

Primjena ploda brusnice, *Vaccinium* sp. L., kao kiselo-baznog indikatora

Rubil, Monika

Master's thesis / Diplomski rad

2023

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:182:005306>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-12**

Repository / Repozitorij:

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



Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Odjel za kemiju
Diplomski sveučilišni studij kemije

Monika Rubil

**Primjena ploda brusnice, *Vaccinium sp. L.*,
kao kiselo-baznog indikatora**

Diplomski rad

Osijek, 2023.

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Odjel za kemiju
Diplomski sveučilišni studij kemije

Monika Rubil

**Primjena ploda brusnice, *Vaccinium sp. L.*,
kao kiselobaznog indikatora**

Diplomski rad

Mentor: doc. dr. sc. Ana Amić

Osijek, 2023.

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Odjel za kemiju

Diplomski sveučilišni studij kemije

Znanstveno područje: Prirodne znanosti

Znanstveno polje: Kemija

PRIMJENA PLODA BRUSNICE, VACCINIUM SP. L, KAO KISELO-BAZNOG INDIKATORA

Monika Rubil

Rad je izrađen na: Odjelu za kemiju, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Mentor: doc. dr. sc. Ana Amić

Sažetak

Brusnicom, *Vaccinium sp. L*, se naziva nekoliko vrsta grmolikih biljaka koje pripadaju porodici vrijesova, Ericaceae. Ove biljke su raširene po sjevernoj hemisferi, a poznate su po svojim sjajnim crvenim plodovima. Plodovi su bogati raznim vitaminima i mineralima te su zastupljeni u raznim prehrambenim proizvodima. Boja ploda govori da se u plodu nalaze spojevi koji bi pri pojedinoj pH vrijednosti mogli dati drugačiju boju, stoga bi plodovi brusnice mogli poslužiti u pripremi prirodnih kiselobaznih indikatora. U radu su pomoću svježih plodova brusnice i odabranih otapala (metanol, etanol, aceton, hladna i vruća voda) pripremljene otopine indikatora. Cilj ovog rada je bio utvrditi bolje otapalo za pripremu indikatora te ispitati njihovu trajnost. Indikatori su se pokazali dugotrajnima, a osim toga imaju i niz drugih prednosti (niska cijena, jednostavna nabava, jednostavna i brza priprema, manja opasnost, manje ili nimalo otpada). Na temelju ovih rezultata, može se uvidjeti da se ovakvi indikatori mogu upotrebljavati u školstvu – u nastavi kemije.

Diplomski rad obuhvaća: 60 stranica, 144 slike, 3 tablice, 44 literaturna navoda

Jezik izvornika: hrvatski jezik

Ključne riječi: brusnica / otapala / pH / prirodni indikatori

Stručno povjerenstvo za ocjenu:

1. doc. dr. sc. Mateja Budetić, predsjednica komisije
2. doc. dr. sc. Ana Amić, mentorica i članica
3. doc. dr. sc. Anamarija Stanković, članica
4. izv. prof. dr. sc. Mirela Samardžić, zamjena člana

Rad prihvaćen: 16. 10. 2023.

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****THE APPLICATION OF CRANBERRY FRUIT, VACCINIUM SP. L, AS ACID-BASE INDICATOR****Monika Rubil****Thesis completed at:** Department of Chemistry, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek**Supervisor:** Assist. Prof. Ana Amić, PhD**Abstract**

Cranberry, *Vaccinium sp. L.*, refers to several species of shrub plants belonging to the heath family, Ericaceae. These plants are spread throughout the northern hemisphere and are known for their shiny red fruits. The fruits are rich in various vitamins and minerals, and are present in various food products. The colour of the fruit indicates that there are compounds in the fruit that could give a different colour at a certain pH value, so cranberry fruit could be used in the preparation of natural acid-base indicators. In this thesis, indicator solutions were prepared using fresh cranberry fruit and selected solvents (methanol, ethanol, acetone, cold and hot water). The aim was to determine a better solvent for the preparation of indicators and to test their durability. Indicators have proven to be long lasting; and also have a number of other advantages (low cost, simple supply, simple and easy preparation, safe, little or no waste). Based on these results, it is observed that such indicators can be used in education – in chemistry classes.

Thesis includes: 60 pages, 144 figures, 3 tables, 44 references**Original in:** Croatian language**Keywords:** cranberry / solvents / pH / natural indicators**Reviewers:**

1. Assist. Prof. Mateja Budetić, PhD, chair
2. Assist. Prof. Ana Amić, PhD, supervisor and member
3. Assist. Prof. Anamarija Stanković, PhD, member
4. Assoc. Prof. Mirela Samardžić, PhD, substitute member

Thesis accepted: 16. 10. 2023.**Thesis deposited:** at the Library of Department of Chemistry, Franje Kuhača 20, Osijek

Zahvala

Želim zahvaliti svojoj mentorici doc.dr.sc. Ani Amić za veliko razumijevanje, strpljivost, znanje i savjetima prilikom izrade ovog diplomskog rada. Hvala Vam na svemu i drago mi je što sam Vas imala za mentora!

Najveća zahvala ide mojim roditeljima i bratu koji su svih ovih godina bili uz mene. Hvala im što su bili moja podrška, moj oslonac kad je bilo teško i što su uvijek vjerovali u mene da ja to mogu. Od srca Vam hvala!

Još jedna velika zahvala ide mom suprugu koji je također od prvih studentskih dana uz mene, pogotovo zadnje dvije godine. Hvala ti što si mi uvijek pružao podršku, vjerovao i davao snagu kad ju nisam imala. Uz supruga, želim zahvaliti i svojoj maloj Ivi koja je zajedno sa mnom uspješno riješila zadnje ispite na fakultetu!

Hvala kolegici i prijateljici Stelli na zajedničkom druženju i na podršci tijekom ovih godina. Bilo je puno smijeha i suza, ali smo uspjele na kraju doći do cilja!

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. LITERATURNI PREGLED	2
2.1. Upotreba i značaj indikatora u kemiji	2
2.2. Brusnica, <i>Vaccinium sp. L.</i>	4
2.2.1. Bioaktivni spojevi u brusnici	5
3. MATERIJALI I METODE	10
3.1. Biljni materijal, kemikalije i pribor	10
3.2. Priprema otopina i indikatora te plan rada	10
4. REZULTATI I RASPRAVA	11
4.1. Indikator pripremljen s metanolom	11
4.2. Indikator pripremljen s etanolom	20
4.3. Indikator pripremljen s acetonom	29
4.4. Indikator pripremljen s hladnom vodom	37
4.5. Indikator pripremljen s vrućom vodom	45
5. ZAKLJUČAK	55
6. LITERATurna VRELA	56
7. ŽIVOTOPIS	59

1. UVOD

Poznato je da se u znanstveno-istraživačkim laboratorijima kao i u školstvu, na nastavi kemije, koriste konvencionalni kiselo-bazni indikatori. Takvi se indikatori mogu zamijeniti indikatorima koji su dostupniji te nisu štetni za okoliš i zdravlje, a to su alternativni, odnosno prirodni kiselo-bazni indikatori. U ovom je radu ispitano može li se plod brusnice koristiti kao kiselo-bazni indikator. U tu svrhu je pripremljena serija indikatora koja sadrži svježe plodove brusnice i odabrana otapala. Cilj rada je bio utvrditi bolje otapalo za pripremu indikatora te ispitati trajnost samog indikatora.

U prvom dijelu rada opisani su konvencionalni kiselo-bazni indikatori i neka njihova svojstva. Također su prikazani i alternativni (prirodni) kiselo-bazni indikatori te su navedeni neki primjeri prirodnih indikatora. Opisana je biljka brusnica, *Vaccinium sp. L.*, korištena u radu te su navedene njene glavne karakteristike.

U drugom dijelu rada su prikazani materijali, metode, kemikalije i pribor koji su korišteni u eksperimentalnom dijelu rada. Opisana je priprema otopina odgovarajuće pH vrijednosti, indikatora u različitim otapalima (svježa brusnica u metanolu, etanolu, acetonu, hladnoj ili vrućoj vodi) te je pojašnjen plan rada. Dobiveni rezultati su prikazani odgovarajućim slikama i analizirani.

Ispitivanje je trajalo šest mjeseci, no sama trajnost indikatora nije utvrđena budući da su indikatori nakon šest mjeseci još uvijek bili funkcionalni. Kao najbolja otapala su se pokazali metanol i etanol, dok aceton i voda nisu dali toliko dobre rezultate. Na temelju dobivenih rezultata, može se reći da se brusnica može koristiti za pripremu alternativnih kiselo-baznih indikatora koji bi u budućnosti mogli imati upotrebu u nastavi kemije.

2. LITERATURNI PREGLED

2.1. Upotreba i značaj indikatora u kemiji

Kiselo-bazni indikatori su slabe organske kiseline ili baze koje disociranjem ili asociranjem podliježu unutarnjim strukturnim promjenama koje se zatim odražavaju u promjeni boje [1]. Koriste se za određivanje pH vrijednosti otopine, odnosno za utvrđivanje je li otopina kisela, bazična ili neutralna [2]. Na pH skali se jedinice kreću u rasponu 1-14 [3]. O neutralnoj otopini je riječ kada je $\text{pH} = 7$. Tada su koncentracije ključnih iona izjednačene, odnosno $[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{OH}^-]$. Kada je $\text{pH} < 7$ riječ je o kiseloj otopini, kada je $[\text{H}_3\text{O}^+] > [\text{OH}^-]$. Na bazičnu otopinu nam ukazuje $\text{pH} > 7$ te tada vrijedi $[\text{H}_3\text{O}^+] < [\text{OH}^-]$ [4]. U današnje vrijeme postoje različite vrste kiselinsko-baznih indikatora, no najčešće upotrebljavani i najpoznatiji su metiloranž, fenolftalein te lakmus papir. Neki važniji kiselo-bazni indikatori i promjene boje koje pokazuju u ovisnosti o pH prikazani su u Tablici 1. [1].

Tablica 1. Često korišteni kiselo-bazni indikatori i specifična promjena boje pojedinog indikatora u ovisnosti o pH [1].

Indikator	Područje promjene boje, pH	Promjena boje
metil žuto	2,9-4,0	crveno-žuto
metiloranž	3,1-4,4	crveno-žuto
metil crveno	4,2-6,3	crveno-žuto
bromtimol plavo	6,2-7,6	žuto-plavo
timol plavo	1,2-2,8 8,0-9,6	crveno-žuto žuto-plavo
fenolftalein	8,3-10,0	bezbojno-fuksija
bromkrezol zeleno	3,8-5,4	žuto-plavo

Alternativni kiselo-bazni indikatori, tj. prirodni indikatori, su kiselo-bazni indikatori prirodnog podrijetla. Veliki broj biljaka, odnosno njihovi pigmenti, mogu djelovati kao indikatori kiselosti ili bazičnosti, a neki od pigmenata su klorofil *a* i *b* (koji daju zelenu boju), karotenoidi (odgovorni za žutu, narančastu i crvenu boju) te antocijanini (plava, ljubičasta, crvena boja) [5]. Prirodni indikatori imaju neke prednosti u odnosu na konvencionalne

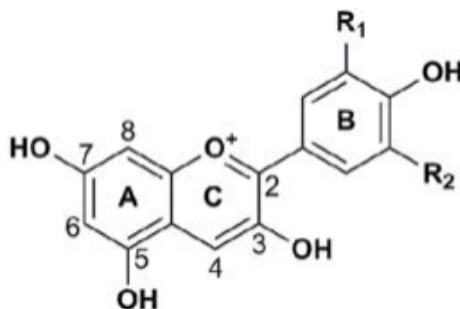
indikatore, na primjer niža cijena, bolja dostupnost, sigurnija upotreba, koje ih čine boljom opcijom u nastavi kemije [6, 7]. Neki primjeri prirodno kiselo-baznih indikatora su kurkuma, sok od grožđa, trešnja, cikla, rajčica, curry prah te crveni kupus [6].

Crveni kupus (*Brassica oleracea* L. var. *capitata* f. *rubra*) je najpoznatiji predstavnik prirodnih kiselo-baznih indikatora [7]. Naime, crveni kupus je izuzetno bogat antocijaninima, pigmentima koji daju boju plodovima kao što su višnja, crni ribiz, patlidžan, trešnja, ali i cvjetovima – ruži, božuru, pelargoniji i dr. [5]. Na Slici 1. su prikazane promjene boje soka od crvenog kupusa ovisne o pH. Može se vidjeti kako crveni kupus u kiselom mediju otopini daje crvenu ili ružičastu boju. Plavu, zelenu i žutu boju će dati ukoliko se radi o bazičnom mediju, no ako je otopina neutralna javlja se ljubičasto-plava boja [8].



Slika 1. Promjene boje indikatora od crvenog kupusa u različitim pH područjima [9].

Antocijanini pripadaju skupini flavonoida, topljivi su u vodi te su zaslužni za crvenu, ljubičastu te plavu boju voća i povrća [10]. Kod biljaka se uglavnom nalaze u kožici, osim kod nekih vrsta crvenog voća u kojem se nalaze i u mesu ploda, npr. jagode. Antocijanini imaju karakteristična fizikalno-kemijska svojstva koja im daju jedinstvenu boju i stabilnost. Vrlo su reaktivni te zbog toga podliježu reakcijama razgradnje. Čimbenici koji mogu utjecati na kemiju antocijanina su kisik, temperatura, svjetlost, enzimi i pH [11]. Osnovna struktura antocijanina prikazana je na Slici 2., a R₁ i R₂ označavaju supstituente (vodik, metoksi ili hidroksilne skupine).



Slika 2. Osnovna struktura antocijanina [12].

Hortenzija (*Hydrangea macrophylla* L.) je jedna od najpopularnijih ukrasnih vrtних biljaka. Boje cvjeta hortenzije se kreću od ružičaste do plave, uključujući sve nijanse boje lavande do ljubičaste. Također mogu biti zelene i bijele boje, a intenzitet se kreće od jarkih do pastelnih nijansi [13]. Boja cvijeta je rezultat pigmenta delfindin-3-glikozida, a još ovisi o pH tla i prisutnosti iona u tlu (aluminij, fosfor, kalij i dr.) [4]. Na nekoliko načina se mogu dobiti plavi i ružičasti cvjetovi. Plave nijanse (Slika 3.) se mogu dobiti u kiselom tlu kada je $\text{pH} < 5,5$ na način da se aluminijev sulfat pomiješa u vodi te dodatkom gnojiva na bazi kalija. Ružičasta boja (Slika 3.) se može dobiti u bazičnom tlu, $\text{pH} > 5,5$. Alkalnost tla se postiže dodavanjem otopine dolomita koja se pojačava gnojivom na bazi fosfora [14].



Slika 3. Cvjetovi hortenzije na bazičnom [15] i kiselom tlu [16].

