džem na Slici 32. b) potpuno mljeven.

Čaj od šljiva (Slika 33.) prikazuje promjenu boje u jakom lužnatom mediju te je pri pH 13 i 14 žute boje. Pri pH 14 je žuta boja intenzivnija u odnosu na pH 13. U ostatku pH vrijednosti (pH 1-12) nema promjene boje - otopina je jako blijedo obojana, gotovo bezbojna. Vino od šljiva (Slika 34.) je u jakim kiselinama (pH 1) blago crvene boje dok je od pH 2-12 boja otopine jako slaba. Pri pH 13 vino od šljiva prikazuje drugu značajnu promjenu boje te poprima žuto-smeđe obojene, a pri pH 14 je otopina žute boje.

Rezultati ispitivanja pokazali su da je svježa kupovna šljiva pokazala značajniji potencijal kao kiselo-bazni indikator. Također zamjetna je promjena boje džemova, čaja i vina i domaćeg soka u jakim bazama, dok kupljeni sok od šljiva i suha šljiva imaju jako slabo zamjetne promjene boje.

Za uočene promjene boje odgovorni su bioaktivni spojevi koji se mogu vidjeti u Tablicama 6.-8. Od najzastupljenijih bioaktivnih spojeva u svježoj šljivi tu su cijanidin-3-*O*-rutinozid i 3-kafeoil kininska kiselina dok je u suhoj šljivi najviše prisutna 3-kafeoil kininska kiselina. U soku od šljiva nisu pronađeni ni cijanidin-3-*O*-rutinozid niti 3-kafeoil kininska kiselina. Stoga, može se uočiti da je za promjenu boje odgovoran cijanidin-3-*O*-rutinozid koji daje najuočljiviju promjenu boje. U suhoj šljivi i soku nije pronađen cijanidin-3-*O*-rutinozid te vjerojatno zbog toga nije uočena promjena boje kao kod svježe šljive.

Cvijet trešnje (Slika 35.) pri pH 1 prikazuje intenzivno ružičastu boju koja je slabije izražena pri pH 2. Od pH 3-11 je blago ružičaste boje, dok kod pH 12 poprima blago žutu boju koja je uočljiva pri pH 13 i 14, ali je intenzivnija žuta boja pri pH 14.

Smrznuti uzorak svježeg ploda trešnje (Slika 36.) ne pokazuje značajnije promjene boje. Samo pri pH 13 i 14 poprima žuto obojenje koje je jače intenzivno pri pH 14. Svježi plod trešnje (Slika 37.) pokazuje pri pH 1 i 2 intenzivno ružičasto obojenje koje od pH 3-6 postaje blago svijetlo ružičaste boje. U pH području 7-9 je crnkaste boje te u pH 10 i 11 je tamno ružičaste boje. U jakom baznom području vidljiva je tamno smeđa boja pri pH 12 i 13 dok je na pH 14 tamno žute boje. Kožica svježeg ploda trešnje (Slika 37.) je crvene boje pa se ispitalo koliko je za uočene promjene boje odgovorna sama kožica ploda. Pri pH 1-3 kožica je pokazala blago ružičastu boju, a pri pH-12 bila je blago narančaste boje. U baznom području pri pH 13 i 14 je poprimila žuto obojenje. Oguljena svježa trešnja, odnosno meso trešnje (Slika 38.), pri pH 1-pH 12 je blago ružičaste boje dok je pri pH 13 i 14 svjetlo žute boje. Sušena trešnja (Slika 39.) od pH 1-14 imaju istu boju koja odgovara bolji samog indikatora od suhe trešnje, a to je narančasto smeđe obojenje.

Domaći sok od trešnje (Slika 40.) poprima pri pH 1 i 2 je intenzivno ružičaste boje. Od pH 3-12 otopina je crvenkaste boje, dok je pri pH 13 i 14 maslinasto obojena. Čaj od trešnje (Slika 41.) ne pokazuje značajniju promjenu boje niti u jednoj od pH vrijednosti te stoga se ne može koristiti kao alternativni pH indikator.

Bioaktivni spojevi u svježoj trešnji prikazani su u Tablici 9. Količinski najzastupljeniji je antocijanin cijanidin-3-*O*-rutinozid. Dominirajući antocijanin vjerojatno je glavni spoj odgovoran za uočene promjene boje svježe trešnje pri određenoj pH vrijednosti.

Svježa višnja (Slika 42.) pri pH-12 ima intenzivno crvenu boju, ljubičasto-crveno obojenje pri pH 13, a tamno zeleno obojenje pri pH 14. Sušena višnja (Slika 43.) pri pH 1 poprima svjetlo crveno obojenje dok je pri pH 2-12 crvene boje. Sušena višnja pri jako baznom mediju (pH 13 i 14) pokazuje tamno zelenu boju.

Ispitane su se dvije vrste džema od višanja (Slika 44. a) i b)), džem od Maraske i od crne višnje. Džem od višnje Maraske (Slika 44. a)) u kojem je udio višnje 75 % pri pH 1 i 2 poprima intenzivnije crvenu boju u odnosu na pH područje 3-12 u kojem je svjetlije crveno obojenje. U jakim bazama, džem od višnje Maraske pri pH 13 poprima tamno zelenu boju, dok se pri pH 14 javlja žuto-smeđe obojenje. Džem od crne višnje (Slika 44. b)) u kojem je udio voća 100 % u kiselom i neutralnom području je svjetlo crvene boje, a promjena boje je uočljiva pri pH 13 te se javlja tamno zeleno obojenje, a pri pH 14 je žuto-zeleno boje.

Sok od višnje (udio voća 40 %) prikazan na Slici 45. U jako kiselom mediju, pri pH 1 i 2, poprima tamnije crvenu boju u odnosu na pH 3-12 u kojem je blago crvene boje. Promjena se može vidjeti pri pH 13 gdje poprima svjetlo maslinastu boju, dok je pri pH 14 otopina žuto obojena. Vino od višanja (Slika 46.) pokazuje promjene boje isto kao i sok od višanja, samo što su boje u kiselom mediju (pH 1 i 2) izraženije odnosno crvenije u odnosu na pH 3-12 te jače izražene u odnosu na sok. Također, pri pH 13 uočena je svjetlo maslinasta boja i pri pH 14 žuta boja su intenzivnije u odnosu na sok.

Bioaktivni spojevi u svježoj višnji i proizvodima od višanja prikazani su u Tablicama 10. i 11. U svježoj višnji utvrđene su izuzetno visoke koncentracije antocijanina cijanidin-3-*O*-glukozil-rutinozida, koji je pronađen i u džemu. Ovaj spoj je vjerojatno odgovoran za promjene boje uočene kod višnje, ali zbog manje koncentracije cijanidin-3-*O*-glukozil-rutinozida u džemu vjerojatno se zbog toga uočavaju slabije promjene boje u odnosu na svježu višnju.

Marelica se nije iskazala kao kiselo-bazni indikator. Svježa marelica (Slika 47.) i oguljena svježa marelica (Slika 48.) nisu dale nikakvu promjenu boje ni u jednom pH području. Također sušena marelica (Slika 49.) i džem od marelica u kojem je udio voća 100 % (Slika 50.) nisu dali vizualno značajne promjene boje niti u jednoj pH vrijednosti.

