

Primjena suhe aronije, *Aronia melanocarpa* (Michx.) Elliott, kao kiselo baznog indikatora

Grgić, Marta

Master's thesis / Diplomski rad

2022

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:182:086773>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-12-19**

Repository / Repozitorij:

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



Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Odjel za kemiju

Diplomski sveučilišni studij kemije

Marta Grgić

**Primjena suhe aronije, *Aronia melanocarpa* (Michx.) Elliott, kao
kiselobaznog indikatora**

Diplomski rad

Osijek, 2022.

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Odjel za kemiju

Diplomski sveučilišni studij kemije

Marta Grgić

**Primjena suhe aronije, *Aronia melanocarpa* (Michx.) Elliott, kao
kiselobaznog indikatora**

Diplomski rad

Mentor: doc. dr. sc. Ana Amić

Osijek, 2022.

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku**Odjel za kemiju****Diplomski studij kemije****Znanstveno područje: Prirodne znanosti****Znanstveno polje: Kemija****PRIMJENA SUHE ARONIJE, ARONIA MELANOCARPA (MICHX.) ELLIOTT,
KAO KISELO-BAZNOG INDIKATORA****Marta Grgić****Rad je izrađen na:** Odjelu za kemiju, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku**Mentor:** doc. dr. sc. Ana Amić**Sažetak**

U učionici kemije, prirodni indikatori odlična su zamjena konvencionalnim indikatorima. Osim što su cjenovno dostupniji, mogu biti vizualno dojmljivi i omogućavaju povezivanje gradiva sa svakodnevnim životom, čime olakšavaju proces učenja. Cilj ovog rada bio je ispitati potencijal primjene suhog ploda aronije, *Aronia melanocarpa* (Michx.) Elliott, kao prirodnog kiselobaznog indikatora. U tu svrhu je pripremljen niz indikatora od suhe aronije i odabranih otapala (voda, metanol, etanol, aceton). Funkcionalnost indikatora ispitivana je u periodu od četiri mjeseca, nakon čega je ispitana mogućnost recikliranja ovih indikatora. Indikatori su bili funkcionalni sve vrijeme ispitivanja, a biljni materijal korišten u pripremi indikatora pokazao je mogućnost recikliranja. Stoga se može reći da su ovakvi indikatori „zeleni“ indikatori, budući da pri njihovoj pripremi nema otpadnog materijala i budući da se mogu učinkovito reciklirati. Među ispitanim otapalima, kao vizualno najdojmljiviji pokazao se metanol, budući da je indikator pripremljen s metanolom dao lijepe i intenzivne boje.

Diplomski rad obuhvaća: 83 stranice, 177 slika, 2 tablice, 40 literaturnih navoda i 1 prilog**Jezik izvornika:** hrvatski**Ključne riječi:** aronija / otapala / pH / prirodni indikatori**Rad prihvaćen:** 12.9.2022.**Stručno povjerenstvo za ocjenu:**

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

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 DRY ARONIA FRUIT, ARONIA MELANOCARPA
(MICHX.) ELLIOTT, AS ACID-BASE INDICATOR****Marta Grgić****Thesis completed at:** Department of Chemistry, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek**Supervisor:** Assist. Prof. Ana Amić, PhD**Abstract**

In the chemistry classroom, natural indicators are an excellent substitute for conventional indicators. Aside from price availability, they can be visually impressive and allow efficient correlation of lectures with everyday life and easier learning process. The aim of this thesis was to evaluate the potential of dry aronia fruit, *Aronia melanocarpa* (Michx.) Elliott, as natural acid-base indicator. For this purpose, a series of indicators containing dry aronia and selected solvents (water, methanol, ethanol, acetone) was prepared. Indicator activity was studied for four months, after which recyclability of indicators was evaluated. Indicators were functional during study period, and used plant material showed potential for recycling. Hence, we can say that in this way prepared indicators are “green” indicators, because there was no waste from their preparation and they can be successfully recycled. Among studied solvents, visually most impressive was methanol, since indicator prepared with methanol showed beautiful and intense colours.

Thesis includes: 83 pages, 177 figures, 2 tables, 40 references, 1 appendix**Original in:** Croatian**Keywords:** aronia / solvents / pH / natural indicators**Thesis accepted:** 12.9.2022.**Reviewers:**

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

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

Zahvala

Od srca hvala mentorici doc.dr.sc. Ani Amić koja je svojim znanjem, stručnom i nesebičnom pomoći uvelike doprinijela izradi ovog diplomskog rada. Bila mi je čast i zadovoljstvo provoditi vrijeme rada s Vama, hvala Vam!

Najveće hvala upućujem svojim roditeljima koji su kroz sve ove godine studiranja bili moj oslonac, utočište u dobrim i lošim trenucima. Oni koji su prolazili sa mnom sve uspone i padove, uvijek pružali podršku i nikada nisu odustali, čak ni onda kada sam ja odustajala od svega. Tu su i moja braća, Šimun i Valentin koji su također pružali podršku i bodrili me. Hvala vam na svemu!

Uz roditelje, na drugoj godini, pridružila se još jedna velika podrška, koja je sve do danas uz mene, samo uz promjenu titule, tada dečko, a danas muž. Hvala ti što si mi uvijek bio podrška i mirna luka u vrijeme učenja i ispitnih rokova!

Hvala svim prijateljima koji su proživljavali i ispunjavali moje studentske dane i godine u bilo kojem obliku!

„Sve mogu u Onome koji me jača.“ (Fil 4,13) Hvala Ti!

Sadržaj

1. UVOD	1
2. LITERATURNI PREGLED	2
2.1. Konvencionalni i alternativni kiselo-bazni indikatori	2
2.2. Aronija, <i>Aronia melanocarpa</i> (Michx.) Elliott	5
2.3. Otapala i ekstrakcija bioaktivnih tvari	9
3. MATERIJALI I METODE	12
3.1. Biljni materijal, kemikalije i pribor	12
3.2. Priprema otopina	12
3.4. Priprema indikatora i plan rada	13
4. REZULTATI I RASPRAVA	14
4.1. Indikator pripremljen s etanolom	14
4.2. Indikator pripremljen s metanolom	24
4.3. Indikator pripremljen s acetonom	32
4.4. Indikator pripremljen s vodom	40
4.4.1. Indikator pripremljen s hladnom vodom	40
4.4.2. Indikator pripremljen s vrelom vodom	48
4.5. Reciklirani indikator	56
4.5.1. Reciklirani indikator pripremljen s etanolom	56
4.5.2. Reciklirani indikator pripremljen s metanolom	58
4.5.3. Reciklirani indikator pripremljen s acetonom	60
4.5.4. Reciklirani indikator pripremljen s vodom	62
4.5.5.1. Reciklirani indikator pripremljen s hladnom vodom	62
4.5.5.2. Reciklirani indikator pripremljen s vrelom vodom	64
5. METODIČKI DIO	67
5.1. Priprema za nastavni sat	67
5.2. Primjer radnog listića	72
5.3. Rješenja radnog listića	76
6. ZAKLJUČAK	78
7. LITERATURNA VRELA	79
8. PRILOG	82
8.1. Životopis	82

1. UVOD

Primjena kiselo-baznih indikatora je vrlo široka, kako u laboratorijskim istraživanjima tako i u nastavi kemije. Iako se u nastavi kemije u pokusima koriste konvencionalni kiselo-bazni indikatori, razna istraživanja su pokazala kako se brojni biljni materijali mogu uspješno upotrijebiti kao alternativni kiselo-bazni indikatori. Stoga je ovaj rad fokusiran na pripremu takvih indikatora i ispitivanje mogućnosti njihove primjene. Cilj rada bio je utvrditi trajnost indikatora pripremljenih od aronije i odabranih otapala, odnosno utvrditi koliko dugo se ovakav indikator može koristiti i mijenja li se indikator s vremenom. Dakle, cilj rada bio je istražiti kako vrijeme utječe na kvalitetu i mogućnost korištenja indikatora na bazi aronije. Ono što je još bilo predmet ispitivanja je mogućnost recikliranja već korištenog biljnog materijala u pripremi „recikliranih“ alternativnih kiselo-baznih indikatora.

U prvom dijelu rada opisani su kiselo-bazni indikatori te prikazani alternativni kiselo-bazni indikatori, njihova svojstva i pH područja u kojima mijenjaju boju. Također je opisana biljka korištena u ovom radu – aronija, *Aronia melanocarpa* (Michx.) Elliott, njezino područje rasta te je dan pregled nekih od glavnih karakteristika ove biljke.

U idućem dijelu rada dan je detaljan prikaz materijala i metoda korištenih u ovom radu. Prikazan je način rada, priprema indikatora i recikliranih indikatora (sušena aronija u različitim otapalima kao što su etanol, metanol, aceton, hladna i vruća voda) te priprema otopina odgovarajuće pH vrijednosti. Dobiveni rezultati prikazani su na slikama 7.-177. Dobiveni rezultati su raspravljani i analizirani.