2.2. Brusnica, *Vaccinium* sp. L.

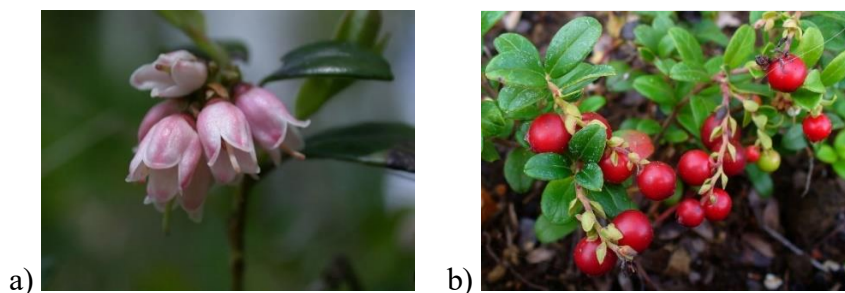
Brusnica je vazdazeleni grm koji pripada porodici vrujesova, Ericaceae, i rodu borovnica, *Vaccinium* [17]. Rod *Vaccinium* je velik i složen te sadrži oko 150 vrsta, a uključuje popularno bobičasto voće kao što su razne sorte brusnica i borovnica [18]. Na tržištu se često mogu pronaći dvije vrste brusnica i to američka (*Vaccinium macrocarpon* L.) i europska brusnica (*Vaccinium vitis-idaea* Ait.) [19].

Brusnica se može pronaći na području Europe, Azije i Sjeverne Amerike, dok je u Hrvatskoj rasprostranjena u Gorskom kotaru i Lici. Pogoduju joj staništa s hladnijom klimom, a za rast voli vlažna i kisela tla ($\text{pH} = 4,5-6$) [19, 20]. Pokazuje dobru otpornost na hladnoću i mraz te izdržava temperature do $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ što ju čini vrlo zahvalnom za uzgoj [19].

Brusnica može narasti i do 30 cm. Ima tanke, uspravne, dlakave i drvenaste stabljike. Listovi su ovalni, naizmjenični te obrnuto jajolikog oblika. S jedne strane su tamnozeleno boje i sjajni, a s druge svijetlozeleno boje sa smeđim točkastim žljezdama [21]. Cvjetovi brusnice mogu biti bijele ili ružičaste boje, 8 mm dugi sa zvonastom krunicom. Nalaze se na

vršcima stabljike skupljeni u viseće grozdove (Slika 4. a)) [22]. Razdoblje cvatnje se odvija od svibnja do lipnja, dok plodovi dozrijevaju od kolovoza do listopada. Brusnicu oprašuju pčele. Plodovi brusnice su sjajne crvene boje, okruglog oblika (Slika 4. b)) [21].

Okus bobica je vrlo kiselkast i trpak (zbog prisutnosti tanina) te se zbog toga rijetko upotrebljavaju u svom izvornom, svježem obliku. Najčešće se upotrebljava u obliku soka ili džema, kao dodatak prehrani u obliku praha ili ekstrakta te kao sušene brusnice [23].



Slika 4. a) Cvijet i b) plod brusnice [17].

Brusnica je poznata kao ljekovita biljka. Listovi brusnice sadrže arbutin, koji ima toksične učinke u većim količinama, stoga se preporučuje izbjegavati čestu primjenu brusnica [21]. Za razliku od listova, plodovi su bogati raznim spojevima, kao što su proantocijanidini, antocijani, katehini, flavonoidi, tanini i dr. Također su bogati i mineralima kao što su kalcij, magnezij, kalij i željezo. Osim minerala, dobar su izvor vitamina A, C i E [19]. Za okus brusnice su zaslužni iridoidni glikozidi, dok antocijanidini i proantocijanidini sudjeluju u obrani protiv mikroorganizama [24].

Konzumacija brusnica ima pozitivan učinak na zdravlje te može pomoći kod tretmana oboljenja kao što su karijes i bolesti desni, infekcije urinarnog trakta, razni upalni procesi, ali i održati zdrav probavni sustav i smanjiti razinu kolesterola u krvi. Upravo zbog brojnih koristi, brusnica se može promovirati kao funkcionalna i zdrava hrana u očuvanju zdravlja na prirodan način [25].

2.2.1. Bioaktivni spojevi u brusnici

Podaci dostupni u *Phenol-Explorer* 3.6 bazi [26] odnose se na bioaktivne spojeve, polifenole, prisutne u brusnici, a to su antocijanini, flavonoli i fenolne kiseline. U Tablici 2. (svježa američka brusnica, plod) i 3. (svježa europska brusnica, plod) prikazana je srednja

vrijednost koncentracije svakog utvrđenog spoja u mg / 100 g biljnog materijala, minimalna (min) i maksimalna koncentracija (max) te standardna devijacija (SD). Vrijednosti prikazane u tablici su eksperimentalno dobiveni podaci pomoću četiri metode – kromatografija, kromatografija nakon hidrolize, Folin metoda (*engl.* Folin assay) i pH-diferencijalna metoda.

Tablica 2. Pregled polifenolnih spojeva utvrđenih u svježem plodu američke brusnice.

Metoda – kromatografija [26-28]					
Skupina spojeva	spoj	srednja vrijednost	min	max	SD
Antocijanini	cijanidin-3- <i>O</i> -arabinozid	4,47	4,47	4,47	0,00
	cijanidin-3- <i>O</i> -galaktozid	8,89	8,89	8,89	0,00
	cijanidin-3- <i>O</i> -glukozid	0,74	0,74	0,74	0,00
	peonidin-3- <i>O</i> -arabinozid	9,61	9,61	9,61	0,00
	peonidin-3- <i>O</i> -galaktozid	22,02	22,02	22,02	0,00
	peonidin-3- <i>O</i> -glukozid	4,16	4,16	4,16	0,00
Flavonoli	kvercetin-3- <i>O</i> -ramnozid	6,17	6,17	6,17	0,00
	kvercetin-3- <i>O</i> -arabinozid	4,94	4,94	4,94	0,00
	kvercetin-3- <i>O</i> -galaktozid	10,81	10,81	10,81	0,00
	miricetin-3- <i>O</i> -arabinozid	5,30	5,30	5,30	0,00
	kempferol-3- <i>O</i> -glukozid	0,87	0,87	0,87	0,00
Hidroksibenzojeve kiseline	benzojeva kiselina	48,10	48,10	48,10	0,00
	2,4-dihidroksibenzojeva kiselina	0,80	0,80	0,80	0,00
	3-hidroksibenzojeva kiselina	0,41	0,41	0,41	0,00
	4-hidroksibenzojeva kiselina	0,42	0,42	0,42	0,00
	vanilinska kiselina	2,81	0,69	4,93	3,00
Hidroksicimetne kiseline	kavena kiselina	2,31	0,38	4,25	2,74

	<i>p</i> -kumarinska kiselina	1,08	0,00	2,16	1,53	
	ferulična kiselina	0,81	0,81	0,81	0,00	
	cimetna kiselina	0,16	0,16	0,16	0,00	
Metoda – kromatografija nakon hidrolize [26, 28-29]						
Skupina spojeva	spoj	srednja vrijednost	min	max	SD	
Flavonoli	kempferol	0,08	0,00	0,21	0,10	
	miricetin	1,85	1,08	2,67	0,57	
	kvercetin	17,34	11,24	25,00	4,45	
Hidroksibenzojeve kiseline	2,3-dihidroksibenzojeva kiselina	0,31	0,31	0,31	0,00	
	2,4-dihidroksibenzojeva kiselina	4,25	4,25	4,25	0,00	
	2-hidroksibenzojeva kiselina	2,32	2,32	2,32	0,00	
	3-hidroksibenzojeva kiselina	0,91	0,91	0,91	0,00	
	4-hidroksibenzojeva kiselina	2,16	2,16	2,16	0,00	
	benzojeva kiselina	474,10	474,10	474,10	0,00	
	vanilinska kiselina	1,92	1,92	1,92	0,00	
Hidroksicimetne kiseline	kavena kiselina	15,64	15,64	15,64	0,00	
	cimetna kiselina	2,05	2,05	2,05	0,00	
	ferulična kiselina	8,79	8,79	8,79	0,00	
	<i>o</i> -kumarinska kiselina	8,90	8,90	8,90	0,00	
	<i>p</i> -kumarinska kiselina	25,38	25,38	25,38	0,00	
	sinapinska kiselina	21,18	21,18	21,18	0,00	
Hidroksifeniloctene kiseline	4-hidroksifeniloctena kiselina	0,73	0,73	0,73	0,00	
Metoda	skupina spojeva	srednja vrijednost	min	max	SD	referenca

Folin metoda	Polifenoli, ukupni	315,00	315,00	315,00	0,00	[26, 27]
pH-diferencijalna metoda	Antocijanini ukupni	32,00	32,00	32,00	0,00	[26, 27]

Iz Tablice 2. se može vidjeti da je od antocijanina u plodu brusnice utvrđeno nekoliko cijanidin i peonidin glikozida, od kojih su najzastupljeniji cijanidin-3-*O*-galaktozid te peonidin-3-*O*-galaktozid. Upravo ta dva spoja vjerojatno su zaslužna za crvenu boju brusnice [30]. Brusnica sadrži flavonole, glikozide kvercetina i glikozid miricetina. Od glikozida kvercetina najzastupljeniji je kvercetin-3-*O*-galaktozid. Kvercetin je poznat po antivirusnom, antioksidacijskom, protuupalnom te antikancerogenom djelovanju [31]. Najzastupljenije fenolne kiseline u brusnici su benzojeva kiselina, kavena te *p*-kumarinska kiselina. Dokazano je da kavena kiselina ima pozitivno djelovanje na zdravlje, kao što je antioksidacijsko djelovanje [4]. U Tablici 2. još se može vidjeti da plod sadrži ukupno 315,00 mg polifeonola/ 100 g i 32,00 mg antocijanina/ 100 g.

Tablica 3. Pregled polifenolnih spojeva zastupljenih u svježem plodu europske brusnice.

Metoda – kromatografija [26, 32-33]					
Skupina spojeva	spoj	srednja vrijednost	min	max	SD
Flavonoli	(-)-epikatehin	4,20	4,20	4,20	0,00
	kvercetin	0,51	0,51	0,51	0,00
Hidroksici metne kiseline	<i>p</i> -kumarinska kiselina	2,02	2,02	2,02	0,00
Stilbeni	resveratrol	1,92	1,92	1,92	0,00
Metoda – kromatografija nakon hidrolize [26, 34-35]					
Skupina spojeva	spoj	srednja vrijednost	min	max	SD
Flavonoli	miricetin	6,96	3,05	14,20	5,23
	kvercetin	16,39	8,30	23,30	7,34

Hidroksibenzojeve kiseline	4-hidroksibenzojeva kiselina	0,78	0,67	0,89	0,16	
Hidroksimetne kiseline	5-kafeoilkininska kiselina	5,09	4,82	5,36	0,38	
	kavena kiselina	1,26	1,05	1,48	0,30	
	ferulična kiselina	5,87	4,82	6,93	1,49	
	<i>p</i> -kumarinska kiselina	10,12	9,75	10,50	0,53	
Metoda	skupina spojeva	srednja vrijednost	min	max	SD	referenca
Folin metoda	Polifenoli, ukupni	139,50	135,00	144,00	6,36	[26, 35]
pH-diferencijalna metoda	Antocijanini, ukupni	31,00	31,00	31,00	0,00	[26, 35]

Kao što je prethodno spomenuto, u Tablici 3. su prikazani polifenolni spojevi zastupljeni u svježem plodu europske brusnice. Prisutnost flavonola je zaslužna za sekundarni žućkasti pigment [36]. U brusnici su od flavonola prisutni (-)-epikatehini koji imaju sposobnost snižavanja krvnog tlaka [37]. Uočena je i prisutnost stilbena, tj. resveratrola te organskih kiselina koji doprinose kiselom i oporom okusu svježeg ploda brusnice [36]. Europska brusnica sadrži kvercetin i *p*-kumarinsku kiselinu koje imaju antioksidacijsko djelovanje. Folinovom metodom je dobiveno da plod sadrži ukupno 139,50 mg polifenola/ 100 g i 31,00 mg antocijanina/ 100 g.

3. MATERIJALI I METODE

3.1. Biljni materijal, kemikalije i pribor

U ovom radu su korištene svježe neobrađene zrele bobice brusnice, *Vaccinium sp.* L. Korištene su kemikalije koje su analitički čiste te ultračista voda. Od kemikalija su korištene: klorovodična kiselina, HCl (37 %, BDH Prolabo), natrijev hidroksid, NaOH ($M = 40,00$ g/mol, T. T. T. doo), etanol, C₂H₅OH ($M = 46,07$ g/mol, Kemika), metanol, CH₃OH ($M = 32,04$ g/mol, Kemika), aceton, C₃H₆O ($M = 58,08$ g/mol, Kemika).

Od pribora su korištene: porculanske jažice, tučak s tarionikom, staklene čaše (10 mL, 50 mL, 100 mL, 250 mL), odmjerne tikvice (200 mL), kapalice, stakleni štapići, pinceta, staklene boce s čepom te plastične boce s čepom. Od uređaja su korištene: analitička vaga, magnetska miješalica, uređaj za ultračistu vodu (TKA, WASSERAUFBEREITUNGSSYSTEME), pH metar (METTLER TOLEDO, SevenEasy).

3.2. Priprema otopina i indikatora te plan rada

Otopine pH vrijednosti raspona 1-14 pripravljene su prema prethodno opisanom postupku [38]. U tu svrhu korištene su konc. HCl, kruti NaOH te ultračista voda. Pomoću pH metra su se izmjerile pH vrijednosti svih otopina. U radu je bila dopuštena razlika u pH vrijednosti koja je iznosila $\pm 0,1$.

Indikatori su pripremljeni koristeći svježe, zrele bobice brusnice. Bobice su oprane i osušene te zgnječene u tarioniku. Na 10 g biljnog materijala dodano je 100 mL odgovarajućeg otapala (voda, aceton, metanol ili etanol). Ispitan je indikator pripremljen od hladne i vruće vode kako bi se vidjelo hoće li visoka temperatura dati bolje ili lošije rezultate. Otopine indikatora su čuvane u bočicama s čepom u hladnjaku, a ispitivanje funkcionalnosti indikatora provedeno je jednom tjedno tijekom 6 mjeseci. Prvo ispitivanje provedeno je na dan kada su indikatori pripremljeni.

4. REZULTATI I RASPRAVA

Rezultati ispitivanja prikazani su na Slikama 5.-144., a uočene razlike u intenzitetu obojenja rezultat su razlike u količini dodanog indikatora, dok su male razlike u nijansama posljedica uvjeta rada (kut fotografiranja, osvjetljenje u prostoriji, doba dana, pojava sjene i sl.). Razlika u obojenosti pojedinih otopina (prvenstveno otopina $\text{pH} = 14$) pri pojedinim mjerenjima rezultat je trenutka fotografiranja, odnosno u pojedinim mjerenjima fotografija je napravljena odmah nakon dodatka indikatora, a u pojedinim mjerenjima nekoliko minuta nakon dodatka indikatora.

4.1. Indikator pripremljen s metanolom

Rezultati ispitivanja indikatora pripremljenog od bobica brusnice i metanola prikazani su na Slikama 5.-32.



Slika 5. Svježa brusnica u metanolu, 31. 1. 2023.



Slika 6. Svježa brusnica u metanolu, 3. 2. 2023.



Slika 7. Svježa brusnica u metanolu, 7. 2. 2023.



Slika 8. Svježa brusnica u metanolu, 14. 2. 2023.



Slika 9. Svježa brusnica u metanolu, 21. 2. 2023.



Slika 10. Svježa brusnica u metanolu, 28. 2. 2023.