Sok iz kompota marelice (Slika 51. a)) nije se pokazao kao alternativni kiselo-bazni indikator, ali je u odnosu na svježu marelicu, sušenu i džem od marelice pri pH 14 pokazao žuto obojenje. Prilikom ispitivanja marelica iz kompota (Slika 51. b)) vidljiva je promjena boje samo pri pH 14 gdje poprima žuto obojenje, dok u ostalim pH područjima nema promjene boje i otopine ostaju providne. Čaj od marelice (Slika 52.) tek pri pH 13 i 14 pokazuje boju i to žutu, s tim da je pri pH 13 žuta boja svjetlija u odnosu na onu pri pH 14. Sok od marelice (Slika 53.) s udjelom voća 40 % nije pokazao promjenu boju u pH rasponu od 1 do 14.

Fenolni profil marelice i proizvoda od marelice prikazani su u Tablicama 12. i 13. U ovom slučaju prisutne su vrlo male koncentracije flavonoida, što je vjerojatni razlog zašto se marelica nije iskazala kao potencijalni pH indikator.

Uzorak svježe breskve (Slika 54.), odnosno kožice breskve, pokazuje pri pH 1 i 2 intenzivno crvenu boju, pri pH 3-6 je svjetlije crvene boje, dok je pri pH 7-9 svijetlo smeđe boje. Pri pH 10 i 11 otopina ima svjetlo crvenu boju, a u jakim bazama, odnosno pri pH 12 je svijetlo maslinaste boje, pri pH 13 je zelene boje, a pri pH 14 je žute boje. Na Slici 55. prikazana je svježa breskva bez kožice koja pri pH 1 i 2 poprima blago ružičasto obojenje. Pri pH 3-12 otopina je blago žuta te je pri pH 13 i 14 žute boje. S druge strane, sušena breskva (Slika 56.) i čaj od breskve (Slika 58.) prema rezultatima ne mogu se koristiti kao potencijalni kiselo-bazni indikator jer nisu pokazali promjenu boje ovisnu o pH medija.

Sok iz kompota breskve (Slika 57. a)) pokazuje žutu boju samo u pH 14, a sličnu promjenu boje pokazuju i breskve iz kompota (Slika 57. b)). Sok od breskve s udjelom voća 50 % (Slika 59.) pokazuje blago narančastu boju pri pH 1-12, dok je pri pH 13 i 14 još uvijek blago narančast ali ipak tamnije u odnosu na prethodnu boju.

Bioaktivni spojevi u svježoj oguljenoj te cijeloj breskvi prikazani su u Tablicama 14. i 15. U oguljenoj breskvi u velikoj koncentraciji je prisutan procijanidin dimer B1, dok je u cijeloj breskvi u velikoj koncentraciji prisutan 5-kafeoil kininska kiselina, ti su spojevi vjerojatno odgovorni za uočene promjene boje.

Svježa nektarina (Slika 60.) imala je crvenu koru koja je korištena za ispitivanje te je pri pH 1 i 2 otopina crvene boje, pri pH 3-11 otopina je svjetlo narančasta, dok je pri pH 12 blago smeđa. U pH 13 otopina poprima žuto-smeđu boju, a pri pH 14 otopina je žuta. Oguljena svježa nektarina (Slika 61.) poprima pri pH 1 i 2 blago crvenu boju koja je jedva uočljiva, od pH 3 do 12 otopina je svjetlo narančasta, dok je pri pH 13 i 14 blago žuta.

Sušena nektarina (Slika 62.) i čaj od nektarine (Slika 63.) nisu dali nikakvu promjenu boje niti u jednom pH području zbog čega nisu alternativni kiselo-bazni indikatori. Pretragom Phenol-Explorer baze utvrđeno je da svježa nektarina (Tablica 16. i 17.) sadrži u visokim koncentracijama procijanidin dimer B1 i 5-kafeoil kininska kiselina, koji su vjerojatno odgovorni za bioaktivnost ovog voća.

Mladi list japanske trešnje (Slika 64. a)) je tamno crvene boje pa se učinio zanimljivim za ovo istraživanje. On pokazuje blago ružičastu boju pri pH 1 i 2, dok je u pH području od 3 do 11 blago zelene boje. U jakom baznom području od pH 12 i 13 javlja se tamnije zeleno obojenje u odnosu na pH raspon 3-11. Pri pH 14 javlja se žuto obojena otopina. Uspoređujući dobivene rezultate mladog i razvijenog lista japanske trešnje, razvijeni list japanske trešnje

(Slika 64. b)) ima intenzivnije obojenje pri pH 1 i 2 te je boja otopine crvena. U pH području 3-11 otopina poprima svijetlo smeđe obojenje, a pri pH 12 počinje se razvijati zeleno-smeđa boja. Pri pH 13 otopina je zelena te u pH području 14 ima žutu boju.

Suha japanska trešnja (Slika 65.) i čaj od japanske trešnje (Slika 66.) nisu pokazali značajnije promjene boje u pH području 1-12 gdje se javlja svijetlo narančasta boja. U jakim bazama (pH 13 i 14) i sušena i čaj od japanske trešnje poprimaju žutu boju. Boje su intenzivnije kod suhe japanske trešnje dok su kod čaja od japanske trešnje jedva vidljive.

Uzorak divlje kupine (Slika 67.) bio je smrznut. U kiselom, neutralnom i blago baznom području pokazao crvenu boju (pH 1-8). Pri pH 5 boja otopine je svijetlo crvena, što bi mogla biti posljedica načina rada (tj. greška uzrokovana ljudskim faktorom). Pri pH 9-11 otopina je svjetlije crvena dok je pri pH 12 blago ljubičaste boje. U jakim bazama pri pH 13 je crne boje, dok je pri pH 14 otopina žute boje.

Sušena divlja kupina (Slika 68.) pri pH 1 pokazuje crveno obojenje, dok je pri pH 2 svijetlo crvena u odnosu na pH 1. U pH području 3-12 je još svjetlije crvene boje u odnosu na pH 2. Pri pH 13 otopina je smeđa te je u pH 14 žuto-smeđe boje. Prilikom ispitivanja čaja od divlje kupine (Slika 78. a) i b)) ispitana su dva uzorka. Čaj od sušene divlje kupine (Slika 69. a)) pri pH 1 i 2 pokazuju crvenu boju, zatim je pri pH 3-12 otopina crveno-smeđe boje dok je pri pH 13 tamno maslinaste boje. Pri pH 14 otopina poprima žuto-smeđu boju. Boje u čaju iz sušene divlje kupine su jače vidljive, ali promjene boje su jače uočljive u uzorku čaja od svježe divlje kupine. Čaj od svježeg materijala divlje kupine (Slika 69. b)) u jakim kiselinama poprima ružičastu boju. Ta ružičasta boja se pri pH 3 gubi i postaje svjetlija. U pH području 4-11 otopina je bezbojna, a u pH 12 i 13 poprima svijetlo zelenu boju. U pH području 14 otopina je žute boje.