Pregledom znanstvene literature radovi o trajnosti ovakvih indikatora nisu pronađeni, pretpostavljena trajnost indikatora je barem mjesec dana. Prema dobivenim rezultatima, trajnost indikatora je preko četiri mjeseca. Osim toga, korišteni biljni materijal pokazao je i mogućnost recikliranja, čime se pokazalo kako je trajnost ovakvih indikatora daleko duža od pretpostavljene. Ovakvi rezultati idu u prilog primjeni alternativnih indikatora u nastavi kemije, budući da imaju jednostavnu pripremu, nisku cijenu, dug rok trajanja te se mogu reciklirati.

2. LITERATURNI PREGLED

2.1. Konvencionalni i alternativni kiselo-bazni indikatori

Kiselo-bazni indikatori su kemijski spojevi koji se primjenjuju za određivanje pH vrijednosti uzorka, budući da mijenjaju boju ovisno o tome nalaze li se u kiselom, bazičnom ili neutralnom mediju. Konvencionalni indikatori ovog tipa su po kemijskom sastavu slabe kiseline, a mogu biti i slabe baze, čija je promjena boje posljedica promjene koncentracije određenih iona u otopini. Naime, pH skala podijeljena je u rasponu od 0-14, a pH vrijednost manja od 7 ukazuje na kiselu otopinu, odnosno $[H_3O^+] > [OH^-]$. Kada je pH jednak 7, tada se radi o neutralnoj otopini, a koncentracije iona su izjednačene $[H_3O^+] = [OH^-]$. U slučaju kada je pH vrijednost veća od 7, ukazuje na bazičnu otopinu te je $[H_3O^+] < [OH^-]$. Neki od najčešće korištenih kiselo-baznih indikatora u učionici kemije su fenolftalein, metiloranž i lakmus papir, ali ovih indikatora ima mnogo više [1]. Promjena boje nekih konvencionalnih kiselo-baznih indikatora u ovisnosti o pH medija u kojem se nalaze prikazana je u tablici 1.

Tablica 1. Prikaz promjene boja različitih konvencionalnih kiselo-baznih indikatora u ovisnosti o pH [2].

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

Alternativni ili prirodni kiselo-bazni indikatori su kiselo-bazni indikatori koji za razliku od konvencionalnih indikatora imaju prirodno podrijetlo. Brojne tvari u prirodi mijenjaju boju u ovisnosti o kiselosti i/ili bazičnosti medija u kojem se nalaze. Prednost alternativnih kiselo-baznih indikatora pred konvencionalnima je bolja dostupnost i cjenovna prihvatljivost,

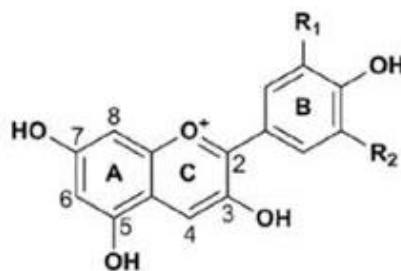
odnosno jeftiniji su od konvencionalnih pH indikatora. Također, nisu štetni za zdravlje i okoliš što čini veliku prednost za uporabu takvih indikatora u nastavi kemije [3].

Najpoznatiji predstavnik prirodnih indikatora je crveni kupus (*Brassica oleracea var. capitata f. rubra*) koji je izuzetno bogat antocijaninima. Zbog izraženih promjene boje u različitim pH područjima, često se koristi u nastavi kemije. Crvene ili ružičaste boje indikatora od crvenog kupusa pojavljuju se u kiselom mediju, plavo-zelene boje u bazičnim sredinama, dok su ljubičasto-plave boje indikatora uočljive u neutralnom okruženju (slika 1.) [4].



Slika 1. Boja indikatora od crvenog kupusa u različitim pH područjima [5].

Antocijanini su biljni pigmenti topljivi u vodi, odgovorni za crvenu, plavu i ljubičastu boju voća i povrća. Pripadaju klasi flavonoida, a u biljkama mogu biti prisutni u dva oblika – u obliku koji sadrži šećer (glikozidna forma) i u obliku koji ne sadrži šećer (aglikonski oblik). Najčešće sadrže jednu glikozidnu jedinicu, ali neki antocijanini mogu sadržavati dva, tri ili više šećera koji su vezani na više položaja ili se javljaju kao bočni lanci oligosaharida (slika 2.). U biljkama se antocijanini najčešće nalaze u kožici, odnosno vanjskoj ovojnici ploda, dok se u određenim vrstama voća nalaze i u mesu ploda [6]. Temperatura, pH, svjetlost i kemijska struktura neki su od čimbenika koji utječu na njihovu stabilnost i boju [7].

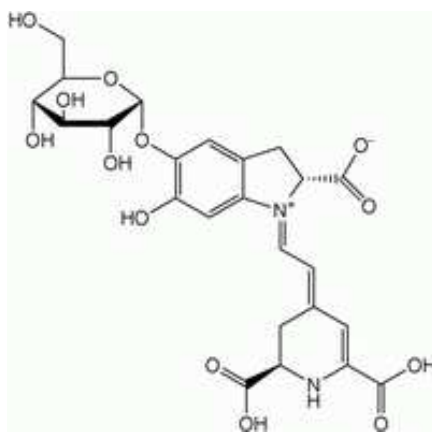


Slika 2. Strukturna formula antocijanina [8].

Alternativni indikatori nedavno su postali sve češći predmet znanstvenih istraživanja koja se bave tzv. pametnim pakiranjima. Radi se o pakiranjima za hranu koja promjenom boje ukazuju na svježinu i kakvoću hrane te kao takva predstavljaju svojevrsan prirodni indikator. Ovakvih istraživanja sve je više, a među najčešće istraživanim spojevima koji bi mogli poslužiti kao indikator u pametnim pakiranjima su antocijanini. Antocijanini su i sami prisutni u nekim prehrambenim namirnicama, što znači da nisu otrovni, ali imaju i niz pozitivnih učinaka na zdravlje (antioksidacijski, protuupalni i dr.). Stoga se svojstvo antocijanina da mijenjaju boju u ovisnosti o pH pokazalo korisnim u kreiranju pametnih pakiranja [9, 10].

Boja cikle (*Beta vulgaris* L.), još jednog popularnog prirodnog kiselo-baznog indikatora, potječe od betalaina (slika 3.). Boja indikatora od cikle i njezinih listova je ljubičasta, no kada je pH vrijednost veća od 10,9 boja prelazi u intenzivno žutu [4].

Betalaini su jedinstveni pigmenti koji sadrže dušik, a nalaze se isključivo u porodicama reda klinčićolikih (Caryophyllales) i nekih gljiva višeg reda, gdje zamjenjuju antocijanske pigmente. Betalaini, koji se dijele na betacijanine i betaksantine, općenito se koriste kao prehrambeni aditivi. Za narančasto-žutu boju odgovorni su betaksantini, a betacijanini su odgovorni za crveno-ljubičastu obojenost [11].



Slika 3. Strukturna formula betalaina [12].

Uočeni su brojni povoljni učinci konzumacije betalaina, čiji su jestivi izvori prvenstveno cikla i bodljikava kruška (plod kaktusa roda *Opuntia*). Čini se da liječenje betalainima i dijetom bogatom betalainom nije samo netoksično, već bi se moglo pokazati i obećavajućom alternativom dopunskim terapijama kod bolesti povezanih s oksidativnim stresom, upalom i dislipidemijom kao što su stenoza arterija, ateroskleroza, hipertenzija te karcinom. Ipak,

potrebna su daljnja istraživanja koja koriste čiste betalaine kako bi se bolje i preciznije razumjele njihove biološke funkcije [11].

Hortenzija (*Hydrangea macrophylla* L.) je česta vrtna biljka i jedan od najljepših primjera prirodnih kiselo-baznih indikatora. Zbog delfindin-3-glikozida, hortenzija pokazuje svoju karakterističnu obojenost, a boja cvjetova ovisi o kiselosti tla i prisutnim ionima u tlu. Ako je pH tla manji od 6, cvjetovi su svjetlo plave boje, a ako je pH veći od 6,8 cvjetovi su ružičaste boje (slika 4.) [4].



Slika 4. Cvjetovi hortenzije uzgojene na tlu s pH ispod 6 (lijevo) [13] i na bazičnom tlu (desno) [14].

2.2. Aronija, *Aronia melanocarpa* (Michx.) Elliott

Aronija, *Aronia melanocarpa* (Michx.) Elliot, je vrsta listopadnog grma iz porodice ruža, a naziva se još i crna aronija. Uz crvenu aroniju (*Aronia arbutifolia* (L.) Pers.), jedna je od dvije vrste roda *Aronia* koje potječu sa sjevernoameričkog kontinenta. Potawatomi, sjevernoameričko pleme, koristili su plod aronije u tradicionalnoj medicini za pripremu čaja koji se koristio kao lijek za prehladu. Osim toga, aroniju su koristili i u pripremi hrane, pomiješanu s lojem, sušenim mesom i voćem. U prvoj polovici 20.-tog stoljeća, kultivari aronije uvezeni su u zemlje tadašnjeg Sovjetskog saveza i druge europske zemlje, gdje su brzo postali popularni u prehrambenoj industriji (sokovi, džemovi, vino) ali i kao prirodni lijek za visoki tlak i aterosklerozu [15, 16]. Stoga ne čudi da je aronija danas široko rasprostranjena u Europi te se može naći u brojnim europskim državama. U Hrvatskoj raste na kontinentalnom području i cvate krajem mjeseca travnja [17]. Sistematska klasifikacija aronije prikazana je u tablici 2.