Na Slikama 5.-10. je prikazan prvi mjesec ispitivanja trajnosti indikatora. Slika 5. prikazuje prvo mjerenje, napravljeno isti dan kada su indikatori pripremljeni. U jako kiselom

mediju, pri pH = 1-2, javlja se svijetlo roza boja. Kod pH = 3-12 uočena je također svijetlo roza boja, ali slabijeg intenziteta. U bazičnom mediju pri pH = 13 javlja se svijetlo sivo obojenje, dok se pri pH = 14 prvo pojavila svijetlo zelena boja koja je nakon nekog trenutka prešla u svijetlo žutu boju.

Na Slici 6. je uočeno da se pri pH = 1-2 javlja roza boja jačeg intenziteta u odnosu na prvo mjerenje. Pri pH = 3-12 boje su i dalje svijetlo roza, slabijeg intenziteta. Siva boja jačeg intenziteta je pri pH = 13, a kod pH = 14 je ponovno došlo do pojave zelene boje koja je nakon nekoliko minuta prešla u žutu. Na Slici 7. nema promjena u intenzitetu boja u odnosu na mjerenje prikazano na Slici 6. Pri pH = 1-12 i dalje je prisutno roza obojenje, samo što su boje pri pH= 1-2 intenzivnije u odnosu na pH = 3-12. Kod pH = 13 se javlja sivo obojenje, a pri pH = 14 se i dalje uočava pojava zelene boje koja nakon kratkog vremena prelazi u žuto obojenje.

Na Slici 8. su uočene neke promjene u bazičnom mediju. Pri pH = 13 se prvo javila tamnija siva boja koja je nakon nekoliko minuta posvijetlila, dok je pri pH = 14 ponovo uočena žuta boja. Slike 9. i 10. prikazuju da su boje pri pH = 1-12 i dalje roza obojenja različitih intenziteta. Boje pri pH = 13 su svijetlo sive, a pri pH = 14 svijetlo žute. Na Slikama 9. i 10. su boje slabije prikazane u odnosu na Sliku 8. vjerojatno zbog osvijetljena u prostoriji i samog kuta fotografiranja.



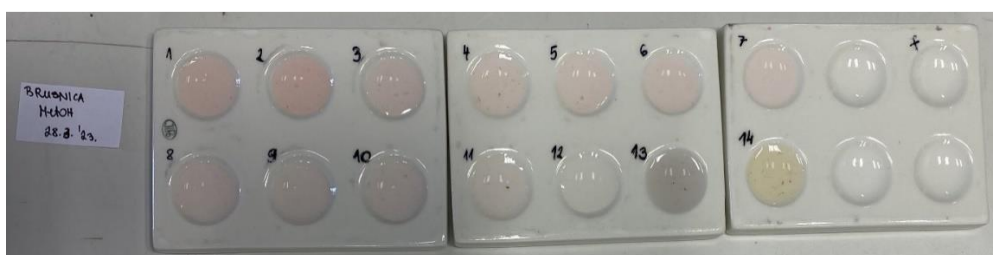
Slika 11. Svježa brusnica u metanolu, 7. 3. 2023.



Slika 12. Svježa brusnica u metanolu, 14. 3. 2023.



Slika 13. Svježa brusnica u metanolu, 21. 3. 2023.



Slika 14. Svježa brusnica u metanolu, 28. 3. 2023.

Nakon drugog mjeseca ispitivanja trajnosti indikatora, nisu uočene znatne promjene pri pojedinim pH vrijednostima. Na Slikama 11.-14. se može vidjeti kako su pri pH = 1-2 boje i dalje intenzivnije roza boje u odnosu na pH = 3-12 koje također imaju ružičasto obojenje, ali su boje jako svijetle. Kod pH = 13 se pojavljuje sivo obojenje koje je cijeli mjesec ispitivanja bilo jednakog intenziteta. Na Slikama 11. i 12. pri pH = 14 je uočena pojava žute boje koja je na trenutke imala nijanse narančaste boje. Na Slikama 13. i 14. pri pH = 14 je uočeno žuto obojenje.



Slika 15. Svježa brusnica u metanolu, 4. 4. 2023.



Slika 16. Svježa brusnica u metanolu, 11. 4. 2023.

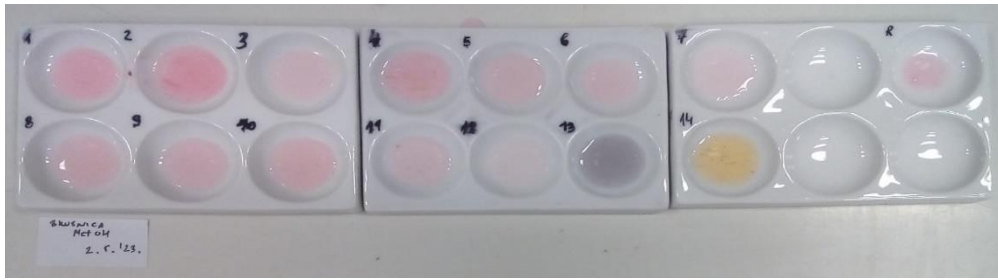


Slika 17. Svježa brusnica u metanolu, 18. 4. 2023.



Slika 18. Svježa brusnica u metanolu, 25. 4. 2023.

Slike 15.-18. prikazuju treći mjesec ispitivanja trajnosti indikatora pripremljenog s metanolom. Boje pri pH = 1-2 su i dalje intenzivnijeg i uočljivijeg ružičastog obojenja u odnosu na roza boje pri pH = 3-12. Pri pH = 13 siva boja pomalo mijenja intenzitet što je vidljivo na Slici 18. gdje pH = 13 ima sivo-ljubičasto obojenje. Žuta boja kod pH = 14 ima isti intenzitet na Slikama 15.-18. kao na Slikama 13.-14.



Slika 19. Svježa brusnica u metanolu, 2. 5. 2023.



Slika 20. Svježa brusnica u metanolu, 9. 5. 2023.



Slika 21. Svježa brusnica u metanolu, 16. 5. 2023.



Slika 22. Svježa brusnica u metanolu, 23. 5. 2023.



Slika 23. Svježa brusnica u metanolu, 30. 5. 2023.

U četvrtom mjesecu ispitivanja (Slike 19.-23.) dolazi do promjene intenziteta u bojama pri pojedinim pH vrijednostima. Na slikama 19.-23. pri pH = 1-2 javljaju su intenzivnije ružičaste boje u odnosu na prethodni mjesec ispitivanja. Isto se odnosi i na boje pri pH = 3-7 koje imaju jači intenzitet roza boje u odnosu na prethodne mjesece. U bazičnom mediju pri pH = 13 javlja se sivo obojenje s nijansama ljubičaste boje, a kod pH = 14 je uočeno tamnije žuto obojenje (Slike 19.-23.). Na Slikama 20. i 21. boje su slabo vidljive zbog osvjjetljenja u prostoriiji i drugog kuta fotografiranja.



Slika 24. Svježa brusnica u metanolu, 6. 6. 2023.



Slika 25. Svježa brusnica u metanolu, 13. 6. 2023.



Slika 26. Svježa brusnica u metanolu, 20. 6. 2023.

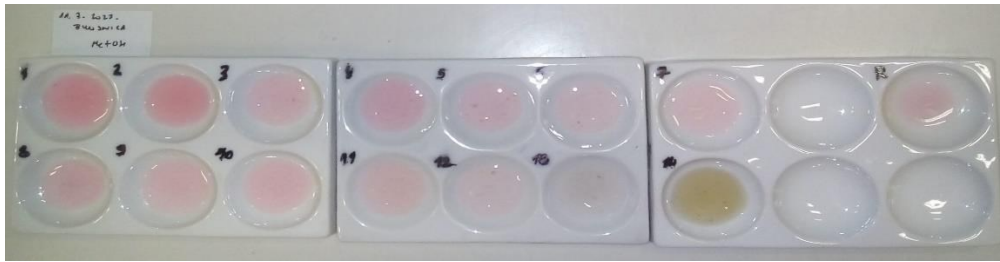


Slika 27. Svježa brusnica u metanolu, 27. 6. 2023.

Slike 24.-27. prikazuju peti mjesec ispitivanja. Boje pri $\text{pH} = 1-2$ su ružičastog obojenja i jačeg intenziteta u odnosu na roza boje pri $\text{pH} = 3-12$. Na Slikama 24. i 27. pri $\text{pH} = 13$ boja je i dalje sivo-ljubičasta, kojoj se malo mijenja intenzitet i postaje svjetlijeg sivo-ljubičastog obojenja (Slike 26.-27.). U jako bazičnom mediju pri $\text{pH} = 14$ boja je tamnije žuta što je vidljivo na Slikama 24.-27.



Slika 28. Svježa brusnica u metanolu, 4. 7. 2023.



Slika 29. Svježa brusnica u metanolu, 11. 7. 2023.



Slika 30. Svježa brusnica u metanolu, 18. 7. 2023.



Slika 31. Svježa brusnica u metanolu, 25. 7. 2023.



Slika 32. Svježa brusnica u metanolu, 1. 8. 2023.

Tijekom zadnjeg mjeseca ispitivanja (Slike 28.-32.), uočena su slična obojenja u kiselom i bazičnom mediju. Pri pH = 1-12 uočeno je ružičasto obojenje, no i dalje se vidi razlika u intenzitetu. Kod pH = 1-2 boje su više roza u odnosu na pH = 3-12. Pri pH = 13 je i dalje vidljivo svijetlo sivo obojenje, dok je pri pH = 14 uočena pojava tamno žutog obojenja.

Zaključno, u prvim mjerenjima je uočeno da svježa brusnica u metanolu, u kiselom mediju, pH = 1-2 pokazuje roza do ružičasto obojenje. Pri pH = 3-12 uočeno je roza obojenje čiji intenzitet varira ovisno o prethodno spomenutim čimbenicima (količina dodanog indikatora). Pri pH = 13 javlja se svijetlo sivo obojenje koje, dok se svijetlo žuto obojenje javlja u prvim mjerenjima pri pH = 14 se s vremenom ta boja tamni. Najveće razlike u boji su između jako kiselog i jako bazičnog medija te se može zaključiti da je ovako pripremljen indikator dobar pokazatelj za oba medija.

4.2. Indikator pripremljen s etanolom

Rezultati ispitivanja indikatora pripremljenog od bobica brusnice i etanola prikazani su na Slikama 33.-60.



Slika 33. Svježa brusnica u etanolu, 31. 1. 2023.



Slika 34. Svježa brusnica u etanolu, 3. 2. 2023.



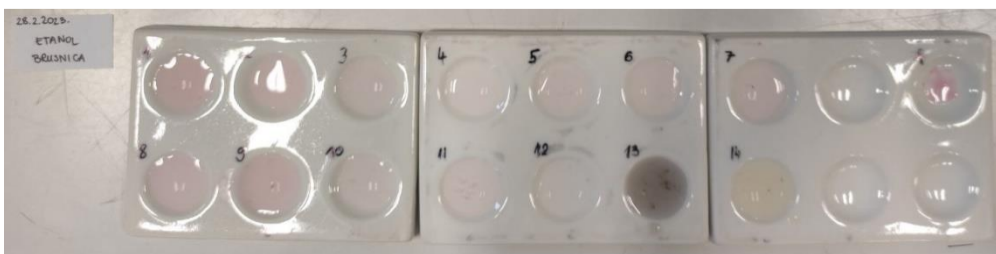
Slika 35. Svježa brusnica u etanolu, 7. 2. 2023.



Slika 36. Svježa brusnica u etanolu, 14. 2. 2023.



Slika 37. Svježa brusnica u etanolu, 21. 2. 2023.



Slika 38. Svježa brusnica u etanolu, 28. 2. 2023.

Na Slikama 33.-38. je prikazan prvi mjesec ispitivanja trajnosti indikatora pripremljen od brusnice i etanola. Pri pH = 1-2 su uočene svijetlo roza boje kao i pri pH = 3-12, ali je roza boja pri pH = 1-2 jačeg intenziteta. U bazičnom mediju pri pH = 13 tijekom cijelog mjeseca je uočeno svijetlo sivo obojenje, a kod pH = 14 je vidljiva svijetlo žuta boja (Slike 33.-38.).



Slika 39. Svježa brusnica u etanolu, 7. 3. 2023.



Slika 40. Svježa brusnica u etanolu, 14. 3. 2023.



Slika 41. Svježa brusnica u etanolu, 21. 3. 2023.



Slika 42. Svježa brusnica u etanolu, 28. 3. 2023.

Drugi mjesec ispitivanja je prikazan na Slikama 39.-42. U jako kiselom mediju pri $\text{pH} = 1-2$ javlja se roza boja koja je jačeg intenziteta u odnosu na $\text{pH} = 3-12$. Također se može vidjeti kako je boja pri $\text{pH} = 11$ tamnije roza boje nego pri $\text{pH} = 12$. U jako bazičnom mediju pri $\text{pH} = 13$ se javlja svijetlo sivo obojenje, dok je kod $\text{pH} = 14$ uočena svijetlo žuta boja čiji je intenzitet malo jači nego u prvom mjesecu ispitivanja (Slike 39.-42.).



Slika 43. Svježa brusnica u etanolu, 4. 4. 2023.



Slika 44. Svježa brusnica u etanolu, 11. 4. 2023.



Slika 45. Svježa brusnica u etanolu, 18. 4. 2023.



Slika 46. Svježa brusnica u etanolu, 25. 4. 2023.

Na Slikama 43.-46., tijekom trećeg mjeseca ispitivanja, nisu uočene promjene u bojama u odnosu na prethodni mjesec. Pri pH = 1-2 prisutno je roza obojenje, pri pH = 3-12 također je prisutno roza obojenje, ali slabijeg intenziteta. Kod pH = 13 se javlja svijetlo siva boja koja je prisutna tijekom cijelog mjeseca ispitivanja, a pri pH = 14 dolazi do svijetlo žutog obojenja (Slike 43.-46.).



Slika 47. Svježa brusnica u etanolu, 2. 5. 2023.



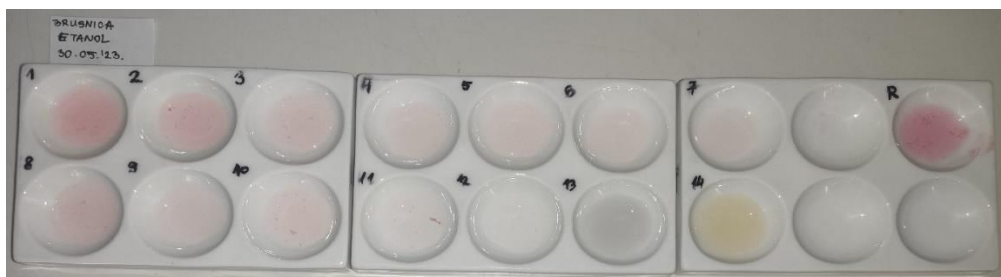
Slika 48. Svježa brusnica u etanolu, 9. 5. 2023.



Slika 49. Svježa brusnica u etanolu, 16. 5. 2023.



Slika 50. Svježa brusnica u etanolu, 23. 5. 2023.



Slika 51. Svježa brusnica u etanolu, 30. 5. 2023.

Tijekom četvrtog mjeseca ispitivanja, za koji su rezultati prikazani na Slikama 47.-51., pri pH = 1-2 uočeno je ružičasto obojenje jačeg intenziteta u odnosu na roza boju koja se javlja pri pH = 3-12. Pri pH = 13 dolazi do svijetlo sivog obojenja. U jako bazičnom mediju pri pH = 14 se javlja žuta boja koja postepeno pojačava svoj intenzitet (Slika 51.). Boje prikazane na Slikama 48. i 49. su svijetlog intenziteta vjerojatno zbog osvjetljenja u prostoriji tijekom fotografiranja i sl.