Sok od divlje kupine (Slika 70.) također ima vidljive promjene boje. Pri pH 1 i 2 otopina poprima crvenu boju, a u pH 3 otopina je svijetlo crvena. U pH rasponu 4-10 otopina je svjetlije crvena u odnosu na pH 3. Pri pH 11 i 12 otopina ima svijetlo crveno-ljubičastu boju. Pri pH 13 otopina je tamno plava, a pri pH 14 otopina poprima zelenkasto obojenje.

Svježa šumska jagoda (Slika 71.) pokazuje svijetlo crvenu boju pri pH 1, dok je pri pH 2-11 svjetlije crvene boje u odnosu na pH 1. Pri pH 12 otopina poprima blago smeđu boju, dok je pri pH 13 izražena smeđa boja. Smeđa boja vidljiva je i pri pH 14, ali je ta boja jače izražena u odnosu na pH 12. Komadići šumske jagode u džemu te džem od šumske jagode (Slika 72. a) i b)) nisu se pokazali kao kiselo-bazni indikator. Boja je slabo vidljiva, a promjena je bila uočljiva pri pH 13 i 14, u kojima se javlja žuto obojenje. U ostalim pH, otopina je slabo crvene boje. Prilikom ispitivanja običnog džema od šumske jagode (Slika

72. b)) pri pH 1-12 otopina je bezbojna do blago crvene boje, a pri pH 13 i 14 otopina poprima žutu boju, koja je pri pH 14 intenzivnija u odnosu na pH 13.

Prilikom ispitivanja ruže uzete su ružine laticice različitih boja te se očekivalo da će laticice bijele ruže pokazati najlošije rezultate upravo zbog bijele boje latica. Svježe laticice bijele ruže (Slika 73.) pri pH 7-11 daju žutu boju koja s porastom pH postaje intenzivnija. Pri pH 12 otopina je žute boje, dok je pri pH 13 i 14 intenzivno narančaste boje. Sušene laticice bijele ruže (Slika 74.) pri pH 7-11 daju svjetlo žutu boju, pri pH 12 otopina je intenzivno žute boje, dok je pri pH 13 i 14 narančaste boje. Čaj od latica bijele ruže (Slika 75.) daje svjetlo žutu boju pri pH 12, dok je pri pH 13 i 14 otopina svjetlo narančaste boje.

Svježe laticice narančaste ruže (Slika 76.) pri pH 1-11 daju svjetlo narančastu boju, a pri pH 13 i 14 je tamno narančaste boje. Sušene laticice narančaste boje (Slika 77.) pri pH 1 i 2 daju blago narančastu boju, pri pH 3-11 otopina je žute boje, pri pH 12 je svjetlo narančaste boje, a pri pH 13 i 14 intenzivno narančaste boje. Čaj od latica narančaste ruže (Slika 78.) ima promjene boje pri pH 1 i 2 u kojima je otopina svjetlo ružičaste boje, a pri pH 12 otopina poprima svjetlo žutu boju. U jakim bazama, pri pH 13 i 14, otopina je svjetlo narančaste boje.

Uzorak svježih latica ruže boje breskve (Slika 79. a) i b)) prikazuje promjene boje pri pH 1 i 2 u kojima poprima svjetlo ružičastu boju. U pH 3-5 otopina je svjetlo žute boje, dok je pri pH 6-11 blago ružičaste boje. Narančasto obojenje javlja se pri pH 12-14, a intenzitet boje pojačava se kako raste pH. Uzorak je ostavljen sat vremena (Slika 79. b)) te je boja pri pH 1 i 2 slabije ružičaste boje u odnosu na uzorak svježih latica ruže boje breskve (Slika 79. a)). Također, promjena se dogodila u području pH 6-11 gdje se javila smeđa boja. Uočljiva promjena također je prisutna i pri pH 12 gdje je u odnosu na Sliku 79. a) boja postala svjetlo smeđa. Sušene laticice ruže boje breskve (Slika 80.) pri pH 1 i 2 daju svjetlo ružičasto obojenje, koje se javlja i u području pH 5-11 s tim da se intenzitet boje pojačava s pH. U pH 12 javlja se tamno ružičasto obojenje te se na pH 13 i 14 javlja narančasto obojenje. Promjene boje jače su izražene u čaju od latica ruže boje breskve (Slika 81.) gdje se pri pH 1 i 2 javlja svjetlo ružičasto obojenje, pri pH 3-12 otopina je svjetlo narančaste boje koja postaje intenzivnija pri pH 13 i 14.

Svježe laticice roze ruže (Slika 82. a)) pri pH 1 i 2 daju otopini ružičasto obojenje. Pri pH 3-5 otopina je bezbojna, a pri pH 6-11 smeđa. U pH 12, otopina je žuto-zelene boje dok je pri pH 13 i 14 narančasto obojena. Uzorak svježih latica roze ruže (Slika 82. b)) ostavljen je stajati sat vremena na sobnoj temperaturi pri čemu je uočljiva promjena pri pH 6-11 te je otopina poprimala tamno smeđu boju. Sušene laticice roze ruže (Slika 83.) jasne i vidljive

promjene boje pri čemu je pri pH 1 i 2 ružičaste boje te od pH 6 do 11 otopina poprima svjetlo smeđu boju. Pri pH 12 otopina je zelene boje, a u pH 13 i 14 otopina je intenzivno narančaste boje. Čaj od latica roze ruže (Slika 84.) pokazuje tamniju ružičastu boju pri pH 1 koja blijedi i postaje svjetlija pri pH 2. U području pH 3-11 uočeno je svjetlo crveno-smeđe obojenje, dok je pri pH 12 otopina zeleno-smeđe boje. Pri pH 13 i 14 boja otopina postaje intenzivno narančasta.

Kupovni čaj od ružinih latica (Slika 85.) poprima svjetlo ružičastu boju pri pH 1 i 2, pri pH 12 otopina je žute boje, pri pH 13 narančasto-smeđe boje a pri pH 14 narančaste boje.

Uzorak svježih latica zagasito ružičaste ruže (Slika 86.) poprima svjetlo ružičastu boju pri pH 1 i 2 te boja postaje siva u području od pH 7-11. Pri pH 12 otopina je žute boje, dok je pri pH 13 i 14 otopina intenzivno narančaste boje. Sušene latice zagasito ružičaste ruže (Slika 87.) u jakim kiselinama pri pH 1 i 2 otopini daju intenzivno ružičastu boju koja blijedi i postaje bezbojna pri pH 3-5. U području pH 6 boja otopine je svjetlo ljubičasta, te boja postaje tamno ljubičasta pri pH 7-10. Pri pH 11 i 12 otopina je tamno plave boje dok se narančasta boja javlja u području pH 13 i 14. Promjene boje su uočljive i u čaju od latica zagasito ružičaste ruže (Slika 88.), pri pH 1 i 2 otopina je svjetlo ružičaste boje koja je svjetlija pri pH 2 u odnosu na pH 1. Bezbojna otopina javlja se od pH 3 do pH 6. Otopina postaje svjetlo ljubičasta u području pH 7-11. Zelena boja javlja se pri pH 12, a pH 13 i 14 otopina je narančasto obojena.