Tablica 2. Sistematska klasifikacija aronije [18, 19].

Carstvo	Plantae
Koljeno	Tracheophyta
Grana	Eudicotyledonae
Razred	Magnoliopsida
Red	Rosales
Porodica	Rosaceae
Potporodica	Maloideae
Rod	Aronia (Medik)
Vrsta	<i>Aronia melanocarpa</i> (Michx.) Elliott

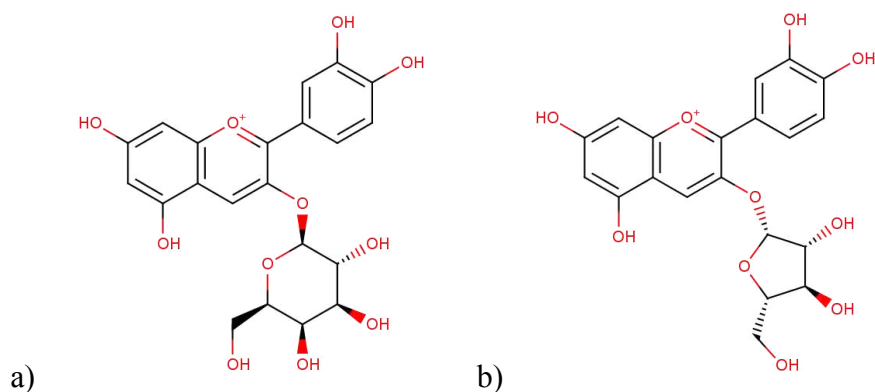
Vegetativni pupovi nalaze se priljubljeni uz grane, dok su cvjetni pupovi odmaknuti od grana, nepravilni i zaobljeni. U cvatu se nalaze bijeli cvjetovi u kiticama, a boja cvjetova je od bijele do svjetlo ružičaste (slika 5.) [20]. Cvijet se sastoji od pet latica i pet lapova, a cvjetovi su smješteni u grozdove. Svaki grozd se sastoji od 10 do 30 cvjetova. Oprašivanje cvjetova vrše kukci, uglavnom pčele, a moguće je i oprašivanje vjetrom. Plodovi su bobice okruglog oblika, crveno-ljubičaste boje u vrijeme dozrijevanja, a kada dozriju postaju ljubičasto-crni. Meso ploda je kiselkasto trpkog okusa i crvene boje [18]. Listovi su ovalni, glatki ali nazubljenog ruba, u vegetaciji su tamno zelene boje dok u jesen poprimaju dekorativnu žarko crvenu boju [17].



Slika 5. Cvat aronije (lijevo) [17] i plod aronije (desno) [21].

Plodovi aronije vrijedan su materijal za proizvodnju sokova zbog visokog sadržaja biološki aktivnih komponenti. Tako na primjer plodove crne aronije karakterizira visok sadržaj vitamina C i polifenolnih spojeva [18]. Pregledom podataka dostupnih u Phenol-Explorer bazi [22], bioaktivni spojevi koji su detektirani u plodu svježe aronije su antocijanini, flavonoli i fenolne kiseline. Najveće koncentracije su utvrđene za cijanin-3-*O*-galaktozid (srednja vrijednost = 557,67 mg/100 g, slika 6. a)), cijanin-3-*O*-arabinozid (srednja vrijednost = 252,76 mg/100 g, slika 6. b)) i kavenu kiselinu (srednja vrijednost = 141,14 mg/100 g) [22, 23].

Cijanidini su odgovorni za crvenu, narančastu i plavu boju cvijeća i voća. Daju boju grožđu, kupini, višnji, brusnici, malini, ali i drugim plodovima kao što su jabuke, breskve, šljive, već spomenuti crveni kupus te crveni luk [24]. Bojama uočenima u ovom radu vjerojatno su najviše pridonijeli ovi spojevi. Kavena kiselina, jedna od izuzetno bioaktivnih hidroksicimetnih kiselina, pridonosi pozitivnom učinku prehrane bogate aronijom na zdravlje jer pokazuje širok spektar pozitivnih učinaka na zdravlje, kao što je antioksidacijski učinak (ovaj učinak su pokazali i spomenuti cijanidini). Iako je kavena kiselina prisutna u plodovima aronije u visokoj koncentraciji, smatra se kako ona ne pridonosi značajno boji plodova aronije [25].



Slika 6. Strukturna formula a) cijanin-3-*O*-galaktozida [26] i cijanin-3-*O*-arabinozida [27].

Polifenoli su vjerojatno najvažniji sastojci plodova crne aronije i odgovorni su za većinu korisnih zdravstvenih učinaka aronije. Ovi spojevi pokazuju snažna antioksidativna svojstva i mogu smanjiti rizik od pojave određenih bolesti koje su najčešće posljedica stila života i usporiti proces starenja. Plodovi crne aronije sadrže oko 0,3 % tanina, katehina i njihovih

dimera, kvercetina i sl. Upravo su tanini zaslužni za trpak okus plodova crne aronije zbog kojeg se svježja aronija rijetko konzumira, a potrošači najčešće preferiraju njezine prerađene oblike – džemove ili sokove. Tanini također imaju stabilizirajući učinak na antocijanske pigmente odgovorne za tamnoljubičastu boju plodova. Ovi pigmenti daju specifičnu boju soku plodova aronije, s različitim nijansama, ovisno o njegovoj kiselosti [28].

Aronija je predmet novijih istraživanja koja se bave prethodno spomenutim pametnim pakiranjima. Takvo ispitivanje proveli su Halasz i Scoka (2018). U radu su koristili ekstrakte komine crne aronije, *Aronia melanocarpa* (različitih koncentracija), koje su pomiješali s kitozanom kako bi pripremili kolorimetrijske pH indikatorske filmove. Filmovi koje su pripremili sadržavali su dovoljno visoke koncentracije aktivnih komponenti i bili su stabilni i pri niskim pH. Boja u filmu povoljno je reagirala s promjenom pH i uočena je velika razlika u boji u pH području 1-10 [29].

Istraživanje o primjeni aronije (*Aronia melanocarpa*) u pametnim pakiranjima proveli su i Ozcan i Kandirmaz (2022). Oni su ekstrahirali pigmente iz ploda crne aronije pomoću etanola te su ih koristili u izradi jestivih filmova osjetljivih na promjenu pH. Filmove su napravili pomoću škroba kojem su dodavali različite količine ekstrakta aronije. Između ostalog, ispitali su i antibakterijska svojstva ovako napravljenih filmova (ispitali su ponašanje u kontaktu s odabranim gram-pozitivnim i gram-negativnim sojevima bakterija). Filmovi koje su pripremili pokazali su se stabilnima pri svim pH vrijednostima, uključujući i jako kiseli i jako bazičan medij. U kiselom pH području, filmovi su pokazali roza-crvenu boju, a u bazičnim medijima tamno plavu. Time su pokazali kako se ovakvi filmovi mogu koristiti u izradi pametnih pakiranja, dok je dio ispitivanja koji se bavio antibakterijskim svojstvima filmova ukazao na njihovo inhibitorno djelovanje protiv gram-pozitivnih bakterija. Ovakvo djelovanje potpomaže ulogu filmova kao pametnog pakiranja jer štiti hranu od razgradnje tj. raspadanja posredovanog bakterijama [30].

2.3. Otapala i ekstrakcija bioaktivnih tvari

Otapala su heterogena skupina strukturno raznolikih kemikalija koje se mogu koristiti za razrjeđivanje, otapanje ili raspršivanje drugih komponenti. Sposobnost otapala da otapa drugu molekulu ovisi o molekularnoj strukturi i fizičkim svojstvima otapala i otopljene tvari. Otapala se mogu kategorizirati kao organska i anorganska te na temelju kemijskog polariteta [31].

Polarna otapala uključuju vodu, alkohole i druge kemikalije koje sadrže –OH skupinu, poput octene kiseline, a koje imaju sposobnost doniranja vodikovih iona i stvaranja vodikovih veza. Polarna otapala koja nemaju –OH skupinu, uključujući acetonitril, dimetilformamid i dimetilsulfoksid, su protofilna otapala i koriste se za otapanje manje polarnih tvari. Napolarna otapala se ne miješaju s vodom i stoga se koriste za otapanje hidrofobnih tvari, kao što su ulja i masti. Ova kategorija otapala uključuje benzen, ugljikov tetraklorid, dietil-eter, heksan i toluen [31].