Slika 52. Svježa brusnica u etanolu, 6. 6. 2023.



Slika 53. Svježa brusnica u etanolu, 13. 6. 2023.

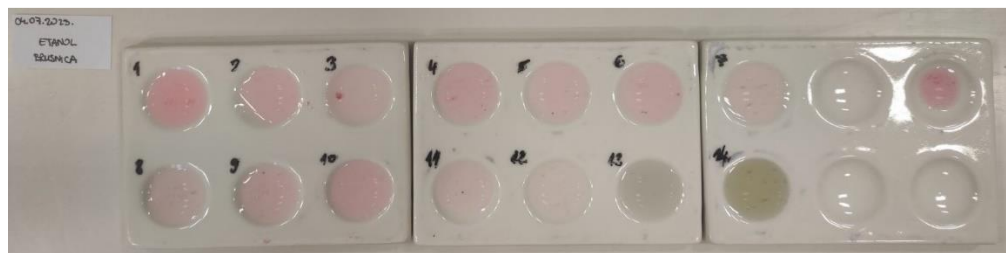


Slika 54. Svježa brusnica u etanolu, 20. 6. 2023.

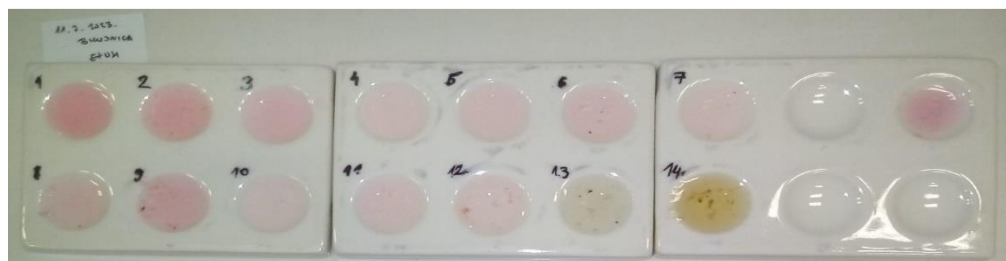


Slika 55. Svježa brusnica u etanolu, 27. 6. 2023.

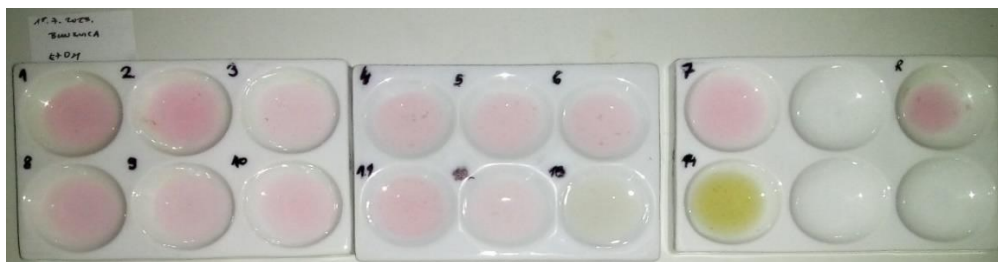
Tijekom petog mjeseca ispitivanja trajnosti indikatora (Slike 52.-55.), pri pH = 1-12 su uočene intenzivnije roza boje. Pri pH = 1-2 ružičasto obojenje je jače u odnosu na boje pri pH = 3-12. U bazičnom mediju pri pH = 13 i dalje je prisutno svijetlo sivo obojenje kao i u prethodnim mjesecima ispitivanja, dok je kod pH = 14 uočena tamno žuta boja.



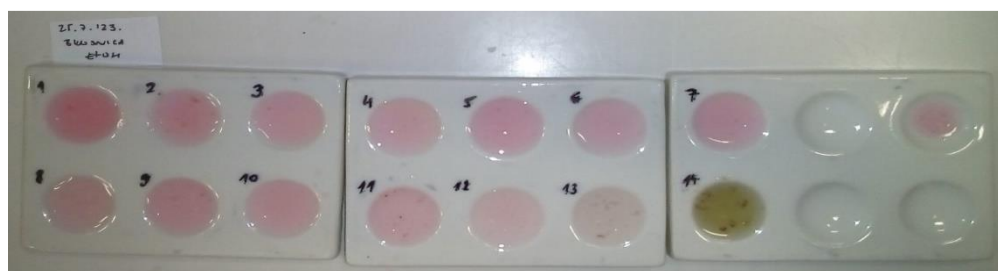
Slika 56. Svježa brusnica u etanolu, 4. 7. 2023.



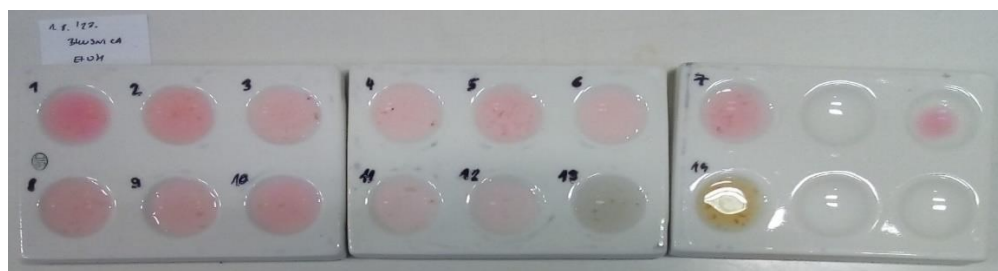
Slika 57. Svježa brusnica u etanolu, 11. 7. 2023.



Slika 58. Svježa brusnica u etanolu, 18. 7. 2023.



Slika 59. Svježa brusnica u etanolu, 25. 7. 2023.



Slika 60. Svježa brusnica u etanolu, 1. 8. 2023.

U zadnjem mjesecu ispitivanja trajnosti indikatora uočene su najintenzivnije boje, no to je najvjerojatnije rezultat količine dodanog indikatora (Slike 56.-60.). Ružičasto obojenje pri pH = 1-12 je istih, ali intenzivnijih boja. Kod pH = 1-2 su uočene ružičaste boje koje su jače u odnosu na roza boju pri pH = 3-12. Pri pH = 13 je i dalje uočljivo sivo obojenje, ali malo slabijeg intenziteta nego u prethodnom mjesecu ispitivanja. U jako bazičnom području pri pH = 14 dolazi do pojave tamno žute boje.

Rezultati dobiveni kod indikatora pripremljenog od svježe brusnice i etanola su vrlo slični rezultatima dobivenih u prethodnom ispitivanju. Prvim mjerenjima svježa brusnica u etanolu pri pH = 1-2 pokazuje jako svijetlo ružičasto obojenje koje s vremenom postaje

izraženije roza boje. Boje pri pH = 3-12 su u početku ispitivanja jako blijedo roza, koje također s vremenom postaju intenzivnijeg ružičastog obojenja. Pri pH = 13 od prvog do zadnjeg mjerenja, boja ostaje nepromijenjena, tj. ima svijetlo sivo obojenje. U početku se pri pH = 14 javlja svijetlo žuta boja koja postepeno prelazi u tamniju žutu boju. Također se i ovdje može reći da je indikator dobar pokazatelj jako kiselog i jako bazičnog medija.

4.3. Indikator pripremljen s acetonom

Rezultati ispitivanja indikatora pripremljenog od bobica brusnice i acetona prikazani su na Slikama 61.-88.



Slika 61. Svježa brusnica u acetonu, 31. 1. 2023.



Slika 62. Svježa brusnica u acetonu, 3. 2. 2023.



Slika 63. Svježa brusnica u acetonu, 7. 2. 2023.



Slika 64. Svježa brusnica u acetonu, 14. 2. 2023.



Slika 65. Svježa brusnica u acetonu, 21. 2. 2023.



Slika 66. Svježa brusnica u acetonu, 28. 2. 2023.

Slike 61.-66. prikazuju prvi mjesec ispitivanja trajnosti indikatora od brusnice i acetona. Na navedenim Slikama je uočeno da pri $\text{pH} = 1-2$ dolazi do svjetlo roza obojenja koje je malo jačeg intenziteta u odnosu na roza boju pri $\text{pH} = 3-12$. Boje pri $\text{pH} = 3-12$ su slabo uočljive (zbog manje količine dodanog indikatora), ali su prisutne. U bazičnom mediju pri $\text{pH} = 13$ dolazi do svjetlo sivo-žutog obojenja, a kod $\text{pH} = 14$ se javlja svjetlo žuta boja.



Slika 67. Svježa brusnica u acetonu, 7. 3. 2023.



Slika 68. Svježa brusnica u acetonu, 14. 3. 2023.



Slika 69. Svježa brusnica u acetonu, 21. 3. 2023.



Slika 70. Svježa brusnica u acetonu, 28. 3. 2023.

Drugi mjesec ispitivanja je prikazan na Slikama 67.-70. U jako kiselom mediju pri $\text{pH} = 1-2$ boje su i dalje intenzivnije svijetlo roza u odnosu na $\text{pH} = 3-12$ gdje su boje i dalje

jako slabog intenziteta. Kod pH = 13 se uočava svjetlo sivo-žuta boja, a pri pH = 14 je prisutno svjetlo žuto obojenje.



Slika 71. Svježa brusnica u acetonu, 4. 4. 2023.



Slika 72. Svježa brusnica u acetonu, 11. 4. 2023.



Slika 73. Svježa brusnica u acetonu, 18. 4. 2023.



Slika 74. Svježa brusnica u acetonu, 25. 4. 2023.

U trećem mjesecu ispitivanja prikazano na Slikama 71.-74. nisu uočene promjene u bojama u odnosu na prethodni mjesec (Slike 67.-70.). Pri pH = 1-2 boje su svijetlo roza, dok su pri pH = 3-12 boje svijetlo roza slabijeg intenziteta. Svijetlo sivo-žuta boja je prisutna pri pH = 13, dok je u jako bazičnom mediju pri pH = 14 prisutno svijetlo žuto obojenje.



Slika 75. Svježa brusnica u acetonu, 2. 5. 2023.



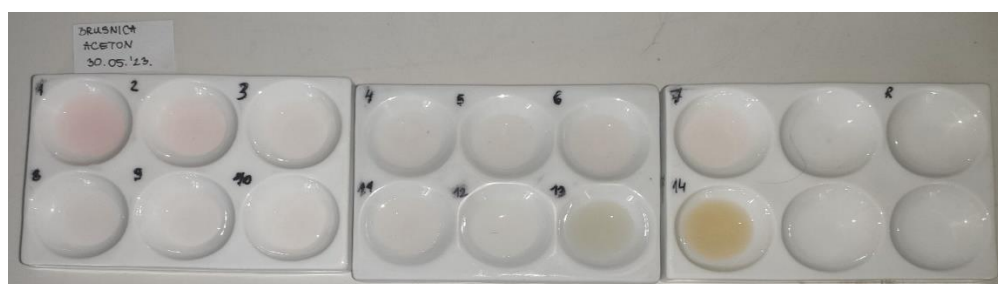
Slika 76. Svježa brusnica u acetonu, 9. 5. 2023.



Slika 77. Svježa brusnica u acetonu, 16. 5. 2023.



Slika 78. Svježa brusnica u acetonu, 23. 5. 2023.



Slika 79. Svježa brusnica u acetonu, 30. 5. 2023.

Na Slikama 75.-79. je prikazan četvrti mjesec ispitivanja trajnosti indikatora. Na Slici 75. su uočene intenzivnije boje pri pojedinim pH vrijednostima u odnosu na prethodne mjesecе ispitivanja, što je vjerojatno rezultat dodatka veće količine indikatora. Pri pH = 1-2 boje su jačeg roza intenziteta nego pri pH = 3-12. Kod pH = 3-12 boje su i dalje slabijeg roza obojenja, ali su vidljive. U jako bazičnom mediju, pri pH = 13 je prisutno svijetlo sivo-žuto obojenje, pri pH = 14 žuta boja poprima jači intenzitet (Slike 75.-79.).



Slika 80. Svježa brusnica u acetonu, 6. 6. 2023.



Slika 81. Svježa brusnica u acetonu, 13. 6. 2023.



Slika 82. Svježa brusnica u acetonu, 20. 6. 2023.



Slika 83. Svježa brusnica u acetonu, 27. 6. 2023.

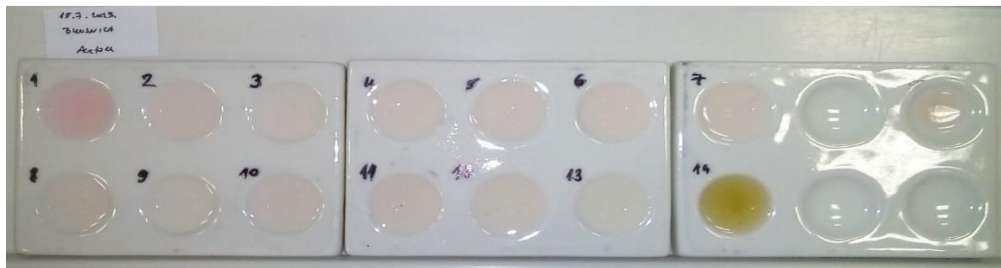
Tijekom petog mjeseca ispitivanja (Slike 80.-83.) pri $\text{pH} = 1-12$ je vidljiva roza boja koja ima jači intenzitet u odnosu na roza boju kod $\text{pH} = 3-12$. Pri $\text{pH} = 13$ se vidi kako svijetlo sivo-žuta boja polako gubi svoj intenzitet, postaje još svjetlija. Žuta boja jačeg intenziteta je uočena pri $\text{pH} = 14$.



Slika 84. Svježa brusnica u acetonu, 4. 7. 2023.



Slika 85. Svježa brusnica u acetonu, 11. 7. 2023.



Slika 86. Svježa brusnica u acetonu, 18. 7. 2023.



Slika 87. Svježa brusnica u acetonu, 25. 7. 2023.



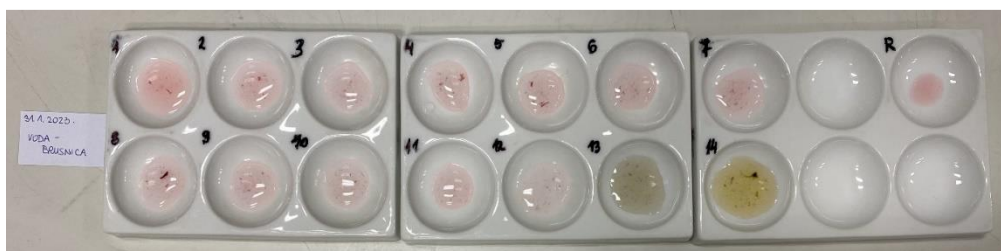
Slika 88. Svježa brusnica u acetonu, 1. 8. 2023.

U zadnjem, šestom, mjesecu ispitivanja prikazano na Slikama 84.-88. uočeno je kako se pojačava ružičasto obojenje pri $\text{pH} = 1-2$. Također je vidljivo da se pojačava intenzitet boje i kod $\text{pH} = 3-12$, ali je i dalje svjetlije u odnosu na $\text{pH} = 1-2$. Kod $\text{pH} = 13$ je boja iz svijetlo sivo-žute prešla u jako svijetlo žutu boju, dok je pri $\text{pH} = 14$ uočeno žuto obojenje jačeg intenziteta u odnosu na prethodni mjesec ispitivanja.