Svježe latice ruže boje cigle (Slika 89.) pri pH 1 i 2 daju svjetlo crveno obojenje, dok je od pH 3 do pH 7 otopina bezbojna. Sivo obojenje javlja se pri pH 8-11, a otopina postaje žuto obojena pri pH 12. Svjetlo narančasta boja zastupljena pri pH 12 i 13. Uzorak sušenih latica ruže boje cigle (Slika 90.) pokazuje pri pH 1 i 2 intenzivno ružičasto obojenje, dok ta boje blijedi i postaje jako svijetla pri pH 3. Pri pH 4 i 5 otopina je ružičasta, a pri pH 6-9 otopina poprima tamno plavu boju. Ljubičasta boja javlja se pri pH 10 i 11, dok je tirkizna boja uočljiva pri pH 12. Narančasto obojenje javlja se pri pH 13 i 14. Boje su svjetlije u uzorku čaja od latica ruže boje cigle (Slika 91.) u odnosu na suhi uzorak (Slika 90.). Pri pH 1 i 2 otopina je svjetlo ružičaste boje koja nestaje sve do pH 7-11 koje pokazuju tamno plavu boju koja je jedva uočljiva. Pri pH 12 otopina je zelene boje, a pri pH 13 i 14 javlja se narančasto obojena otopina.

Svježe latice crvene ruže (Slika 92. a)) pri pH 1 i 2 pokazuju crvenu boju. Pri pH 3 otopina je svjetlo ružičasta, ali boja nestaje te se pri pH 4 i 5 javlja slabo vidljiva svjetlo ružičasta boja. Pri pH 6-11 otopina poprima ljubičastu boju, a pri pH 12 otopina ima tamno zelenu boju. U jakom baznom području javlja se narančasta boja (pH 13 i 14). Uzorak je

ostavljen sat vremena na sobnoj temperaturi kako bi se vidjele moguće promjene boje te je u odnosu na početni uzorak, uzorak latica crvene ruže (Slika 92. b)) pri pH 6 i 10 otopina postala svjetlo smeđa, a pri pH 7, 8, 9 i 11 otopina je postala siva. Boja se promijenila i pri pH 12 je postala maslinasta. Ostatak pH vrijednosti nije značajnije promijenio boju, samo što je boja pri pH 1 i 2 postala ružičasta. Sušene latice crvene ruže (Slika 93.) pokazale su promjenu boje pri pH 1 i 2 pri čemu je boja postala crvena, dok je boja od pH 3 do 11 postala svjetlo smeđa. Promjena boje također se javila pri pH 12 pri čemu je otopina postala zeleno-smeđa, a pri pH 13 i 14 otopina je poprimila narančasto obojenje.

Čaj od latica crvene ruže (Slika 94.) prikazuje promjene boje pri pH 1 i 2 gdje se javlja crvena boja, dok se od pH 3 do 7 javlja ružičasto obojenje. Ljubičasta boja javlja se pri pH 7, 8, 9 i 11 te pri pH 10 i 12 otopina je tamno ljubičaste boje. Pri pH 13 otopina poprima smeđe obojenje, a pri pH 14 otopina je intenzivno narančaste boje.

Sušeni ružin šipak (Slika 95.) se nije pokazao kao potencijalni kiselo-bazni indikator jer pokazuje promjenu boje samo pri pH 14, dok je u ostalim vrijednostima pH svjetlo smeđe obojen. Sok od ružinog šipka (Slika 96.) i čaj od ružinog šipka (Slika 97.) također pokazuju promjenu boje u jakim bazama. Otopine su i u jednom i u drugom slučaju pri pH 1-12 svjetlo smeđe, dok su pri pH 13 i 14 tamno smeđe, a boja se pojačava kako raste pH vrijednost.

Mušmulica se nije pokazala značajnije promjene boje. Svježa mušmulica (Slika 98.) pri pH 1 poprima narančasto-crveno obojenje. Od pH 2-12 otopina je svjetlo smeđe boje te je pri pH 13 i 14 tamno smeđe obojena otopina. Suha mušmulica (Slika 99.) također nije pokazala značajnu promjenu boje. Samo pri pH 13 i 14 poprimila je žuto-smeđu boju. U ostatku pH vrijednosti otopina je svjetlo smeđe obojena. Čaj od mušmulice (Slika 100.) pri pH 1-12 daje svjetlo smeđu boju, pri pH 13 i 14 smeđu boju, s tim da se pri pH 14 javlja žuto-smeđa boja. Sok od mušmulice (Slika 101.) pokazuje svjetlo crvenu boju pri pH 1 te je od pH 2-12 otopina svjetlo smeđe obojena. Pri pH 13 i 14 otopina je žuto-smeđa.

Cvijet japanske dunje (Slika 102. a)) nije pokazao značajniju promjenu boje. Od pH 1-12 otopina je svjetlo smeđe boje, a pri pH 13 i 14 poprima žuto-smeđu boju. Uzorak cvijeta japanske dunje stavljen je u Eppendorf tube i ostavljen u hladnjaku 24 h (Slika 102. b)) i 48 h (Slika 102. c)). I u uzorku ostavljenom 24 h (Slika 102. b)) i u uzorku ostavljenom 48 h (Slika 102. c)) pri pH 1 otopina je ružičasto obojena. Od pH 2-12 otopina je bezbojna i nema značajnih promjena niti u jednom uzorku koji su stavljeni u tube. Na Slici 102. b) pri pH 13 se javlja žuta boja, kao i u uzorku na Slici 102. c) ali se na laticama u tubi još javila plava boja.

Uzorak svježeg gloga (Slika 103.) pri pH 1 i 2 otopini daje svjetlo crvenu boju, a pri pH 3-14 smeđu boju. Sušeni glog (Slika 104.) i čaj od gloga (Slika 105.) nisu pokazali vizualno značajne promjene. Sok od gloga (Slika 106.) poprima crvenu boju pri pH 1 i 2, dok je pri pH 3 do 14 otopina svjetlo smeđa s tim da se intenzitet boje pojačava kako raste pH vrijednost.