Upotreba anorganskih otapala je rjeđa i općenito se koriste u kontroliranim laboratorijskim okruženjima. Takva otapala, uključujući tekući amonijak, fosforil klorid i sumpornu kiselinu, mogu biti poželjna u kemijskim reakcijama u kojima bi reaktanti imali potencijal interakcije s polarnim otapalom. Toksičnost otapala može uvelike varirati. Voda, koja se smatra univerzalnim i neutralnim otapalom, pokazuje vrlo nisku toksičnost, dok je za razliku od toga, benzen, koji se nekoć naširoko koristio u industrijskim i kućanskim proizvodima, zamijenjen zbog svoje poznate toksičnosti i štetnosti za ljudsko zdravlje [31].

Jedno od najčešće korištenih otapala je voda, koju se zbog sposobnosti otapanja širokog raspona tvari naziva „univerzalnim otapalom“. Međutim, ovaj naziv nije sasvim točan jer se neke tvari (kao što su ulja) u vodi ne otapaju dobro ili se uopće ne otapaju. Općenito, voda je dobro otapalo za polarne spojeve, a loše za nepolarne spojeve. Naime, molekula vode je polarna, s djelomičnim pozitivnim nabojem vodika, djelomičnim negativnim nabojem kisika i savijenom cjelokupnom strukturom. Nejednaka raspodjela naboja u molekuli vode odražava veću elektronegativnost kisika u odnosu na vodik, a to doprinosi djelovanju vode kao otapala [31].

Metanol ili metilni alkohol, CH_4O , je najjednostavniji alkohol. To je bezbojna, zapaljiva tekućina s vrelištem $64,5\text{ }^\circ\text{C}$, miješa se u svim omjerima s vodom, etanolom, eterom i drugim organskim otapalima. Otapa mnoge anorganske soli, nitrocelulozu i u manjoj mjeri masti, ulja i smolne kiseline. U prirodi se pojavljuje pri pougljenjivanju drva i alkoholnom vrenju. Upotreba metanola je široka, koristi se kao sirovina, kao dodatak

motornom gorivu, za pripravu antifriza i dr. Vrlo je otrovan, a posljedice kroničnoga trovanja su ciroza jetre, smetnje vida, pa čak i sljepilo, dok kod akutnog trovanja može doći do smrti zbog paralize centra za disanje [32].

Etanol, C_2H_6O , poznat kao etilni alkohol, alkohol za piće i alkohol iz žitarica, je organski kemijski spoj koji je pri sobnoj temperaturi tekućina. Ovaj primarni alkohol je hlapiva, zapaljiva, bistra, bezbojna tekućina karakterističnog mirisa. Miješa se s vodom i mnogim organskim otapalima, a ima široku lepezu namjena uključujući korištenje kao antiseptik, dezinficijens, protuotrov, depresant i otapalo [33].

Aceton, C_3H_6O , poznat kao dimetil keton, propan-2-on i beta-ketopropan, je bezbojna tekućina izrazitog mirisa, lako hlapiva, zapaljiva, otapa se u vodi. Koristi se za proizvodnju plastike, vlakana, lijekova i drugih kemikalija. Također se koristi kao otapalo. U prirodi se javlja u biljkama, drveću, vulkanskim plinovima, šumskim požarima i kao produkt razgradnje tjelesne masti (on je jedno od ketonskih tijela). Osim toga, prisutan je u ispušnim plinovima vozila, duhanskom dimu i na odlagalištima otpada [34].

Ovdje spomenuta otapala mogu se koristiti u ekstrakciji bioaktivnih spojeva, bilo sama bilo u kombinaciji s drugim otapalima te postižu različitu učinkovitost. Osim njih, u tu se svrhu mogu koristiti heksan, etil acetat, kloroform, butanol i sl. [35]. Budući da su u biološkom materijalu bioaktivni spojevi prisutni kao smjesa spojeva koji se strukturno razlikuju, ekstrakcija je zahtjevnija i njen uspjeh ovisi o metodi, korištenom otapalu i parametrima [36]. Neki od parametara koji doprinose uspjehu ekstrakcije su otapalo, temperatura, vrijeme i pH [37]. Za ekstrakciju bioaktivnih tvari najčešće se koristi ekstrakcija otapalima, kao što su Soxlet, maceracija i ekstrakcija grijanim refluksom. Iako metoda ima još, ove su jednostavnije i manje zahtjevne ali imaju i neke nedostatke. Na primjer, u njima se koriste velike količine opasnih organskih otapala, stvara se otpad koji zagađuje okoliš, zahtijevaju dugo vrijeme ekstrakcije, a sami bioaktivni spojevi podložni su raspadu pod utjecajem reakcijskih uvjeta [36].

Cilj ovog rada bio je i ispitati učinkovitost pojedinih otapala u pripremi indikatora od aronije. Kako bi takav indikator imao moguću primjenu u školi, korištena je što jednostavnija metodologija koja bi se lako mogla ponoviti i koristiti u školi. Iako bi se u ekstrakciji bioaktivnih tvari iz aronije mogla koristiti i druga metodologija koja bi mogla rezultirati boljom ekstrakcijom bioaktivnih spojeva, takva metodologija ne bi bila povoljna za primjenu u školi. Cilj rada bio je na što jednostavniji način pripremiti prirodne indikatore. Stoga je korištena što jednostavnija aparatura, što manje pribora i kemikalija te što jednostavniji reakcijski uvjeti. Cilj je bio imati što manje troškove, što jednostavniji postupak i stvoriti što

manje otpada (po mogućnosti nimalo) i sl. Iako su istraživanja pokazala da je i pH jedan od čimbenika koji utječe na ekstrakciju bioaktivnih spojeva (neki su spojevi stabilniji pri nižem pH dok pri višem pH dolazi do alkalne hidrolize) zbog čega se otapalima za ekstrakciju često dodaje kiselina [38], u ovom radu otapalima se nije dodala kiselina. Budući da je cilj rada bio ispitati suhu aroniju kao kiselobazni indikator, dodatak kiseline otapalu za pripremu indikatora mogao bi imati utjecaj na pH medija koji je korišten u ispitivanju. Osim toga, u radu je cilj bio koristiti što manje kemikalija, pogotovo kemikalija opasnih po zdravlje i štetnih za okoliš.

3. MATERIJALI I METODE

3.1. Biljni materijal, kemikalije i pribor

Biljni materijal korišten u ovom radu je suhi zreli plod crne aronije, *Aronia melanocarpa* (Michx.) Elliott. iz domaćeg uzgoja. U radu su korištene kemikalije koje su analitički čiste i ultračista voda.

Od kemikalija su korištene: klorovodična kiselina, HCl ($M = 36,46$ g/mol, Kemika), natrijev hidroksid, NaOH ($M = 39,99$ g/mol, Kemika), aceton, C₃H₆O ($M = 58,08$ g/mol, Kemika), etanol, C₂H₅OH ($M = 46,07$ g/mol, Kemika), metanol, CH₃OH ($M = 32,04$ g/mol, Kemika) i ultračista voda.

Od pribora su korištene: keramičke jažice, keramički tarionik s tučkom, staklene čaše (250 mL, 100 mL, 50 mL, 10 mL), odmjerne tikvice (200 mL), kapalice, stakleni štapić, pinceta, pipeta (1mL, 10 mL i 5 mL), staklene boce s čepom, plastične bočice s čepom.

Od uređaja su korištene: analitička vaga, magnetska miješalica, uređaj za ultračistu vodu (TKA, WASSERAUFBEREITUNGSSYSTEME) i pH metar (METTLER TOLEDO, SevenEasy).

3.2. Priprema otopina

Za pripremu otopina korištena je koncentrirana HCl i kruti NaOH, dok je za neutralnu otopinu korištena ultračista voda (kojoj je prema potrebi korigiran pH).

Za pripremu otopina pH = 1-2, izračunati volumen kiseline pipetom je prenesen u odmjernu tikvicu koja je do oznake dopunjena ultračistom vodom. Otopine pH = 3-6 pripremljene su razrjeđivanjem, izračunom preko relacije $c_1V_1 = c_2V_2$.

Otopine pH = 11-14 priređene su otapanjem izvagane mase NaOH u odmjernoj tikvici, te dodatkom ultračiste vode do oznake. Otopine pH = 8-10 priređene su razrjeđivanjem, koristeći izraz $c_1V_1 = c_2V_2$.

Svim otopinama je određena pH vrijednost koja je potom prema potrebi korigirana. Razlika u pH vrijednosti koja je prihvatljiva i koja se tolerirala u radu iznosi $\pm 0,1$.

3.3. Priprema indikatora i plan rada

U svaku bočicu je prvo kvantitativno preneseno 10 mg suhe aronije na koju je zatim dodano 100 mL odgovarajućeg otapala. Jedna bočica je pripremljena s etanolom, druga s metanolom, treća s acetonom, četvrta s vrućom vodom, dok je u zadnju, petu bočicu, dodano 100 mL hladne vode. Otopine indikatora su promućkane nakon pripreme i svaki put prije korištenja, a između ispitivanja su čuvane u hladnjaku. Korištene su staklene i plastične bočice s pripadnim čepom.