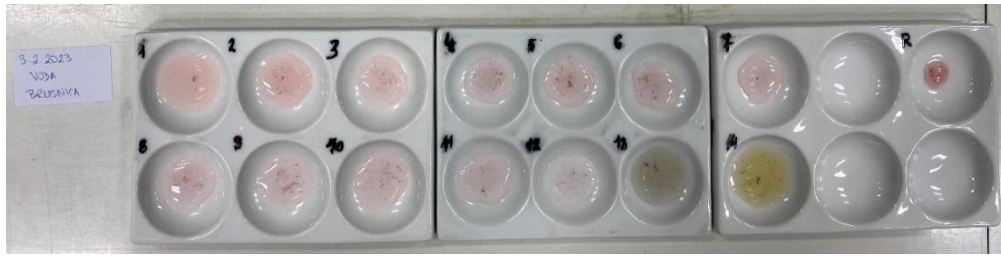
Pri prvim ispitivanjima trajnosti indikatora svježe brusnice u acetonu, boja u kiselom mediju pri $\text{pH} = 1-2$ je svijetlo roza. S vremenom ova boja ima jači intenzitet, što je najvjerojatnije posljedica veće količine dodanog indikatora. Pri $\text{pH} = 3-12$ boja u početku nisu bila toliko uočljiva, ali je bilo vidljivo da se radi o svijetlo roza boji. Kod $\text{pH} = 13$ se javlja svijetlo sivo-žuto obojenje, koje prelazi u svijetlo žutu boju. Pri $\text{pH} = 14$ se pojavljuje žuto obojenje koje prelazi u žutu boju jačeg intenziteta. Prema rezultatima se može vidjeti da je ovako pripremljen indikator potencijalni indikator za jako kiseli/bazični medij.

4.4. Indikator pripremljen s hladnom vodom

Rezultati ispitivanja indikatora pripremljenog od bobica brusnice i hladne vode prikazani su na Slikama 89.-116.



Slika 89. Svježa brusnica u hladnoj vodi, 31. 1. 2023.



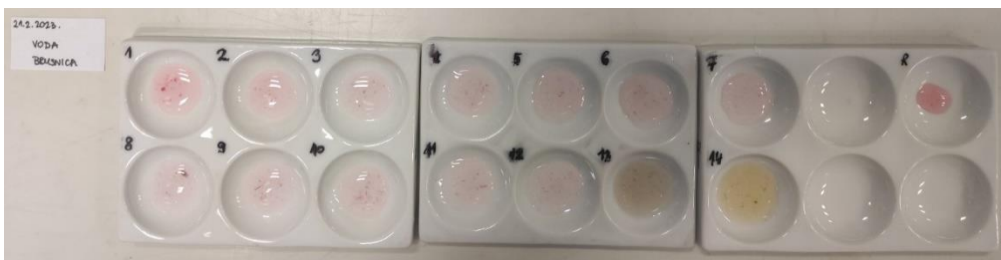
Slika 90. Svježa brusnica u hladnoj vodi, 3. 2. 2023.



Slika 91. Svježa brusnica u hladnoj vodi, 7. 2. 2023.



Slika 92. Svježa brusnica u hladnoj vodi, 14. 2. 2023.

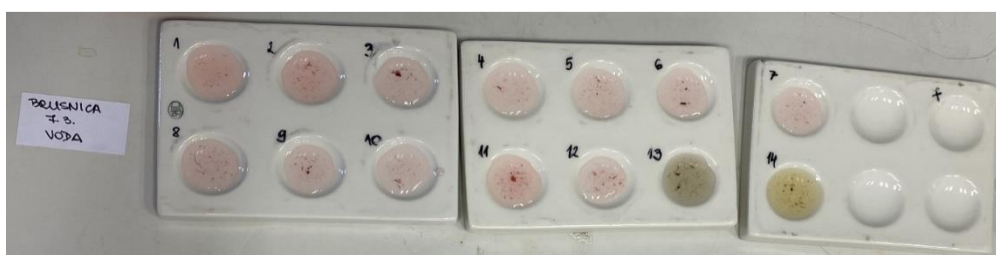


Slika 93. Svježa brusnica u hladnoj vodi, 21. 2. 2023.



Slika 94. Svježa brusnica u hladnoj vodi, 28. 2. 2023.

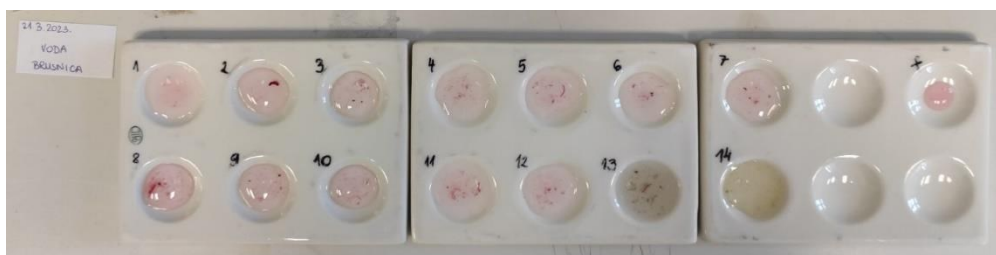
Prvi mjesec ispitivanja trajnosti indikatora brusnice i hladne vode prikazan je na Slikama 89.-94. Na navedenim slikama je uočeno da se pri $\text{pH} = 1-12$ javlja ružičasto obojenje jednakog intenziteta. U bazičnom mediju pri $\text{pH} = 13$ dolazi do tamno sivog obojenja. Na Slikama 89.-92. u jako bazičnom mediju pri $\text{pH} = 14$, prvo je došlo do pojave zelene boje koja je nakon nekoliko minuta prešla u žuto obojenje.



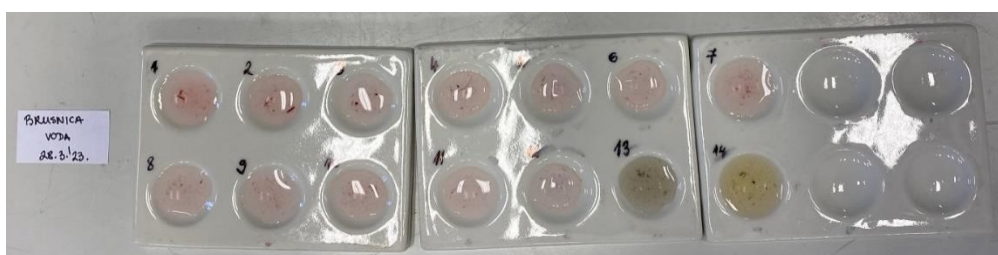
Slika 95. Svježa brusnica u hladnoj vodi, 7. 3. 2023.



Slika 96. Svježa brusnica u hladnoj vodi, 14. 3. 2023.



Slika 97. Svježa brusnica u hladnoj vodi, 21. 3. 2023.



Slika 98. Svježa brusnica u hladnoj vodi, 28. 3. 2023.

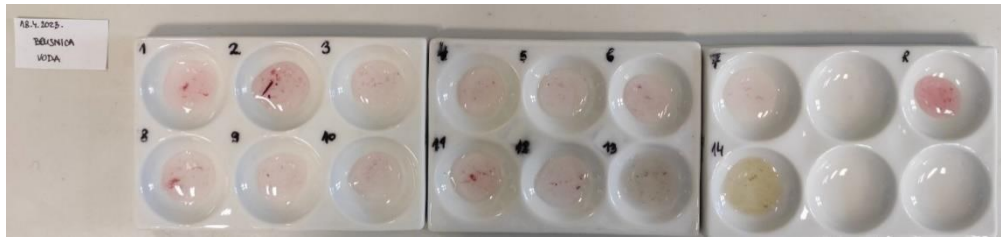
U drugom mjesecu ispitivanja trajnosti indikatora (Slike 95.-98.) pri $\text{pH} = 1-12$ je i dalje uočljivo ružičasto obojenje jednakog intenziteta. Tamno sivo obojenje je prisutno kod $\text{pH} = 13$, dok je na Slikama 95.-97. pri $\text{pH} = 14$ vidljivo tamnije žuto obojenje (Slika 98.).



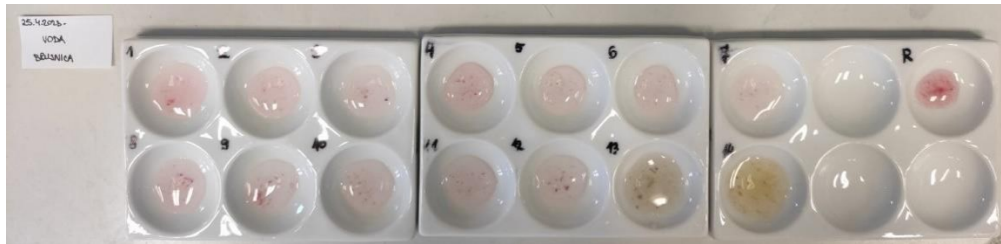
Slika 99. Svježa brusnica u hladnoj vodi, 4. 4. 2023.



Slika 100. Svježa brusnica u hladnoj vodi, 11. 4. 2023.



Slika 101. Svježa brusnica u hladnoj vodi, 18. 4. 2023.



Slika 102. Svježa brusnica u hladnoj vodi, 25. 4. 2023.

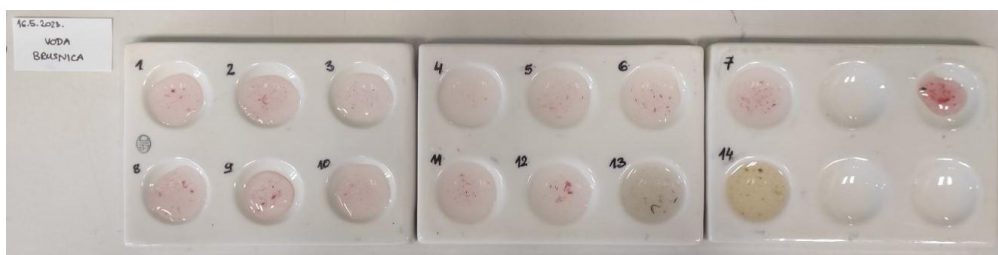
Slike 99.-102. prikazuju treći mjesec ispitivanja. Pri pH = 1-12 se mogu primijetiti ružičaste boje jednakog intenziteta te nema promjena u odnosu na prethodne mjesec ispitivanja. Kod pH = 13 je vidljivo sivo obojenje, a žuto-narančasto obojenje pri pH = 14.



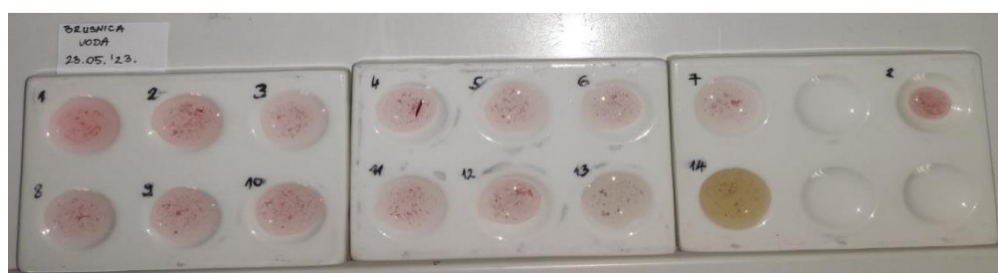
Slika 103. Svježa brusnica u hladnoj vodi, 2. 5. 2023.



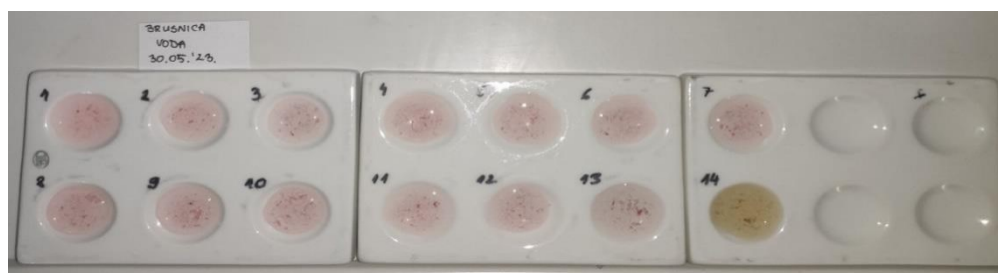
Slika 104. Svježa brusnica u hladnoj vodi, 9. 5. 2023.



Slika 105. Svježa brusnica u hladnoj vodi, 16. 5. 2023.



Slika 106. Svježa brusnica u hladnoj vodi, 23. 5. 2023.

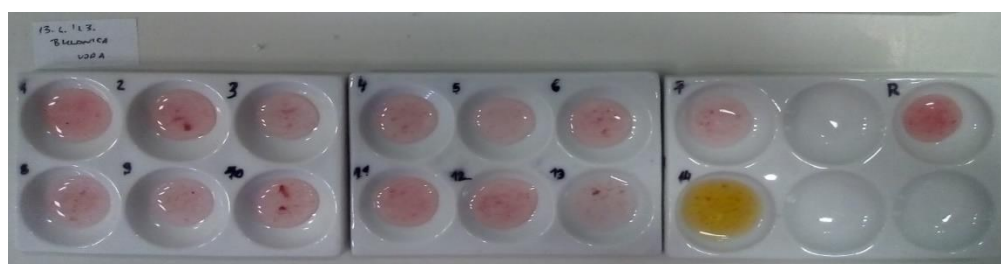


Slika 107. Svježa brusnica u hladnoj vodi, 30. 5. 2023.

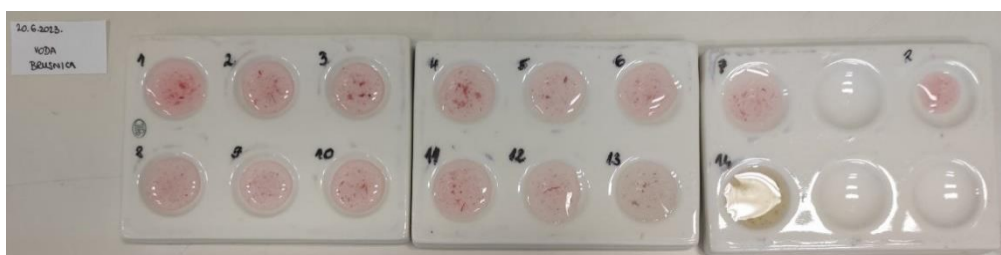
Četvrti mjesec ispitivanja je prikazan na Slikama 103.-107. Ružičasto obojenje jednakog intenziteta je vidljivo pri $\text{pH} = 1-12$. Na Slikama 103.-105. pri $\text{pH} = 13$ je vidljiva svijetlo siva boja koja prelazi u svijetlo sivo-roza boju (što bi moglo dijelom biti posljedica veće količine dodanog indikatora, Slike 106.-107.). U jako bazičnom mediju pri $\text{pH} = 14$ je i dalje prisutno žuto-narančasto obojenje.