Kora jabuke Fuji (Slika 107.) je pri pH 1 i 2 svjetlo crvena, a od pH 3 do 10 otopina je svjetlo žuta. Promjena boje uočljiva je pri pH 11-13 pri čemu otopina postaje žuto obojena, a intenzitet boje se pojačava prema većim pH vrijednostima. Pri pH 14 otopina je narančaste boje. Kora jabuke Crveni delicios (Slika 108.) ima slabo izražene primjene boje – pri pH 1 i 2 otopina je svjetlo crvene boje, a od pH 3 do 11 otopina svjetlo žuta. Pri pH 12 i 13 otopina je žuta, a pri pH 14 narančasta. Kora jabuke Gala (Slika 109.) pokazuje jasnije vidljive promjene boje u odnosu na koru jabuke Crveni delicios, pa je pri pH 1 i 2 otopina svijetlo crvene boje, od pH 3 do 11 bezbojna te se boja javlja pri pH 12 i 13 u kojima je boja svijetlo žuta. Pri pH 14 otopina je žuto obojena. Kora jabuke Pink Cripps (Slika 110.) se nije pokazala kao dobar indikator jer su promjene boje jedva uočljive. Pri pH 1 i 2 otopina je svjetlo crvena, dok je u pH rasponu 3-11 svjetlo žuta. Žuta boja javlja se u pH području od 12 do 13, a narančasta boja javlja se pri pH 14. Kora jabuke Jonagold (Slika 111.) pri pH 1 i 2 poprima crvenu boju koja blijedi pri pH 3. Od pH 4 do 11 otopina je svjetlo smeđe obojena, dok je pri pH 12 i 13 žuto-smeđe boje. Pri pH 14, otopina poprima narančasto obojenje. Kora jabuke Idared (Slika 112.) pri pH 1 i 2 ima svjetlo crvenu boju, dok od pH 3 do 12 boja prelazi u svjetlo smeđu boju. Žuta boja je jasnije vidljiva pri pH 13, a pri pH 14 otopina je narančaste boje. Boje su jedva uočljive pa su rezultati slični kao u kori jabuke Pink Cripps (Slika 110.).

Sušena kora jabuke (Slika 113.) je od pH 1 do 3 svjetlo crveno-smeđa. Ostatok pH vrijednosti odnosno (pH 4-11) otopina je svjetlo smeđe boje, a pri pH 12 i 13 žute boje. U jako baznom području otopina je narančaste boje (pri pH 14). Čips od jabuke (Slika 114.) nije dao značaju promjenu boje je promjena boje uočljiva samo pri pH 14 gdje nastaje žuto obojena otopina.

Čaj od svježih jabuke (Slika 115.) pri pH 1 i 2 je crvene boje, dok je od pH 3 do 11 otopina bezbojna. Svjetlo žuta boja javlja se pri pH 12, a pri pH 13 i 14 otopina poprima narančastu boju. Čaj od suhe jabuke (Slika 116.) nije pokazao značajnu promjenu boje (Slika 115.), koja je uočljiva samo pri pH 13 i 14 pri čemu je otopina žuto obojena. Slično, džem od jabuke (Slika 117.) kao i sok od jabuke (Slika 118.) su promjenu boje dali samo pri pH 13 i 14, gdje je otopina poprimila narančastu boju.

Očekivano je da jabučni ocat (Slika 119.) neće dati nikakvu promjenu boje, što se i ostvarilo. Jabučni ocat niti u jednoj pH vrijednosti nema promjenu boje te je u svim pH vrijednostima otopina bezbojna. Fenolni profil jabuke i proizvoda od jabuke (svježa, džem i sok) prikazani su u Tablicama 18.-20. U sva tri slučaja prisutni su dihidročalkoni, odnosno floretin-2-*O*-ksilozil-glukozid te floridzin koji vjerojatno ne pridonose utjecaju na promjenu boje ovisnu o pH vrijednosti jer su u džemu pronađeni floretin-2-*O*-ksilozil-glukozid i floridzin, a uzorak nije dao značajniju promjenu boje. U svježoj jabuci je najviše zastupljen procijanidin dimer B2 i 5-kafeoil kininska kiselina, koji svi doprinose antioksidacijskom potencijalu ovog voća.

Kora crvene kruške (Slika 120.) daje crveno obojenje otopini pri pH 1 i 2 dok je boja pri pH 3 crveno-smeđa. Od pH 4 do 14 boja otopina je žuto-smeđa s tim da kako se povećava pH tako boja postaje jača. Svježa kruška Abata (Slika 121.) i sušena kruška (Slika 122.) nisu pokazale značajnije promjene boje, jedino se primjećuje svjetlo žuta boja pri pH 13 i 14. Slično, čaj od kruške (Slika 123.) promjenu boje pokazuje samo pri pH 13 i 14. Prilikom ispitivanja soka iz kompota kruške (Slika 124. a)) i kruške iz kompota (Slika 124. b)), promjena boje u oba uzorka opaža se pri pH 13 i 14 te je otopina žute boje. Boja je jače izražena kod indikatora od kruške iz kompota u odnosu na sok iz kompota.

Ispitivanje džema od kruške, udio voća 50 % (Slika 125.), nije dalo značajne rezultate te je boja promjene jedva uočljiva. Kao i kod ostalih prerađenih uzoraka kruške, promjena je tek malo vidljiva pri pH 14 pri čemu se javlja svjetlo žuto obojenje. Slične rezultate daje i sok od kruške, udio voća 50 % (Slika 126.), koji pri pH 13 i 14 otopini daje žutu boju.

Bioaktivni spojevi u svježoj kruški i soku od kruške prikazani su u Tablicama 21. i 22. U oba slučaja dominantan je antocijanin cijanidin te je on vjerojatno glavni spoj odgovoran za uočene promjene boje.

U slučaju dunje ispitan je domaći džem (Slika 127.) koji se nije pokazao kao potencijalni indikator jer su promjene boje teško uočljive i nema ih puno – pri pH 1-12 otopina je svjetlo smeđa, a pri pH 13 i 14 otopina poprima tamniju smeđu boju. Bioaktivni spojevi u džemu od dunje prikazani su u Tablici 23. U ovom slučaju najviše su prisutne fenolne odnosno hidroksicimetne kiseline.

Svježi vatreni trn (Slika 128.) poprima pri pH 1 i 2 svjetlo smeđu boju koja postaje tamnija pri pH 3-14, a intenzitet boje raste s pH. Dio uzoraka svježeg vatrene trna ispitano je i pomoću Eppendorf tuba. Na Slikama 129. a) i b) može se primjetiti razlika između početnog uzorka i uzorka ostavljenog 24 h u hladnjaku. Pri pH 1 otopina poprima crvenu boju, a boja je izraženija u uzorku ostavljenom 24 h (Slika 129. b)). Od pH 2 do 12 otopina

je bezbojna i u jednom i drugom uzorku (Slika 129. a) i b)). U uzorku ostavljenom nakon 24 h (Slika 129. b)) pri pH 13 otopina je narančaste boje dok je pri pH 14 otopina smeđe boje. U uzorku svježeg vatrenog trna u Eppendorf tubama (Slika 129. a)) pri pH 13 i 14 boja je jedva uočljiva, a otopina poprima svjetlo žutu boju. Također, bobica vatrenog trna se razlikuje po boji u ova dva uzorka. U početnom uzorku vatrenog trna (Slika 129. a)) bobice su crvene, dok su bobice u uzorku vatrenog trna nakon 24 h žute (Slika 129. b)). Sušeni vatreni trn (Slika 130.) pri pH 1-12 poprima svjetlo žutu boju, pri pH 13 žuta boja je malo intenzivnija, a pri pH 14 otopina poprima smeđu boju. Čaj od vatrenog trna (Slika 131.) i sok od vatrenog trna (Slika 132.) pokazuju slične promjene boje. Kod čaja od vatrenog trna (Slika 135.) otopina pri pH 13 i 14 ima narančastu boju, a slično je s uzorkom soka.