Ispitivanja su provedena dva puta tjedno u razmaku od okvirno 3 dana, utorkom i petkom. Ovaj dio ispitivanja trajao je četiri mjeseca, a nakon ovog dijela provedeno je ispitivanje mogućnosti recikliranja biljnog materijala za pripremu novih otopina indikatora. U tu svrhu je u bočicu s prethodno korištenim biljnim materijalom, nakon što se potrošilo svo prethodno otapalo, dodan novi obrok otapala. U ovom slučaju na korišteni biljni materijal dodano je 20 mL novog otapala. Ukoliko je u bočici ostalo malo otapala, tada se to otapalo dekantiralo, te se na biljni materijal dodao obrok od 20 mL novog otapala Tako su priređeni „reciklirani“ indikatori te je ispitano njihovo ponašanje u kiselo-baznom mediju. Ovaj dio ispitivanja trajao je mjesec dana.

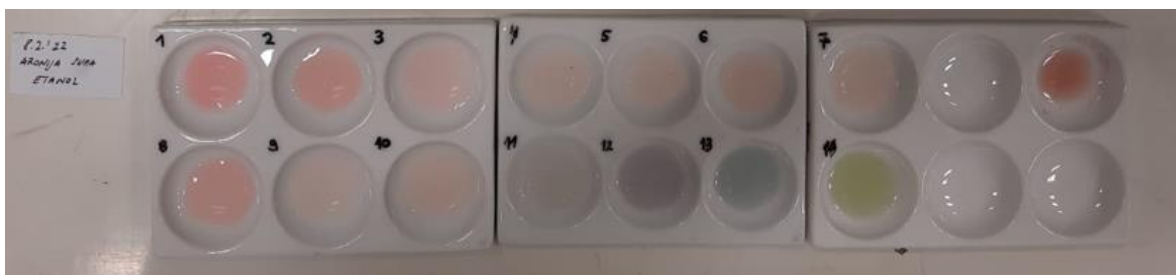
4. REZULTATI I RASPRAVA

4.1. Indikator pripremljen s etanolom

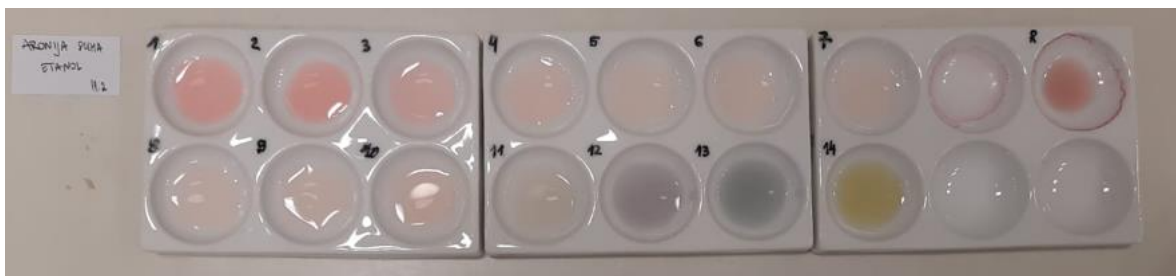
Rezultati istraživanja koji pokazuju promjene boje indikatora pripremljenog od suhe aronije i etanola u pH području 1-14 prikazani su na slikama 7.-41.



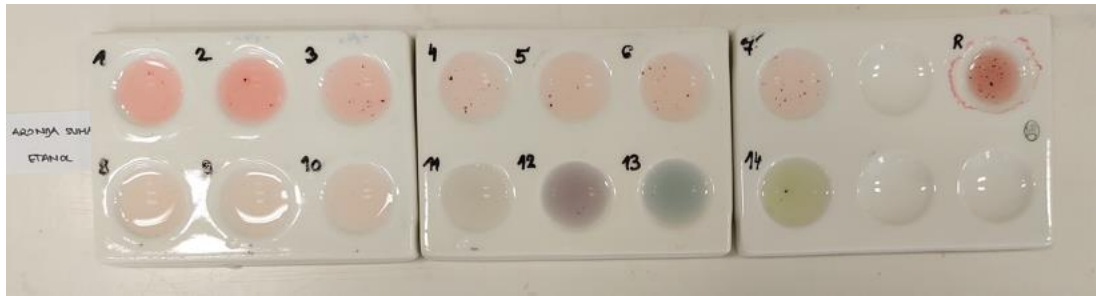
Slika 7. Suha aronija u etanolu, ispitivanje provedeno 4. 2. 2022.



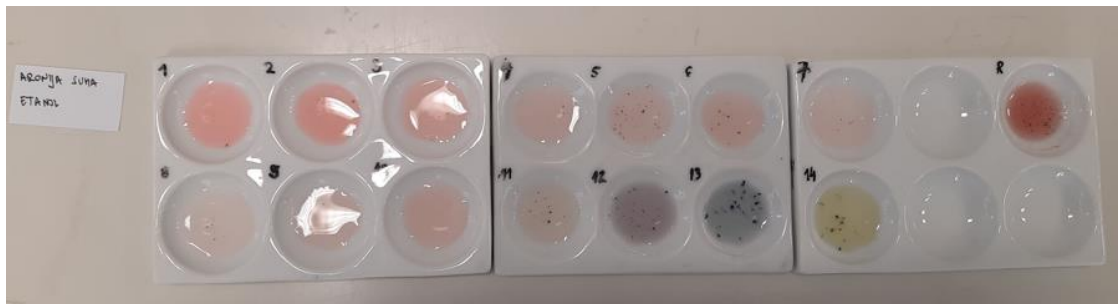
Slika 8. Suha aronija u etanolu, ispitivanje provedeno 8. 2. 2022.



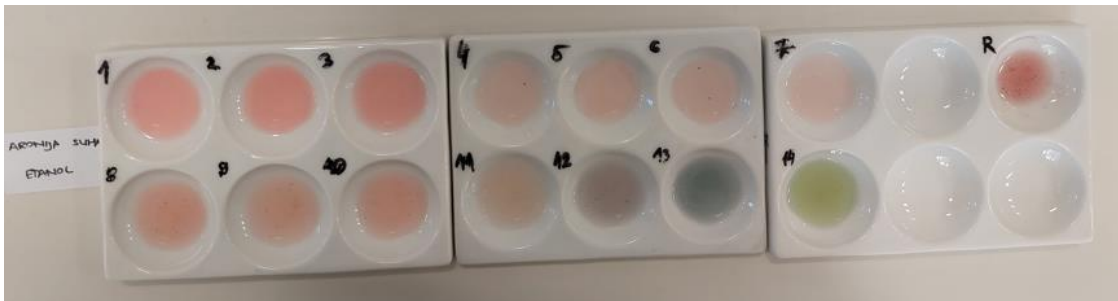
Slika 9. Suha aronija u etanolu, ispitivanje provedeno 11. 2. 2022.



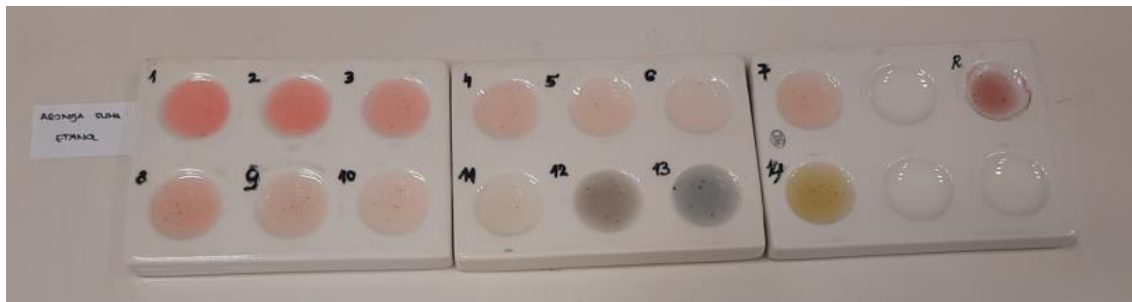
Slika 10. Suha aronija u etanolu, ispitivanje provedeno 15. 2. 2022.



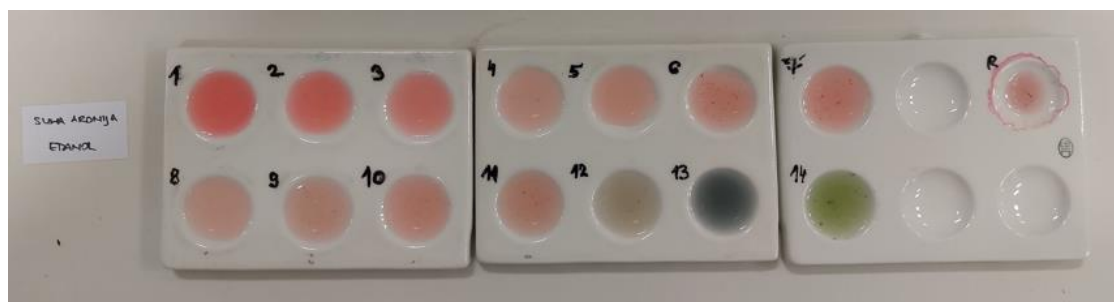
Slika 11. Suha aronija u etanolu, ispitivanje provedeno 18. 2. 2022.