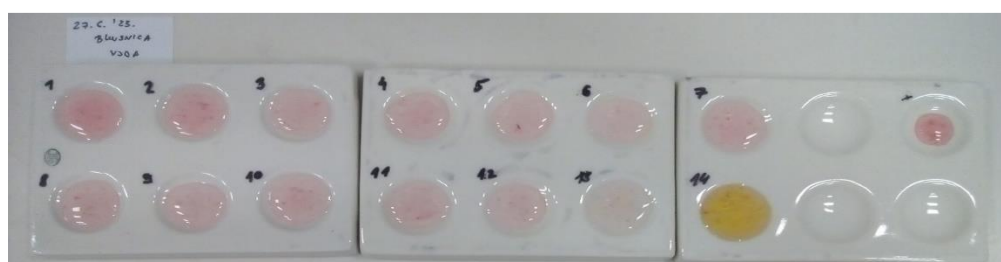
Slika 108. Svježa brusnica u hladnoj vodi, 6. 6. 2023.



Slika 109. Svježa brusnica u hladnoj vodi, 13. 6. 2023.



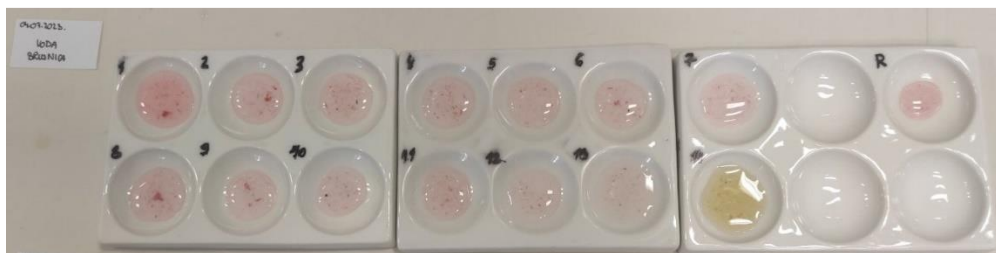
Slika 110. Svježa brusnica u hladnoj vodi, 20. 6. 2023.



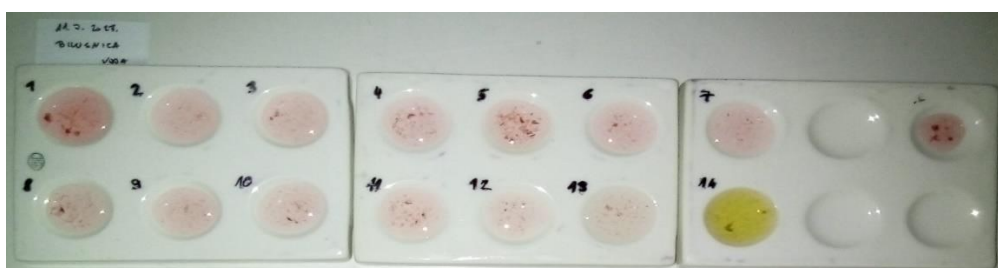
Slika 111. Svježa brusnica u hladnoj vodi, 27. 6. 2023.

Peti mjesec ispitivanja trajnosti indikatora je prikazan na Slikama 108.-111. Na navedenim Slikama je uočena ružičasta boja jednakog intenziteta pri $\text{pH} = 1-12$. Svijetlo

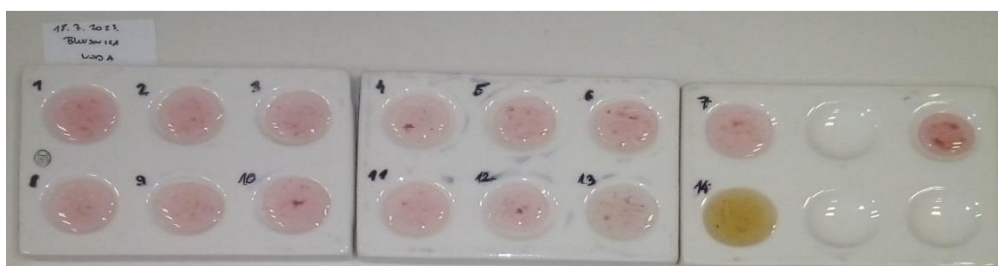
sivo-roza obojenje je prisutno kod pH = 13, dok je pri pH = 14 uočeno žuto-narančasto obojenje.



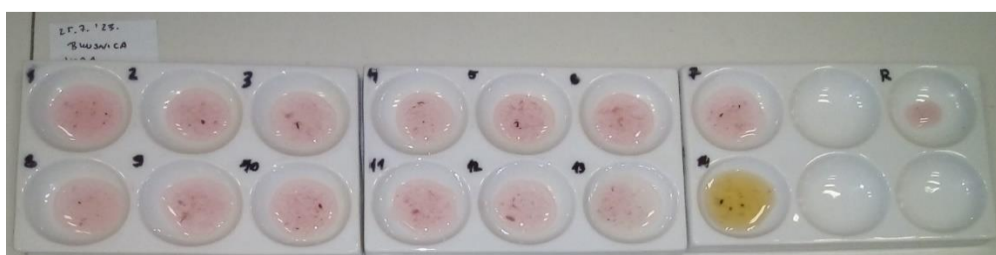
Slika 112. Svježa brusnica u hladnoj vodi, 4. 7. 2023.



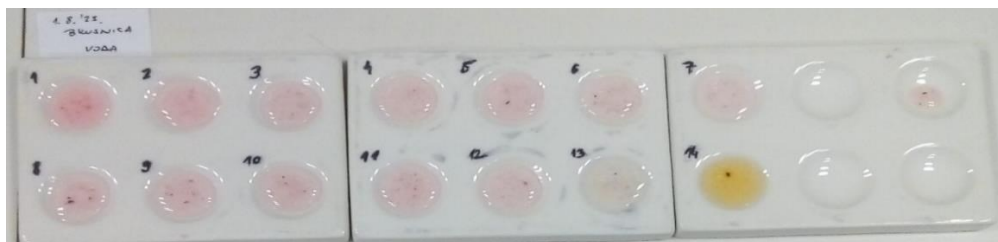
Slika 113. Svježa brusnica u hladnoj vodi, 11. 7. 2023.



Slika 114. Svježa brusnica u hladnoj vodi, 18. 7. 2023.



Slika 115. Svježa brusnica u hladnoj vodi, 25. 7. 2023.



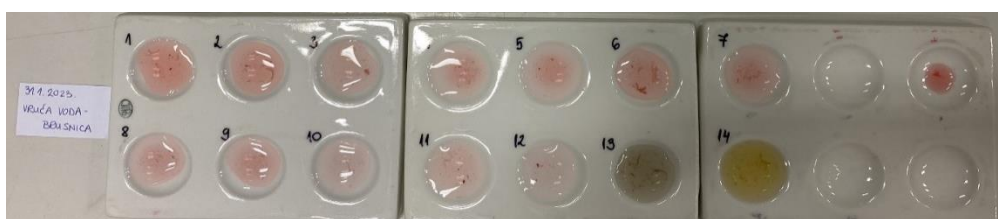
Slika 116. Svježa brusnica u hladnoj vodi, 1. 8. 2023.

U zadnjem mjesecu ispitivanja, na Slikama 112.-116. pri pH = 1-12 nisu uočene promjene u bojama i intenzitetu boja u odnosu na prethodne mjesece ispitivanja. Vidljivo je da je pri pH = 1-12 prisutno ružičasto obojenje. Kod pH = 13 se sivo obojenje izgubilo te je uočena svijetlo roza boja. U jako bazičnom mediju pri pH = 14 žuto-narančasto obojenje je održano do samoga kraja ispitivanja.

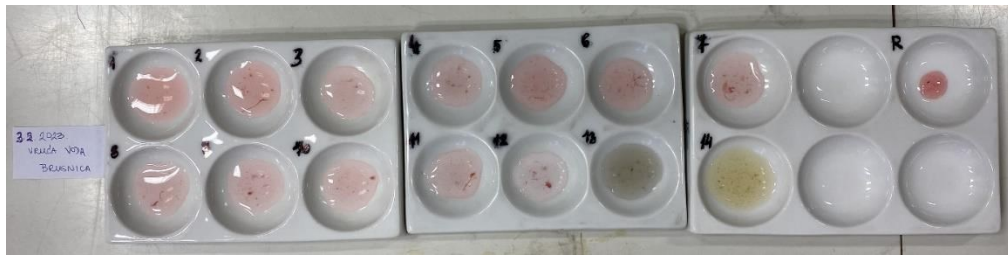
U slučaju indikatora pripremljenog od svježe brusnice i hladne vode, pri prvom ispitivanjem odmah je uočeno da indikator ima ružičasto obojenje u različitim pH područjima. Kod pH = 1-12 ne dolazi do promjena u bojama i u intenzitetu boja. Nadalje, pri pH = 13 je u početku ispitivanja uočena siva boja koja s vremenom poprima sivo-roza obojenje te zatim prelazi u svijetlo roza boju. U početku ispitivanja pri pH = 14 je uočena zelena boja koja nakon nekoliko minuta prelazi u žutu. S vremenom, kod pH = 14 je dolazilo do pojave svijetlo žute boje koja je prešla u žuto-narančastu i tako se održala do samoga kraja ispitivanja. Prema dobivenim rezultatima može se zaključiti da ovako pripremljeni indikator pokazuje razliku između jako kiselog i bazičnog medija.

4.5. Indikator pripremljen s vrućom vodom

Rezultati ispitivanja indikatora pripremljenog od bobica brusnice i vruće vode prikazani su na Slikama 117.-144.



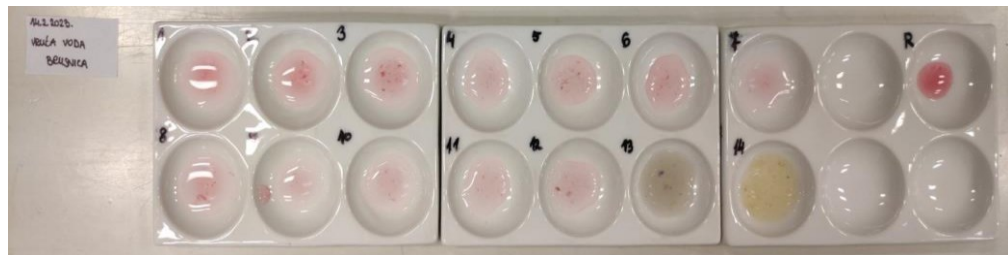
Slika 117. Svježa brusnica u vrućoj vodi, 31. 1. 2023.



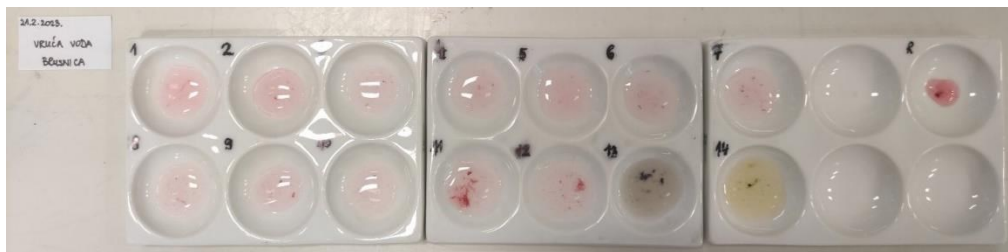
Slika 118. Svježa brusnica u vrućoj vodi, 3. 2. 2023.



Slika 119. Svježa brusnica u vrućoj vodi, 7. 2. 2023.



Slika 120. Svježa brusnica u vrućoj vodi, 14. 2. 2023.



Slika 121. Svježa brusnica u vrućoj vodi, 21. 2. 2023.

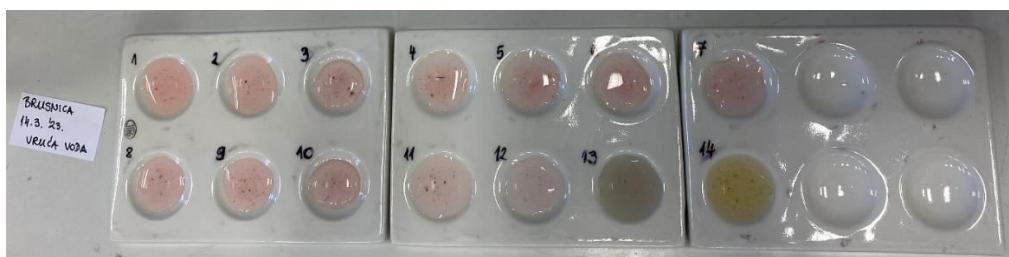


Slika 122. Svježa brusnica u vrućoj vodi, 28. 2. 2023.

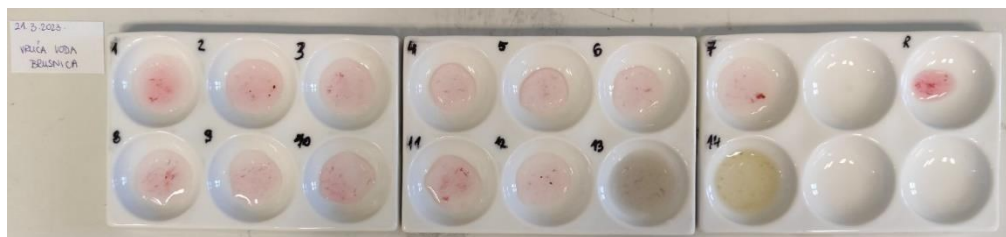
Tijekom prvog mjeseca ispitivanja trajnosti indikatora od brusnice i vruće vode (Slike 117.-122.) pri pH = 1-12 su uočene ružičaste boje jednakog intenziteta. U bazičnom mediju pri pH = 13 je vidljivo tamno sivo obojenje (Slike 117.-121.) koje posvijetli (Slika 122.). Na Slikama 117.-122. je prvo uočena pojava zelene boje koja nakon nekoliko minuta prelazi u žutu.



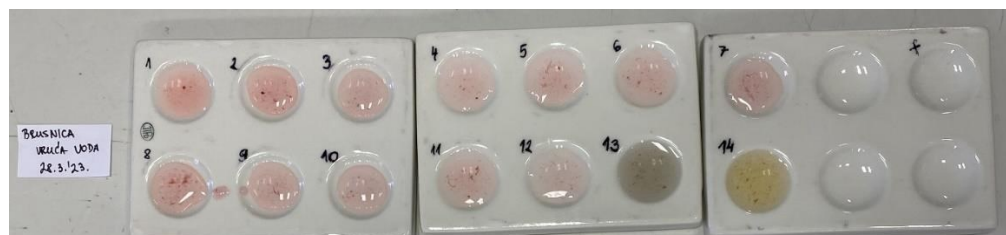
Slika 123. Svježa brusnica u vrućoj vodi, 7. 3. 2023.



Slika 124. Svježa brusnica u vrućoj vodi, 14. 3. 2023.

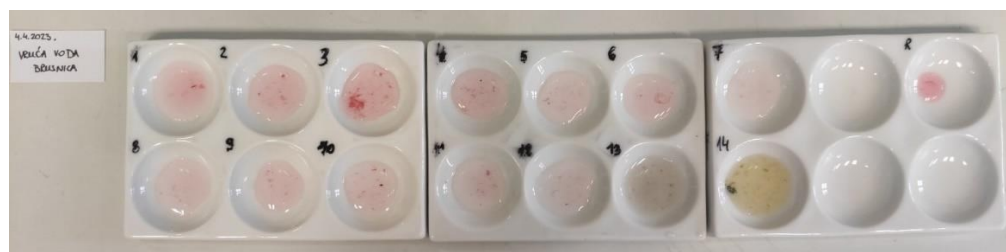


Slika 125. Svježa brusnica u vrućoj vodi, 21. 3. 2023.