6. ZAKLJUČAK

U ovom radu istražena je primjena odabranih biljaka iz porodice Rosaceae kao alternativnih pH indikatora. Ispitivan je biljni materijal iz potporodica Prunoideae, Maloideae i Rosaideae. Istraženi biljni materijal je ispitan u obliku svježeg i suhog materijala te različitih prerađevina kao što su čaj, sok, kompot, džem, voćno vino i ocat. U radu su korištene prerađevine koje sadrže najveći udio voća koji se istražuje, koje ne sadrže umjetne boje i arome. Važno je naglasiti da se prilikom izbora ovih proizvoda, osim navedenih uvjeta, zahtjevalo da ne sadrži druge potencijalne pH indikatore koji bi mogli utjecati na rezultate (kao npr. cvijet hibiskusa).

Istraživanje provedeno na dostupnim uzorcima šljiva pokazuje kako među ispitivanim materijalom kožica i meso svježe šljive pokazuje vizualno najuočljivije promjene boje pri pojedinim pH vrijednostima. U slučaju trešnje, najuočljivije promjene boje za pojedinu pH vrijednost pokazali su cvijet, kožica svježe trešnje i sok. Svi ispitivani uzorci višnje pokazuju jasnu promjenu boje pri pH 13 i 14, dok svi ispitivani uzorci marelice nisu pokazali potencijal primjene kao indikatora. U slučaju breskve i nektarine, svježa breskva i nektarina pokazuju vizualno najuočljivije promjene boje za pojedinu pH vrijednost u odnosu na ostale ispitivane uzorke breskve i nektarine. Stariji list japanske trešnje je pokazao veliki potencijal primjene, međutim preostali ispitani uzorci japanske trešnje nisu se pokazali dojmljivim pH indikatorima.

Najuočljivije promjene boje ovisne o pH pokazali su svježa divlja kupina i sok, dok su ostali uzorci divlje kupine pokazali izraženije promjene boje u jako baznom području. U slučaju šumske jagode, uzorci se nisu pokazali dobrim pH indikatorima. Ispitivanjem različitih ruža može se ustanoviti da najuočljivije promjene boje za pojedinu pH vrijednost pokazuju ruže koje imaju izraženiju boju, pa su se roza, zagasito ružičasta, crvena i ruža boje cigle pokazale dobrim pH indikatorima u svim ispitanim oblicima (svježe, suho, čaj).

Mušmulica, japanska dunja, glog, dunja i vatreni trn nisu se istaknuli kao potencijalni pH indikatori. Od ispitanih sorti jabuke, kora jabuke Jonagold i Gala pokazuju najuočljivije promjene boje za pojedinu pH vrijednost, dok čips i jabučni ocat nisu potencijalni pH indikatori. Od svih ispitanih uzoraka kruške, crvena svježa kruška pokazuje vizualno najuočljivije promjene boje za pojedinu pH vrijednost, dok sušena, kompot i džem ne pokazuju dojmljive rezultate.

Dobiveni rezultati dokazuju velik potencijal primjene biljaka iz porodice ružovki kao alternativnih kiselo-baznih indikatora (pojedine su i dobri pH indikatori), kao i mnoge

prednosti ovako pripremljenih alternativnih kiselo-baznih indikatora u odnosu na sintetske. Alternativni indikatori su pristupačne cijene jer se biljni materijal za njihovu pripremu može pronaći gotovo bilo gdje u okolišu, budući da je porodica Rosaceae vrlo rasprostranjena. Ovakvi indikatori mogu se jednostavno pripremiti i skladištiti, nemaju štetnog otpadnog materijala koji se mora posebno zbrinuti. Nisu štetni ni opasni po zdravlje, a mogu se koristiti primjerice u nastavi kemije u srednjim i osnovnim školama ali i u svim aktivnostima u kojima se gradivo kemije na jednostavan i lagan način pokušava približiti publici.

7. LITERATURNNA VRELA

- [1] D. A. Skoog, D. M. West, F. J. Holler, S. R. Crouch, Fundamentals of analytical chemistry, 7th Edition, Suanders College, Philadelphia, 1995.
- [2] Nj. Radić, L. Kukoč Modun, Uvod u analitičku kemiju, Školska knjiga, Zagreb, 2016.
- [3] A. Prkić, Vježbe iz analitičke kemije, Kemijsko-tehnološki fakultet u Splitu, Split, 2014.
- [4] <https://www.thoughtco.com/definition-of-acid-base-indicator-604738> (28. 8. 2021.)
- [5] <https://sciencing.com/common-acid-base-indicators-8375206.html> (28. 8. 2021.)
- [6] <https://sciencing.com/common-acid-base-indicators-8375206.html> (28. 8. 2021.)
- [7] <https://sciencenotes.org/litmus-paper-and-the-litmus-test/> (28. 8. 2021.)
- [8] <https://support.scientificfilters.com/product-applications/tisch-laboratory-filter-paper/indicator-paper/> (31. 8. 2021.)
- [9] <https://www.thoughtco.com/definition-of-universal-indicator-605761> (31. 8. 2021.)
- [10] <https://www.sciencedirect.com/topics/pharmacology-toxicology-and-pharmaceutical-science/phthalein> (1. 9. 2021.)
- [11] <https://sciencing.com/phenolphthalein-change-color-5271431.html> (1. 9. 2021.)
- [12] <https://sciencing.com/acid-base-components-ammonium-chloride-8352438.html> (1. 9. 2021.)
- [13] <https://www.flinnsci.com/api/library/Download/b1b31d9f950b4b7bb4ba8f9449f50937> (1. 9. 2021.)
- [14] R.W. Sanis, Kirk-Othmer Enc. Chem. Tech. 21 (2000), 1-21.
- [15] <https://sciencenotes.org/how-to-make-thymolphthalein-ph-indicator/> (2. 9. 2021.)
- [16] <https://www.biotek.com/resources/application-notes/using-phenol-red-to-assess-ph-in-tissue-culture-media/> (2. 9. 2021.)
- [17] <https://study.com/academy/lesson/bromothymol-blue-definition-uses-formula.html> (2. 9. 2021.)
- [18] <https://alchetron.com/Bromothymol-blue> (2. 9. 2021.)
- [19] https://www.newworldencyclopedia.org/entry/Azo_compound (2. 9. 2021.)
- [20] [https://chem.libretexts.org/Under_Construction/Stalled_Project_\(Not_under_Active_Development\)/Walker/Chemicals/Substance%3AM/Methyl_orange](https://chem.libretexts.org/Under_Construction/Stalled_Project_(Not_under_Active_Development)/Walker/Chemicals/Substance%3AM/Methyl_orange) (3. 9. 2021.)
- [21] [https://chem.libretexts.org/Bookshelves/Physical_and_Theoretical_Chemistry_Textbook_Maps/Supplemental_Modules_\(Physical_and_Theoretical_Chemistry\)/Spectroscopy/Electronic_Spectroscopy/Electronic_Spectroscopy_Basics/What_Causes_Molecules_to_Absorb_UV_and_Visible_Light](https://chem.libretexts.org/Bookshelves/Physical_and_Theoretical_Chemistry_Textbook_Maps/Supplemental_Modules_(Physical_and_Theoretical_Chemistry)/Spectroscopy/Electronic_Spectroscopy/Electronic_Spectroscopy_Basics/What_Causes_Molecules_to_Absorb_UV_and_Visible_Light) (3. 9. 2021.)