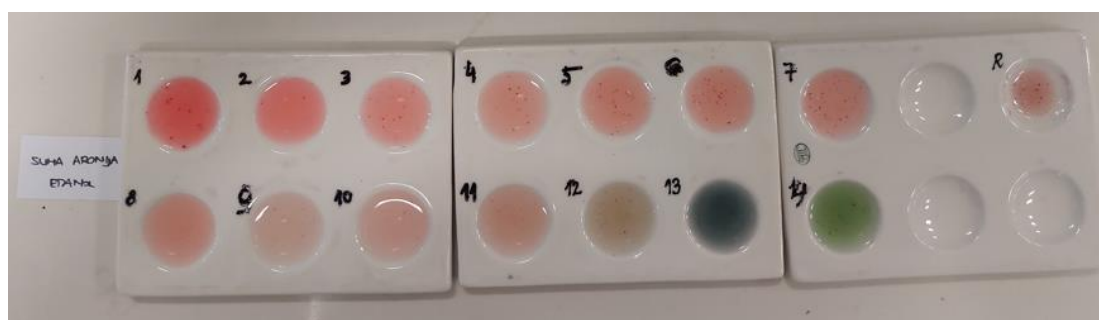
Slika 12. Suha aronija u etanolu, ispitivanje provedeno 22. 2. 2022.



Slika 13. Suha aronija u etanolu, ispitivanje provedeno 25. 2. 2022.



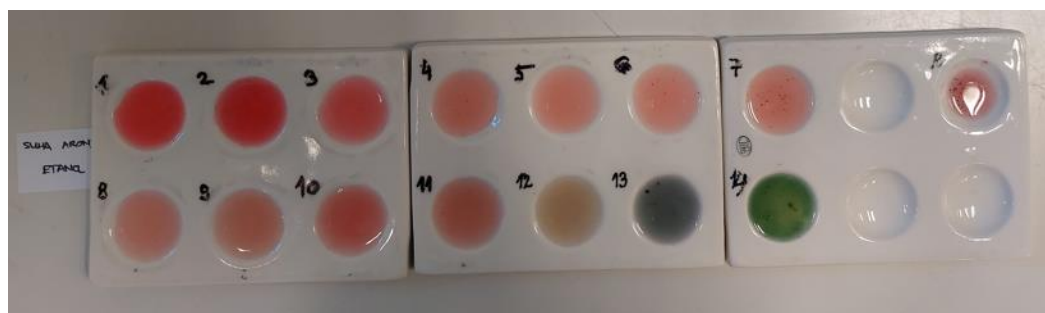
Slika 14. Suha aronija u etanolu, ispitivanje provedeno 1. 3. 2022.



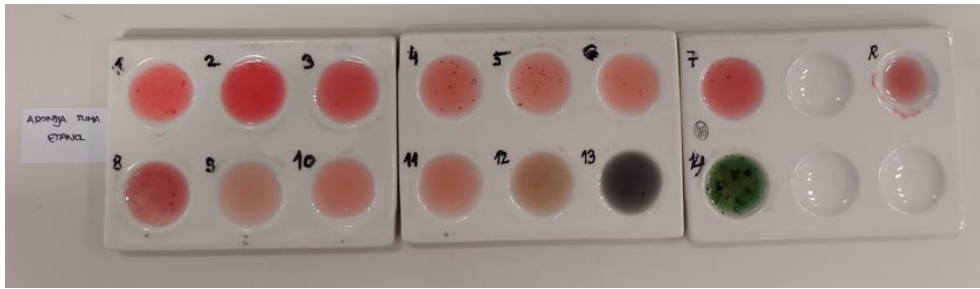
Slika 15. Suha aronija u etanolu, ispitivanje provedeno 4. 3. 2022.



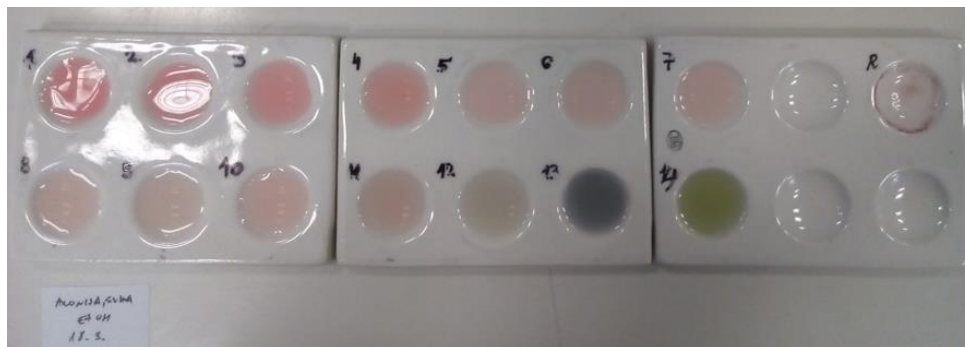
Slika 16. Suha aronija u etanolu, ispitivanje provedeno 8. 3. 2022.



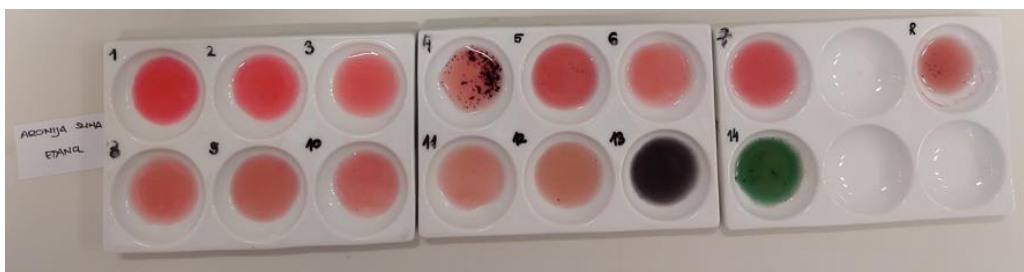
Slika 17. Suha aronija u etanolu, ispitivanje provedeno 11. 3. 2022.



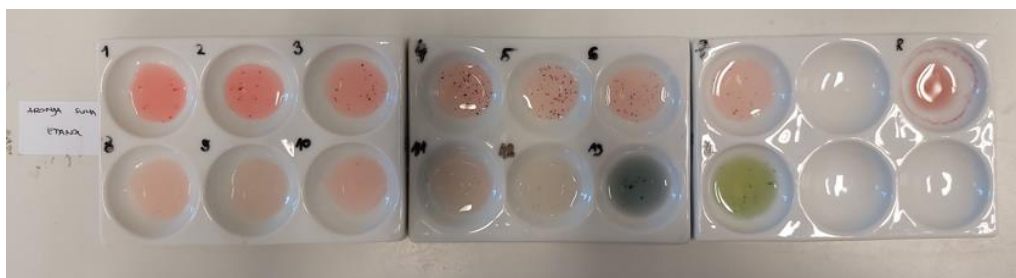
Slika 18. Suha aronija u etanolu, ispitivanje provedeno 15. 3. 2022.



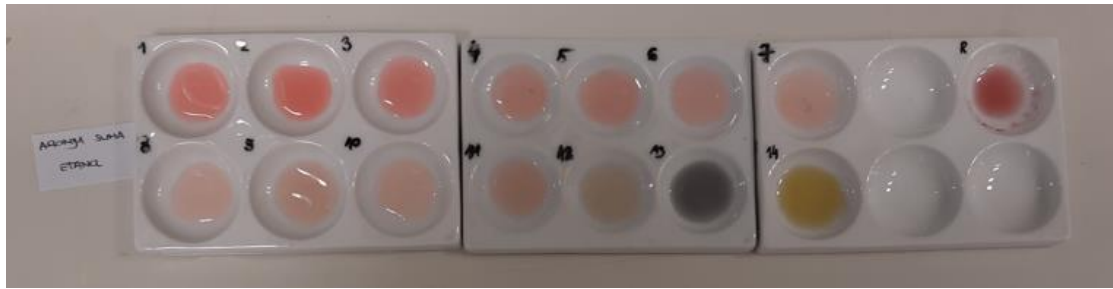
Slika 19. Suha aronija u etanolu, ispitivanje provedeno 18. 3. 2022.



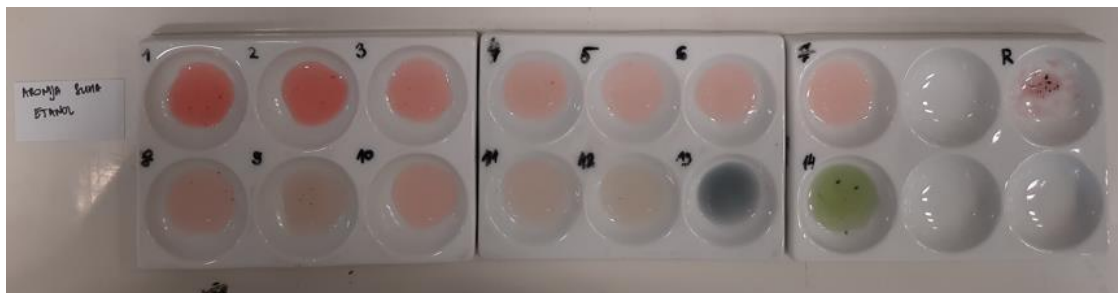
Slika 20. Suha aronija u etanolu, ispitivanje provedeno 22. 3. 2022.