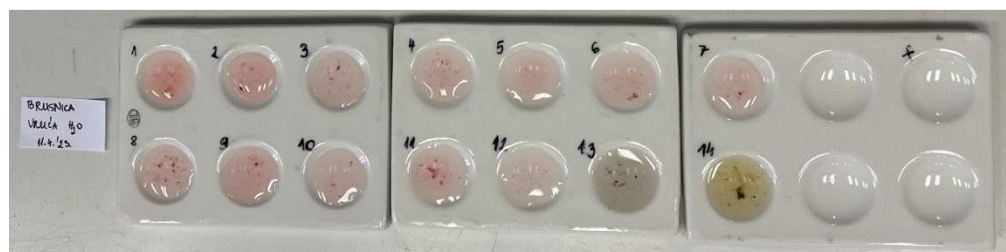


Slika 126. Svježa brusnica u vrućoj vodi, 28. 3. 2023.

Slike 123.-126. prikazuju drugi mjesec ispitivanja. Kod pH = 1-12 je i dalje uočljivo ružičasto obojenje. Siva boja je prisutna kod pH = 13, a u jako bazičnom mediju pri pH = 14 boja je žuta. Na Slici 126. kod pH = 14 dolazi do žuto-narančastog obojenja.



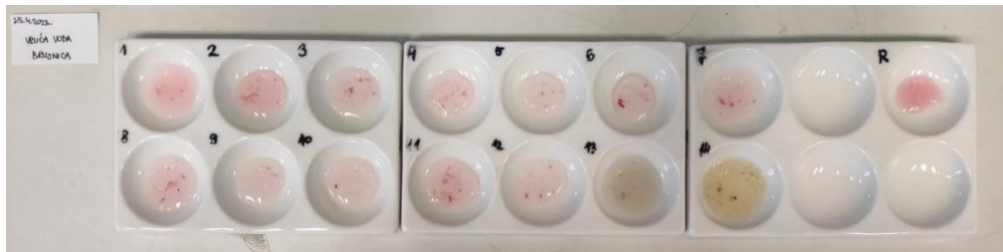
Slika 127. Svježa brusnica u vrućoj vodi, 4. 4. 2023.



Slika 128. Svježa brusnica u vrućoj vodi, 11. 4. 2023.

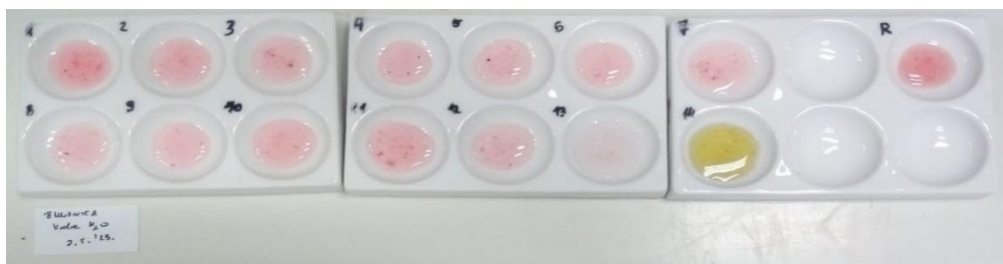


Slika 129. Svježa brusnica u vrućoj vodi, 18. 4. 2023.

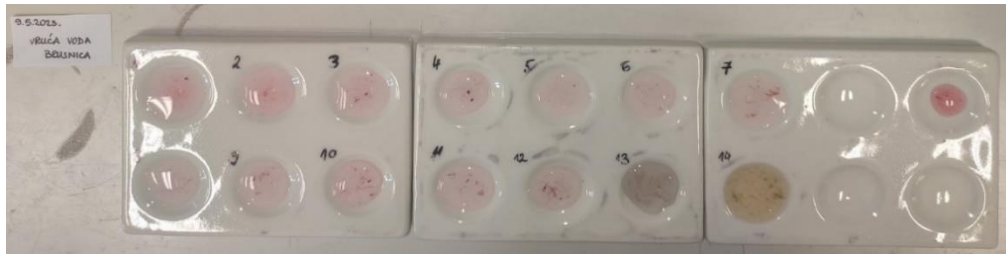


Slika 130. Svježa brusnica u vrućoj vodi, 25. 4. 2023.

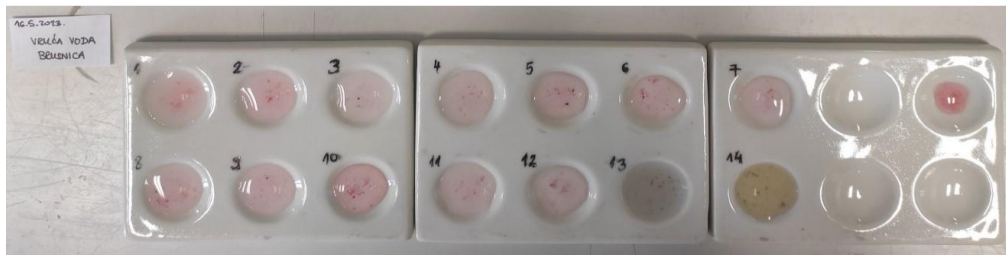
Kod trećeg mjeseca ispitivanja, prikazano na Slikama 127.-130., pri pH = 1-12 dolazi do ružičastog obojenja jednakog intenziteta. Slike 127.-128. prikazuju da se kod pH = 13 javlja svijetlo sivo obojenje, dok se na Slikama 128.-130. pri pH = 13 uočava svijetlo sivo-roza obojenje. U jako bazičnom mediju pri pH = 14 je vidljiva žuto-narančasta boja.



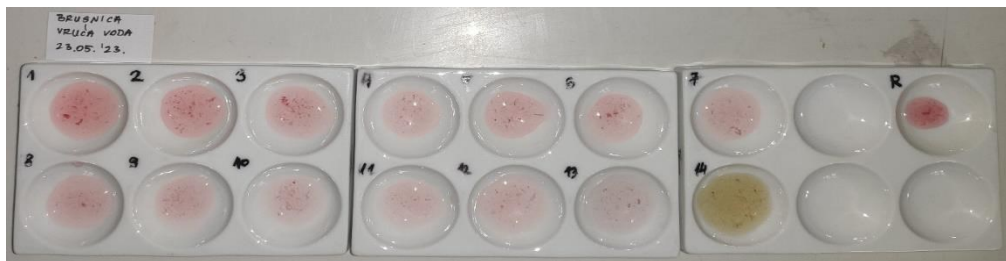
Slika 131. Svježa brusnica u vrućoj vodi, 2. 5. 2023.



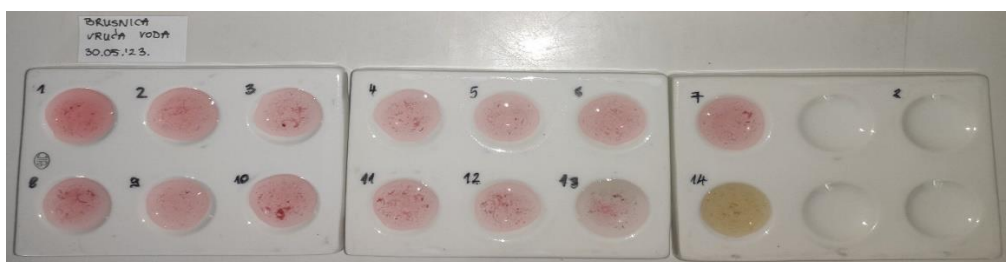
Slika 132. Svježa brusnica u vrućoj vodi, 9. 5. 2023.



Slika 133. Svježa brusnica u vrućoj vodi, 16. 5. 2023.

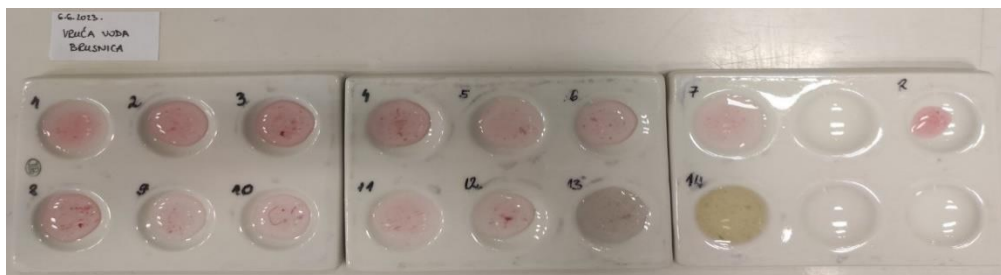


Slika 134. Svježa brusnica u vrućoj vodi, 23. 5. 2023.

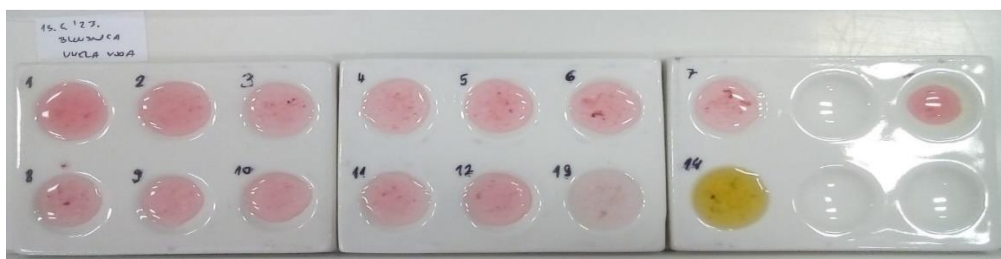


Slika 135. Svježa brusnica u vrućoj vodi, 30. 5. 2023.

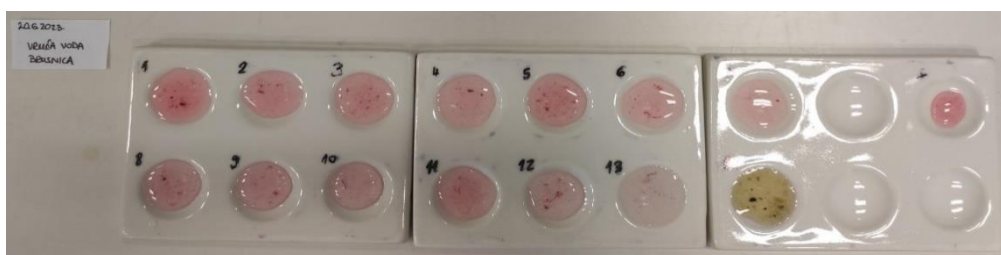
Četvrti mjesec ispitivanja trajnosti indikatora je prikazan na Slikama 131.-135. Do ružičastog obojenja jednakog intenziteta dolazi pri pH = 1-12. Kod pH = 13 boja je svijetlo sivo-roza, dok kod pH = 14 dolazi do pojave žuto-narančastog obojenja.



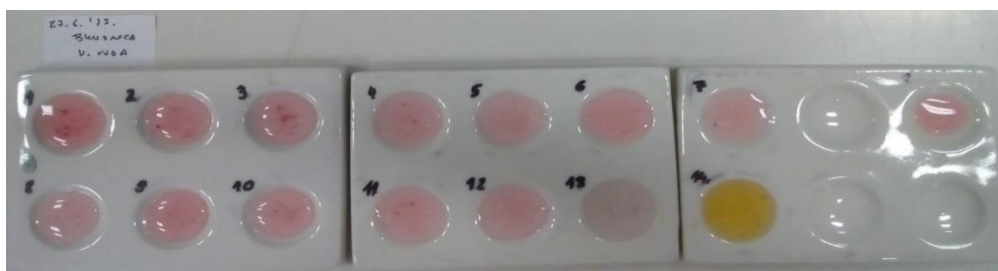
Slika 136. Svježa brusnica u vrućoj vodi, 6. 6. 2023.



Slika 137. Svježa brusnica u vrućoj vodi, 13. 6. 2023.



Slika 138. Svježa brusnica u vrućoj vodi, 20. 6. 2023.

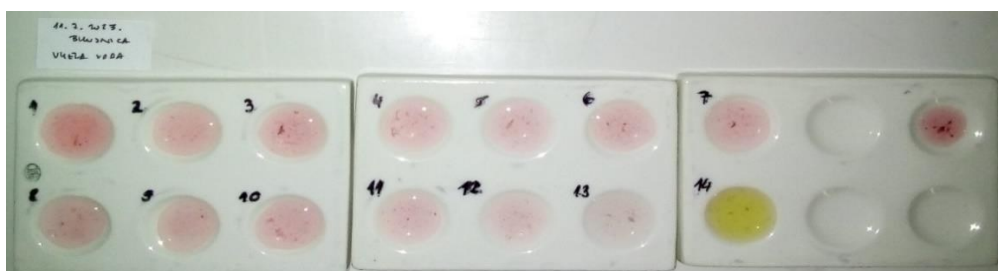


Slika 139. Svježa brusnica u vrućoj vodi, 27. 6. 2023.

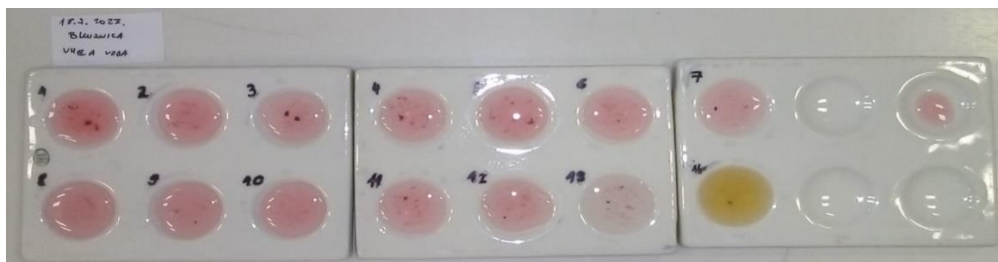
Tijekom petog mjeseca ispitivanja prikazano na Slikama 136.-139., pri pH = 1-12 dolazi do ružičastog obojenja, jačeg intenziteta u odnosu na prethodne mjesece ispitivanja. Na Slici 136. pri pH = 13 je prisutno sivo-roza obojenje koje postepeno prelazi u svijetlo roza boju (Slike 137.-139.). Pri pH = 14 dolazi do pojave intenzivno žuto-narančastog obojenja.



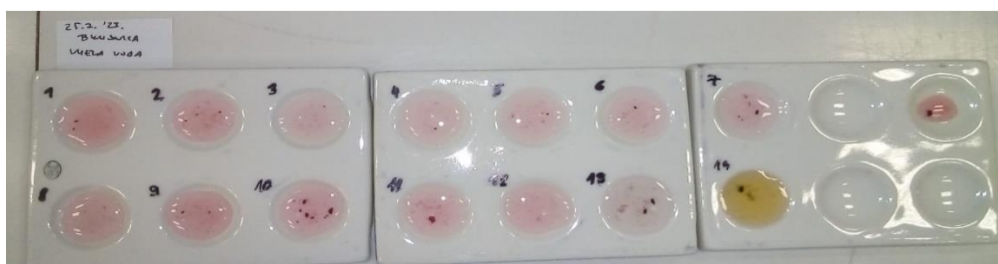
Slika 140. Svježa brusnica u vrućoj vodi, 4. 7. 2023.