- [22] https://www.researchgate.net/figure/Structural-forms-of-methyl-orange-under-acidic-and-basic-conditions_fig3_273322523 (3. 9. 2021.)
- [23] <https://alchetron.com/Methyl-red> (3. 9. 2021.)
- [24] <https://www.toppr.com/guides/science/acids-bases-and-salts/natural-indicators-around-us/> (5. 9. 2021.)
- [25] https://www.profil-klett.hr/system/files/repozitorij/pdf/biljke_kao_kiselo_bazni_indikatori.pdf (5. 9. 2021.)
- [26] <https://www.toppr.com/guides/science/acids-bases-and-salts/natural-indicators-around-us/> (5. 9. 2021.)
- [27] <https://www.thoughtco.com/making-red-cabbage-ph-indicator-603650> (5. 9. 2021.)
- [28] http://os-davorin-trstenjak-cadjavica.skole.hr/?news_id=288 (5. 9. 2021.)
- [29] <https://www.chemedx.org/article/aqueous-red-cabbage-extracts-more-just-ph-indicator> (5. 9. 2021.)
- [30] <https://www.intechopen.com/chapters/53528> (5. 9. 2021.)
- [31] <https://www.mdpi.com/2076-3921/9/5/451/htm> (5. 9. 2021.)
- [32] <https://www.intechopen.com/chapters/55599> (6. 9. 2021.)
- [33] https://www.researchgate.net/figure/Structure-of-the-main-beetroot-dyes-A-betacyanins-Bc-also-known-as-betainin-with_fig1_236152147 (6. 9. 2021.)
- [34] <http://tuxgraphics.org/npa/litmus-redcabbage-tumeric-radish-ph-indicator/> (6. 9. 2021.)
- [35] <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1021949817301345?via%3Dihub> (6. 9. 2021.)
- [36] O.K. Chun, D.O. Kim, C.Y. Lee, J. Agric. Food Chem. 51 (2003), 8067-8072.
- [37] B. Moeller, K. Herrmann, Phytochem. 22 (1983), 447-481.
- [38] J.L. Donovan, A.S. Meyer, A.L. Waterhouse, J. Agric. Food Chem. 46 (1998), 1247-1252.
- [39] D.O. Kim, O.K. Chun, Y.J. Kim, H.Y. Moon, C.Y. Lee, J. Agric. Food Chem. 51 (2003), 6509-6515.
- [40] O.K. Chun, D.O. Kim, H.Y. Moon, H.G. Kang, C.Y. Lee, J. Agric. Food Chem. 51 (2003), 7240-7245.
- [41] G. Lombardi-Boccia, M. Lucarini, S. Lanzi, A. Aguzzi, M. Cappelloni, J. Agric. Food Chem. 52 (2004), 90-94.
- [42] N. Nakatani, S. Kayano, H. Kikuzaki, K. Sumino, K. Katagiri, T. Mitani, J. Agric. Food Chem. 48 (2000), 5512-5516.

- [43] H.V. Gorsel, C. Li, E.L. Kerbel, M. Smits, A.A. Kader, *J. Agric. Food Chem.* 40 (1992), 784-789.
- [44] I.C.W. Arts, B. van de Putte, P.C.H. Hollman, *J. Agric. Food Chem.* 48 (2000), 1746-1751.
- [45] S. de Pascual-Teresa, C. Santos-Buelga, J.C. Rivas-Gonzalo, *J. Agric. Food Chem.* 48 (2000), 5331-5337.
- [46] L. Gao, G. Mazza, *J. Agric. Food Chem.* 43 (1995), 343-346.
- [47] B. Mozetic, P. Trebse, M. Simcic, J. Hribar, *LTW-Food Science Tech.* 37 (2004), 123-128.
- [48] M. Esti, L. Cinquanta, F. Soneso, E. Moneta, M.D. Matteo, *Food Chem.* 76 (2002), 399-405
- [49] B. Mozetic, P. Trebse, M. Simcic, J. Hribar, *Food Tech. Biotech.* 40 (2002), 207-212.
- [50] D.O. Kim, O.I. Padilla-Zakour, *J. Food Science.* 69 (2004), S395-S400.
- [51] H. Wang, M.G. Nair, A.F. Iezzoni, G.M. Strasburg, A.M. Booren, J.I. Gray, *J. Agric. Food Chem.* 45 (1997), 2556-2560.
- [52] C. Garcia-Viguera, P. Bridle, F. Ferreres, F.A. Tomas-Barberan, *Zeit. Fuer Lebensmittel Untersuch. Forsch.* 199 (1994), 433-436.
- [53] F.A. Tomas-Barberan, E. Cienfuegos-Jovellanos, A. Marin, B. Muguerza, A. Gil-Izquierdo et al. *J. Agric. Food Chem.* 49 (2001) 4748-60.
- [54] J.Y. Lee, H.D. Park, S.W. Choi, *J. Food Science Nutrition*, 6 (2001), 107-111.
- [55] J.Y. Lee, V. Kagan, A.W. Jaworski, S.K. Brown, *J. Agric. Food Chem.* 38 (1990), 99-101.
- [56] S. Chang, C. Tan, E.N. Frankel, D.M. Barrett, *J. Agric. Food Chem.* 48 (2000), 147-151.
- [57] P. Mattila, J. Kumpulainen, *J. Agric. Food Chem.* 50 (2002), 3660-3667.
- [58] A.A. van Der Sluis, M. Dekker, A. De Jager, W.M. Jongen, *J. Agric. Food Chem.* 49 (2001), 3606-13.
- [59] K.W. Lee, Y.J. Kim, D.O. Kim, H.J. Lee, C.Y. Lee, *J. Agric. Food Chem.* 51 (2003), 6516-6520.
- [60] U. Vrhovsek, A. Rigo, D. Tonon, F. Mattivi, *J. Agric. Food Chem.* 6 (2004), 6532-6538.
- [61] L. Ping, W. Xu-Qing, W. Huai-Zhou, W. Yong-Ning, *Biomed. Environment. Sciences* 6 (1993), 389-389.