Slika 21. Suha aronija u etanolu, ispitivanje provedeno 25. 3. 2022.



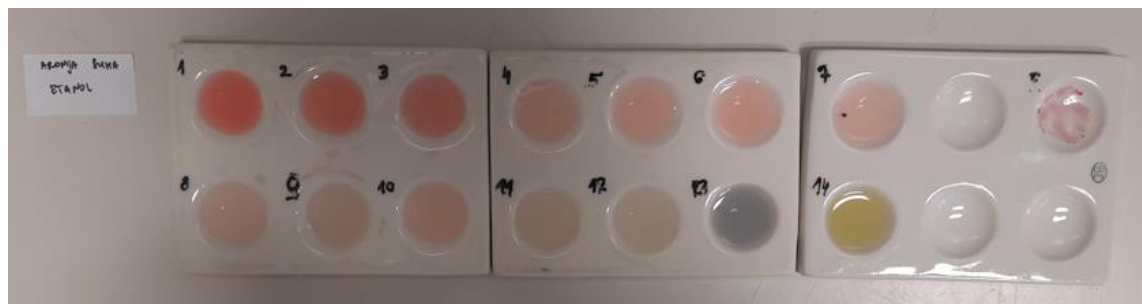
Slika 22. Suha aronija u etanolu, ispitivanje provedeno 29. 3. 2022.



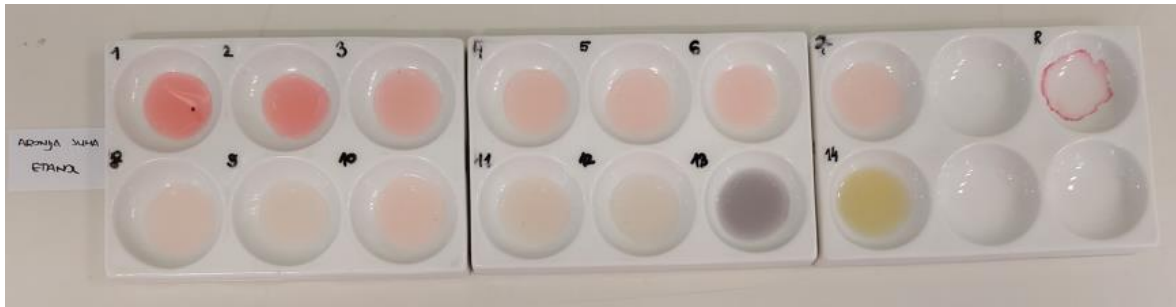
Slika 23. Suha aronija u etanolu, ispitivanje provedeno 1. 4. 2022.



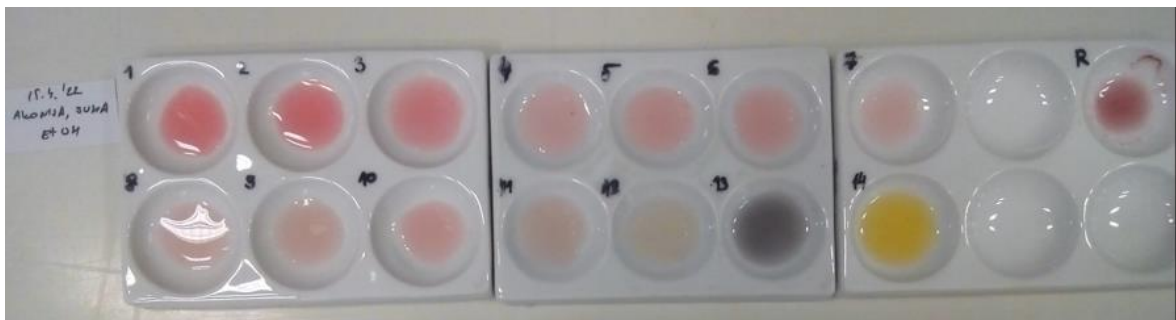
Slika 24. Suha aronija u etanolu, ispitivanje provedeno 5. 4. 2022.



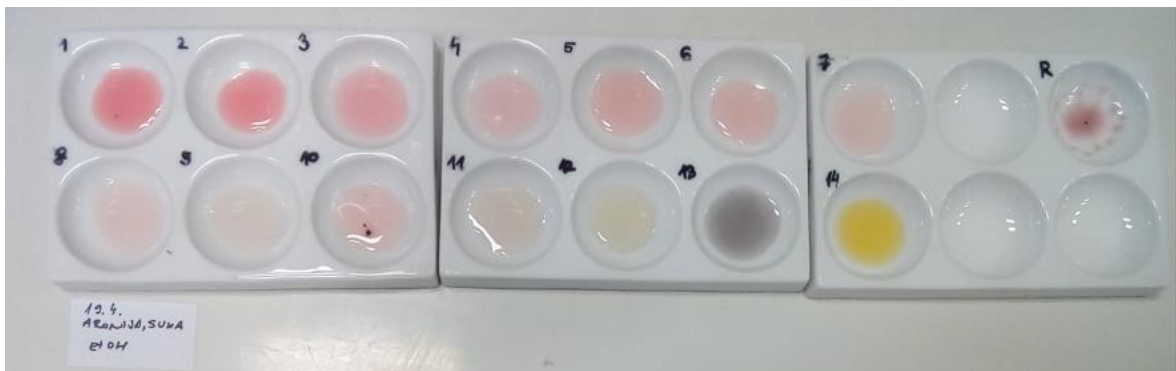
Slika 25. Suha aronija u etanolu, ispitivanje provedeno 8. 4. 2022.



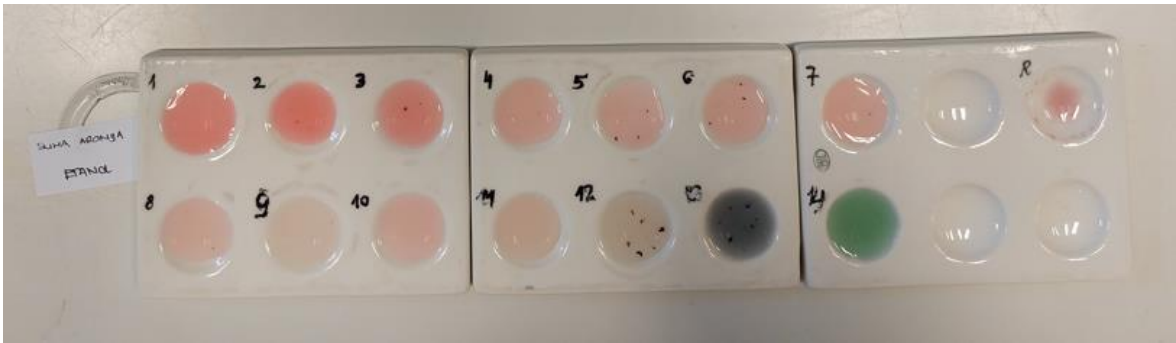
Slika 26. Suha aronija u etanolu, ispitivanje provedeno 12. 4. 2022.



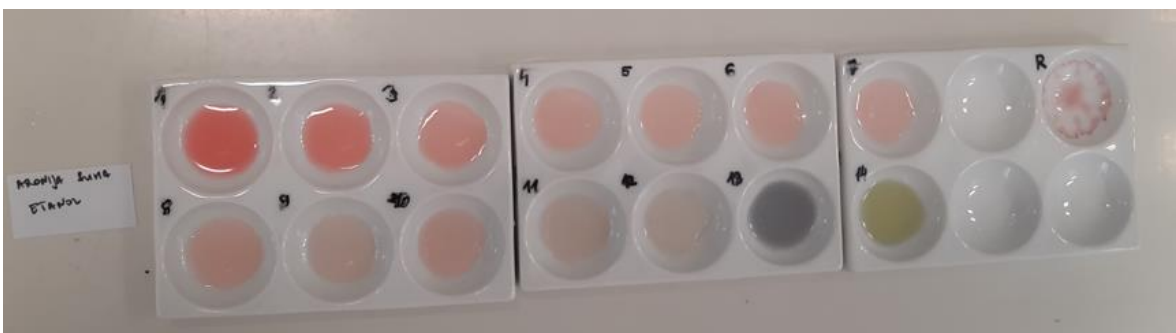
Slika 27. Suha aronija u etanolu, ispitivanje provedeno 15. 4. 2022.