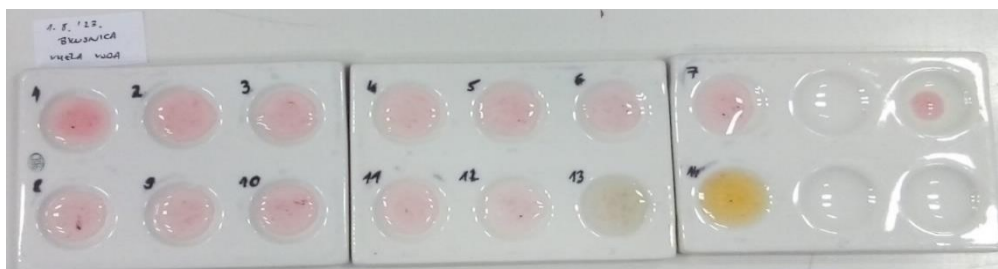
Slika 141. Svježa brusnica u vrućoj vodi, 11. 7. 2023.



Slika 142. Svježa brusnica u vrućoj vodi, 18. 7. 2023.



Slika 143. Svježa brusnica u vrućoj vodi, 25. 7. 2023.



Slika 144. Svježa brusnica u vrućoj vodi, 1. 8. 2023.

Slike 140.-144. prikazuju zadnji mjesec ispitivanja trajnosti indikatora. Pri pH = 1-12 ružičasto obojenje je zadržano od početka pa sve do samoga kraja ispitivanja. U bazičnom mediju, pri pH = 13 uočena je pojava svijetlo roza boje, dok je pri pH = 14 prisutno intenzivno žuto-narančasto obojenje.

Sumarno, pripremljeni indikator od svježe brusnice u vrućoj vodi daje promjene boje slične prethodnim indikatorima. Pri pH = 1-12 je vidljivo ružičasto obojenje. U početku ispitivanja pri pH = 13 je bilo tamno sivo obojenje, koje je s vremenom posvijetlilo i poprimilo svijetlo roza boju. Kod pH = 14 je u početku ispitivanja uočena zelena boja koja je nakon nekoliko minuta prešla u žutu boju. Kasnije je uočena pojava žuto-narančastog obojenja koja se zadržala do samoga kraja ispitivanja. Na temelju dobivenih rezultata, može

se zaključiti da indikator pripremljen od brusnice i vruće vode pokazuje razliku između jako kiselog i bazičnog medija.

Kod svih pripremljenih indikatora uočene su iste boje u kiselom i u bazičnom mediju, odnosno ružičaste boje u kiselom području, dok je u bazičnom pri pH = 13 uočena siva boja. Kod otapala kao što su metanol, etanol i aceton je pri pH = 14 je bila vidljiva žuta boja, a kod hladne i vruće vode je došlo do žuto-narančastog obojenja. Moglo bi se reći da se kao najbolji alternativni, tj. prirodni indikator pokazale svježe bobice brusnice u kombinaciji s metanolom i etanolom.

U Tablicama 2. i 3. su spomenuti neki od spojeva prisutni u plodu brusnice koji su zaslužni za njenu crvenu boju. Radi se o antocijaninima, pigmentima koji daju crvenu, plavu i ljubičastu boju voću, povrću i cvijeću. Njihova struktura i boja ovise o različitim čimbenicima poput pH vrijednosti [39]. Wulandari i sur. (2020) su proučavali promjenu boje ekstrakta ljubičastog batata (*Ipomea batatas* L.), odnosno antocijanina u ekstraktu, pri različitim pH vrijednostima. Pri pH = 2-4 je uočena crvena boja, pri pH = 5-6 ljubičasta, koja je polako prelazila u plavu pri pH = 7-9, kod pH = 10-11 je uočena zelena boja koja je prešla u žutu pri pH = 12-13. Pretpostavili su da su za dobivene rezultate odgovorni cijanidin (plava boja) i peonidin (crvena boja) [40].

Promjena boje antocijana u ovisnosti o pH rezultat je strukturnih promjena koje uključuju flavilijev kation (pH = 1-2, crvena boja), zatim hemiketal ili karbinol pseudo-bazu (pH < 6, plava), kinoidna baza (pH = 6,5-9, plava) i čalkon (pH >9, žuta) [41, 42]. Malien--Aubert i sur. (2001) objasnili su da je stabilnost antocijanina ljubičastog batata u kiselom i neutralnom mediju rezultat aciliranja cijanidina i peonidina [43]. Lu i sur. (2010) [44] objašnjavaju da je degradacija boje antocijanina pri višim pH (bazični medij) rezultat oksidacije fenolnih hidroksilnih skupina [44].

Istraživanje Wulandari i sur. bi se moglo povezati s ovim radom. U Tablici 2. se može vidjeti da su u brusnici prisutni antocijanini, točnije cijanidin i peonidin glikozidi, koji bi mogli biti zaslužni za uočena obojenja u ovom radu. Obzirom da su peonidin glikozidi prisutni u većoj koncentraciji i odgovorni za crvenu boju, vjerojatno je u slučaju bobica brusnice njihov utjecaj već od utjecaja cijanidina. Ipak, važno je naglasiti kako se u ovom radu nije koristio ekstrakt antocijanina već cijeli biljni materijal te je korišten jednostavan protokol sa što manje kemikalija što je utjecalo na dobivene rezultate.

5. ZAKLJUČAK

Cilj rada bio je ispitati trajnost indikatora pripremljenog od svježeg ploda brusnice i različitih otapala. Za otapala su korišteni metanol, etanol, aceton i voda. Aktivnost indikatora je ispitivana jednom tjedno tijekom 6 mjeseci kako bi se s vremenom mogla procijeniti trajnost indikatora.

Dobiveni rezultati ukazuju na mogućnost primjene svježih plodova brusnice za pripremu kiselobaznih indikatora. Naime, tijekom ispitivanja uočene su različite boje u kiselom i bazičnom području te male promjene u tim bojama. U kiselom području su uglavnom prevladavale ružičaste (roza) nijanse, od svjetlijih nijansi koje su s vremenom bile sve jačeg intenziteta. U bazičnom području, $\text{pH} = 13$ uočeno je sivo obojenje, dok je pri $\text{pH} = 14$ bila žuta boja. Kod nekih otapala (metanola i etanola) je bilo vidljivo kako se boja postepeno pojačavala pri određenom pH , dok je kod nekih, kako je vrijeme prolazilo, boja lagano bljedila (aceton, hladna i vruća voda). Prema dobivenim rezultatima, kao najbolja otapala su se pokazala metanol i etanol jer su davali izraženije promjene u kiselom i u bazičnom mediju. Aceton i voda nisu se pokazala kao bolja otapala.

Indikatori su se pokazali dugotrajnima i imaju druge prednosti (jednostavna priprema, nisu opasni, cjenovno povoljni). Sama trajnost indikatora nije utvrđena, budući da su nakon 6 mjeseci još uvijek bili funkcionalni. Obzirom na navedene prednosti, indikatori od brusnice bi mogli naći primjenu u učionici kemije. Osim što bi se pomoću ploda brusnice pripremili indikatori, samo gradivo (kislone, baze, indikatori) bi se povezalo sa životom što bi pospješilo razumijevanje i olakšalo pamćenje i učenje.

6. LITERATURNI VRELA

- [1] D. A. Skoog, D. M. West, F. J. Holler, S. R. Crouch, *Osnove analitičke kemije*, Školska knjiga, Zagreb, 1999.
- [2] <https://www.thoughtco.com/definition-of-acid-base-indicator-604738> (20. 9. 2023.)
- [3] <https://hrcak.srce.hr/file/213884> (20. 9. 2023.)
- [4] M. Grgić, *Primjena suhe aronije, Aronia melanocarpa (Michx.) Elliott, kao kiselo-baznog indikatora*, Sveučilište J. J. Strossmayera u Osijeku, Odjel za kemiju, Osijek, 2022.
- [5] https://www.profil-klett.hr/system/files/repozitorij/pdf/biljke_kao_kiselo_bazni_indikatori.pdf (20. 9. 2023.)
- [6] <https://zenodo.org/record/1048226#.YriM2XZBzIU> (20. 9. 2023.)
- [7] A. Pejić, *Primjena svježe aronije, Aronia melanocarpa (Michx.) Elliott, kao kiselo-baznog indikatora*, Sveučilište J. J. Strossmayera u Osijeku, Odjel za kemiju, Osijek, 2022.
- [8] M. Viskiće, *Priroda* **977** (2009), 34-3.
- [9] <https://www.compoundchem.com/2017/05/18/red-cabbage/> (22. 9. 2023.)
- [10] V. Besten, *Antocijani: stabilnost i važnost u prehrambenim proizvodima*, Sveučilište J. J. Strossmayera u Osijeku, Prehrambeno-tehnološki fakultet, Osijek, 2011.
- [11] <https://www.intechopen.com/chapters/53528> (27. 9. 2023.)
- [12] Y. Liu, Y. Tikunov, R. E. Schouten, L. F. Marcelis, R. G. F. Visser, A. Bovy, *Front. Chem.* **6** (2018), 52.
- [13] <https://www.americanscientist.org/article/curious-chemistry-guides-hydrangea-colors> (28. 9. 2023.)
- [14] <https://www.vrtlarica.hr/hortenzija-sadnja-uzgoj/> (28. 9. 2023.)
- [15] <https://en-gb.bakker.com/products/bigleaf-hydrangea-hydrangea-macrophylla-pink-hardy-plant> (28. 9. 2023.)
- [16] <https://www.muddytrowel.com/shop/hydrangea-blue/#add-a-pot> (28. 9. 2023.)
- [17] <https://www.plantea.com.hr/brusnica/> (29. 9. 2023.)
- [18] P. Padmanabhan, J. Correa-Betanzo, G. Paliyath, *Berries and Related Fruits, The Encyclopaedia of Food and Health*, (ur: B. Caballero, P. Finglas, F. Toldrá), Academic Press, Oxford, 2016.
- [19] <https://www.dietpharm.com/blog/brusnica/> (29. 9. 2023.)
- [20] A. Huxley, *The New Royal Horticultural Society Dictionary of Gardening*, MacMillan Press, London, 1992.

- [21] I. Radman, *Određivanje sadržaja arbutina i trjeslovina u listu brusnice, Vaccinium vitis idaea L.*, Sveučilište u Zagrebu, Farmaceutsko-biokemijski fakultet, Zagreb, 2020.
- [22] <https://www.agroklub.com/sortna-lista/voce/brusnica-4/> (30. 9. 2023.)
- [23] <https://vitamini.hr/blog/vitaminoteka/brusnica-sinonim-za-zdravlje-mokracnog-sustava-2077/> (30. 9. 2023.)
- [24] <https://hrcak.srce.hr/file/299607> (30. 9. 2023.)
- [25] B. V. Nemzer, F. Al-Taher, A. Yashin, I. Revelsky, Y. Yashin, *Molecules*, **27** (2022), 1503.
- [26] <http://phenol-explorer.eu/contents/food/74> (1. 10. 2023.)
- [27] W. Zheng, S. Y. Wang, *J. Agric. Food Chem.*, **51** (2003), 502-509.
- [28] Y. Zuo, C. Wang, J. Zhan, *J. Agric. Food Chem.*, **50** (2002), 3789-3794.
- [29] A. Bilyk, G. M. Sapers, *J. Agric. Food Chem.*, **34** (1986), 585-588.
- [30] <http://scindeks-clanci.ceon.rs/data/pdf/1450-7188/2006/1450-71880637171T.pdf> (1. 10. 2023.)
- [31] M. Mirosavljević, *Pregled bioloških aktivnosti kvercetina*, Sveučilište J. J. Strossmayera u Osijeku, Odjel za kemiju, Osijek, 2021.
- [32] I. C. W. Arts, B. van de Putte, P. C. H. Hollman, *J. Agric. Food Chem.*, **48** (2000), 1746-1751.
- [33] S. Ehala, M. Vaher, M. Kaljurand, *J. Agric. Food Chem.*, **53** (2005), 6484-6490.
- [34] S. H. Hakkinen, S. O. Karenlampi, I. M. Heinonen, H. M. Mykkanen, A. R. Torronen, *J. Agric. Food Chem.*, **47** (1999), 2274-2279.
- [35] T. G. Taruscio, D. L. Barney, J. Exon, *J. Agric. Food Chem.*, **52** (2004), 3169-3176.
- [36] E. Pappas, K. M. Schaich, *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, **49** (2009), 741-781.
- [37] I. Bernatova, *Biological activities of (-)-epicatechin and (-)-epicatechin-containing foods: Focus on cardiovascular and neuropsychological health*, Institute of Normal and Pathological Physiology, Center of Experimental Medicine, Slovak Academy of Sciences, Slovak Republic, 2018., 666-681.
- [38] K. Bilić, *Istraživanje biljnog materijala kao potencijalnog kiselobaznog indikatora*, Sveučilište J. J. Strossmayera u Osijeku, Odjel za kemiju, Osijek, 2020.
- [39] C. I. Sampaio, L. F. Sousa, A. M. Dias, *J. Chem. Educ.*, **97** (2012), 4533-4539.
- [40] A. Wulandari, T. C. Sunarti, F. Fahma, T. Enomae, *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* **460** (2020), 012034.
- [41] F. L. Reyes, L. Cisneros-Zevallos, *Food Chem.* **100** (2007), 885-894.

- [42] P. H. Março, R. J. Poppi, I. S. Scarminio, R. Tauler, *Food Chem.* **125** (2011), 1020-1027.
- [43] C. Malien-Aubert, O. Dangles, M. J. Amiot, *J. Agric. Food Chem.* **49** (2001), 170-176.
- [44] L. Lu, Y. Zhou, Y. Zhang, Y. Ma, L. Zhou, L. Li, Z. Zhou, T. He, *Int. J. Food Sci. Technol.* **45** (2010), 1378-1385.

7. ŽIVOTOPIS

Osobni podaci	
Ime i prezime	Monika Rubil
Datum i mjesto rođenja	27. 2. 1994. Slavonski Brod
Adresa	Janiševac III/18 Slavonski Brod
e-mail	monikarubil94@gmail.com
Obrazovanje	
2021.-2023.	Diplomski sveučilišni studij kemije; Istraživački smjer Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za kemiju, Ulica cara Hadrijana 8/A, 31000 Osijek
2013.-2019.	Preddiplomski sveučilišni studij kemije Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za kemiju, Ulica cara Hadrijana 8/A, 31000 Osijek Završni rad: Antineoplastični lijekovi Mentorica: izv.prof.dr.sc. Mirela Samardžić
2008.-2012.	Gimnazija Matija Mesić, Slavonski Brod – opća gimnazija
Radno iskustvo	
2019.	Studentski posao, Đuro Đaković Montaža, Slavonski Brod
2017.	Studentski posao prodavača, Bipa

Aktivnosti i sudjelovanja	
8. 3. 2022.	Dan znanosti u OŠ Ljudevit Gaj, Sarvaš – sudjelovanje i radionica
31. 5. 2022.	Dani otvorenih vrata Odjela za kemiju – sudjelovanje i radionica „ <i>Mirisni i zdravi</i> “
3. 6. 2022.	2. međunarodna studentska Green konferencija – usmeno izlaganje: „ <i>Fruit juice as a „green“ biocatalyst in organic synthesis</i> “
1. 4. 2023.	Studentski kongres o održivoj kemiji i inženjerstvu – postersko izlaganje
28.-29. 9. 2023.	12. simpozij Kopački rit- Jučer, danas, sutra 2023. – postersko izlaganje
Osobne vještine	
Materinski jezik	Hrvatski jezik
Strani jezici	Engleski jezik – aktivno u govoru i pismu Njemački jezik – pasivno u govoru i pismu
Računalne vještine	MS Office sustav, služenje internetom i mailom
Vozačka dozvola	B kategorija