- [62] A. Podsesek, J. Wilska-Jeszka, B. Anders, J. Markowski, *Europ. Food Research Tech.* 210 (2000), 268-272.
- [63] A.A. Sluis, M. Dekker, G. Skrede, W.M.F. Jongen, *J. Agric. Food Chem.* 50 (2002), 7211-7219.
- [64] F.A. Tomas-Barberan, C. Garcia-Viguera, J.L. Nieto, F. Ferreres, F. Tomas-Lorente, *Food Chem.* 46 (1993), 33-36.
- [65] K. Kahle, M. Kraus, E. Richling, *Molec. Nutrition Food Research*, 49 (2005), 797-806.
- [66] V. Gokmen, J. Acar, N. Kahraman, *J. Food Quality*, 26 (2003), 257-266.
- [67] V. Gokmen, N. Artik, J. Acar, N. Kahraman, Z. Poyrazoglu, *Europ. Food Research Tech.* 213 (2001), 194-199.
- [68] A. Schieber, P. Keller, R. Carle, *J. Chromatog. A* 910 (2001), 265-73.
- [69] A. Gliszczynska-Swiglo, B. Tyrakowska, *J. Food Sci* 68 (2003), 1844-1849.
- [70] B. Suarez-Valles, J. Santamaria-Victorero, J.J. Mangas-Alonso, D. Blanco-Gomis, *J. Agric. Food Chem.* 42 (1994), 2732-2736.
- [71] D. Tanrioven, A. Eksi, *Food Chem* 93 (2005), 89-937.
- [72] B.M. Silva, P. Branquinho-Andrade, A.C. Goncalves, R.M. Seabra, M.B. Oliveira, M.A. Ferreira, *Europ. Food Research Tech.* 218 (2004), 385-389.
- [73] <https://alchetron.com/Rosaceae> (4. 9. 2021.)
- [74] <https://www.britannica.com/plant/Rosales/Characteristic-morphological-features#ref595606> (4. 9. 2021.)
- [75] T. Nikolić, *Sistematska botanika-Raznolikost i evolucija biljnog svijeta*, Alfa, Zagreb, 2013.
- [76] I. Miličić, *Značaj porodice Rosaceae u poljoprivrednoj proizvodnji Republike Hrvatske*, Fakultet agrobiotičkih znanosti Osijek, Osijek, 2014.
- [77] <https://foodthesis.com/prune/> (4. 9. 2021.)
- [78] <https://www.plantea.com.hr/sljiva/> (4. 9. 2021.)
- [79] <https://www.agroklub.com/sortna-lista/voce/sljiva-31/> (4. 9. 2021.)
- [80] <https://www.gardeningknowhow.com/edible/fruits/plum/plum-tree-pruning.htm%20> (24. 9. 2021.)
- [81] <https://www.vrtlarica.hr/sadnja-uzgoj-tresnje/> (5. 9. 2021.)
- [82] <https://www.plantea.com.hr/tresnja/> (5. 9. 2021.)
- [83] <https://www.agroklub.com/sortna-lista/voce/tresnja-33/> (5. 9. 2021.)
- [84] <https://www.agroklub.com/sortna-lista/voce/visnja-34/> (5. 9. 2021.)
- [85] <https://www.plantea.com.hr/visnja/> (5. 9. 2021.)

- [86] <https://www.plantea.com.hr/marelica/> (5. 9. 2021.)
- [87] <https://www.agroklub.com/sortna-lista/voce/marelica-17/> (5. 9. 2021.)
- [88] <https://www.britannica.com/plant/peach> (6. 9. 2021.)
- [89] <https://www.plantea.com.hr/breskva/> (6. 9. 2021.)
- [90] <https://www.britannica.com/plant/nectarine> (7. 9. 2021.)
- [91] <https://www.agroklub.com/sortna-lista/voce/nektarina-21/> (7. 9. 2021.)
- [92] <https://www.plantea.com.hr/japanska-tresnja/> (7. 9. 2021.)
- [93] <https://www.plantea.com.hr/ostruga/> (10. 9. 2021.)
- [94] <https://www.plantea.com.hr/sumska-jagoda/> (10. 9. 2021.)
- [95] <https://www.plantea.com.hr/ruza/> (11. 9. 2021.)
- [96] <https://www.britannica.com/plant/rose-plant> (11. 9. 2021.)
- [97] <https://www.botanical-online.com/en/botany/roses-characteristics> (11. 9. 2021.)
- [98] <https://www.plantea.com.hr/obicna-dunjarica/> (8. 9. 2021.)
- [99] Lj. Grlić. Enciklopedija samoniklog jestivog bilja, Ex libris, Rijeka, 2005.
- [100] <https://www.plantea.com.hr/japanska-dunja/> (11. 9. 2021.)
- [101] <https://www.plantea.com.hr/glog/> (11. 9. 2021.)
- [102] <https://www.agroportal.hr/ljekovite-biljke/19955> (11. 9. 2021.)
- [103] <https://www.plantea.com.hr/jabuka/> (11. 9. 2021.)
- [104] <https://www.agroklub.com/sortna-lista/voce/jabuka-7/> (11. 9. 2021.)
- [105] <https://www.britannica.com/plant/apple-fruit-and-tree> (11. 9. 2021.)
- [106] <https://www.plantea.com.hr/kruska/> (11. 9. 2021.)
- [107] <https://www.agroklub.com/sortna-lista/voce/kruska-11/> (11. 9. 2021.)
- [108] <https://www.agroklub.com/sortna-lista/voce/dunja-5/> (11. 9. 2021.)
- [109] <https://www.plantea.com.hr/dunja/> (11. 9. 2021.)
- [110] <https://www.plantea.com.hr/vatreni-trn/> (11. 9. 2021.)

8. ŽIVOTOPIS

| Osobni podaci | |
|------------------------|---|
| Ime i prezime | Veronika Čaha |
| Datum i mjesto rođenja | 25. 5. 1997., Bjelovar |
| Adresa | Gornji Sredani 73 43506 Dežanovac |
| e-mail | veronikacaha@gmail.com |
| Obrazovanje | |
| 2019. – 2021. | Diplomski sveučilišni studij kemije; istraživački smjer Sveučilište J. J. Strossmayera u Osijeku, Odjel za kemiju, Ulica Cara Hadrijana 8/A, 31000 Osijek |
| 2016. – 2019. | Preddiplomski sveučilišni studij kemije Sveučilište J. J. Strossmayera u Osijeku, Odjel za kemiju, Ulica Cara Hadrijana 8/A, 31000 Osijek Završni rad: Ispitivanje utjecaja neionskih tenzida na potenciometrijsko određivanje anionskih tenzida koristeći senzor s funkcionaliziranim ugljikovim nanocjevčicama mentor: izv. prof. dr. sc. Mirela Samardžić, neposredna voditeljica: dr. sc. Mateja Budetić |

| | |
|----------------------------------|--|
| 2012. –2016. | Gimnazija Daruvar, Daruvar opći smjer |
| Aktivnosti i sudjelovanja | |
| veljača 2020. | Sudionik na Makembalu Odjela za kemiju |
| studeni 2019. | 23. Smotra Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku |
| 2019. | Sudionik na Tjednu karijera Sveučilišta u Osijeku |
| prosinac 2017. | Volonter u organizaciji Kemije Božića na Odjelu za kemiju, Sveučilište u Osijeku |
| Osobne vještine | |
| Materinski jezik | Hrvatski |
| Strani jezici | Engleski – aktivno u govoru i pismu Njemački – pasivno u govoru i pismu Češki – pasivno u govoru |
| Računalne vještine | MS Office sustav, sluzenje internetom i mailom |