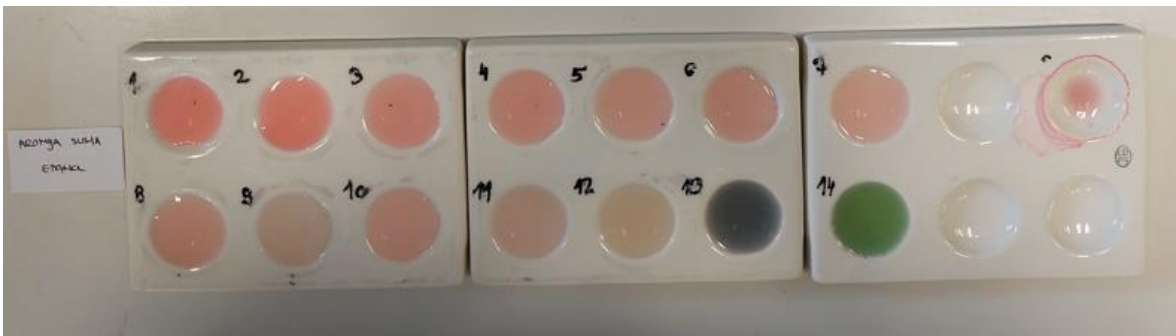
Slika 28. Suha aronija u etanolu, ispitivanje provedeno 19. 4. 2022.



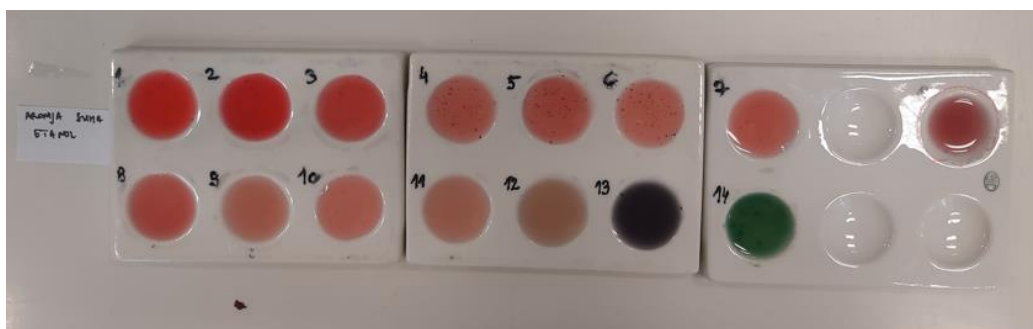
Slika 29. Suha aronija u etanolu, ispitivanje provedeno 22. 4. 2022.



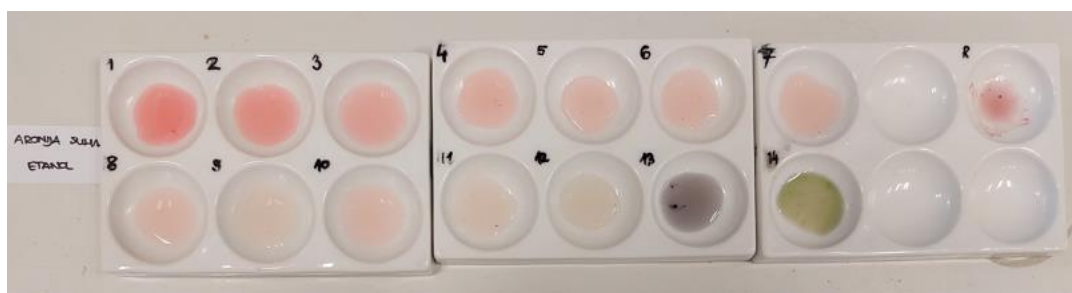
Slika 30. Suha aronija u etanolu, ispitivanje provedeno 26. 4. 2022.



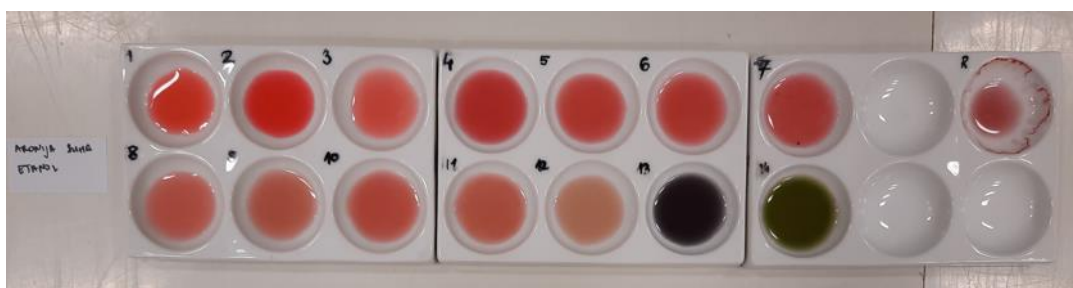
Slika 31. Suha aronija u etanolu, ispitivanje provedeno 29. 4. 2022.



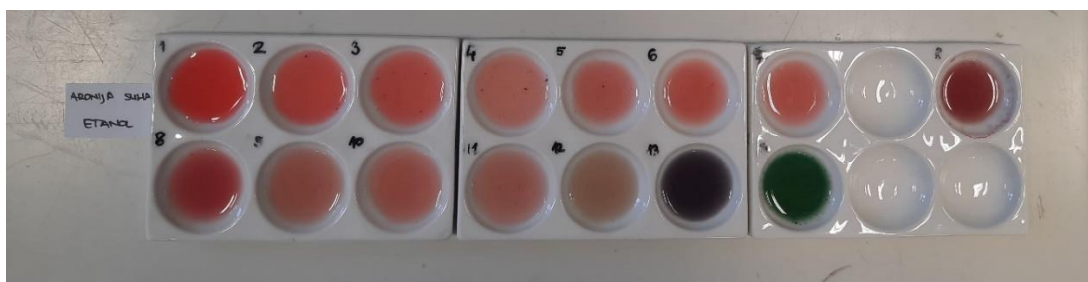
Slika 32. Suha aronija u etanolu, ispitivanje provedeno 3. 5. 2022.



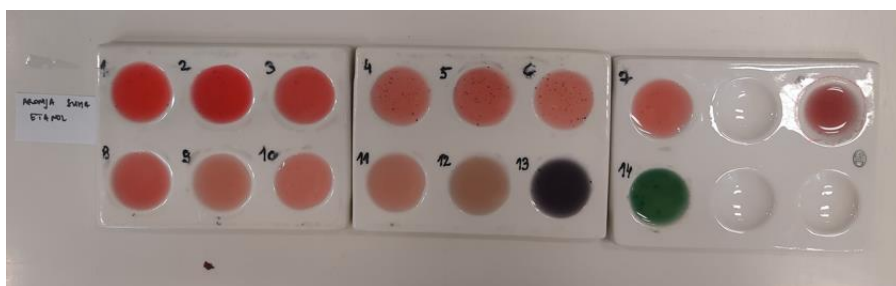
Slika 33. Suha aronija u etanolu, ispitivanje provedeno 6. 5. 2022.



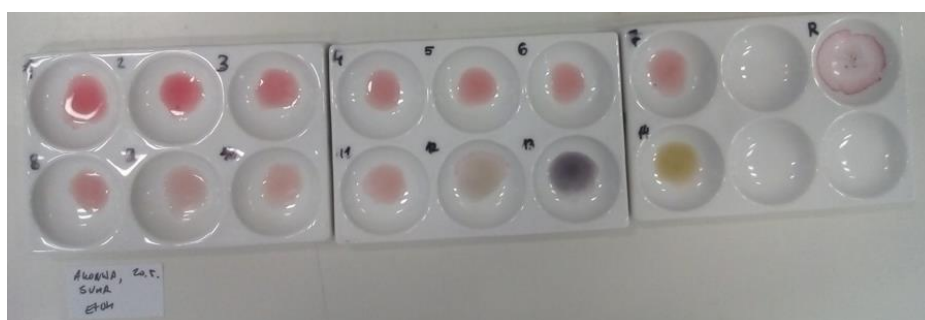
Slika 34. Suha aronija u etanolu, ispitivanje provedeno 10. 5. 2022.



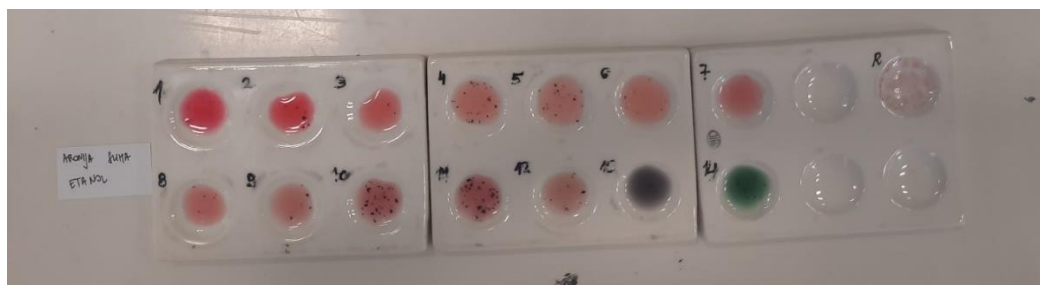
Slika 35. Suha aronija u etanolu, ispitivanje provedeno 13. 5. 2022.



Slika 36. Suha aronija u etanolu, ispitivanje provedeno 17. 5. 2022.



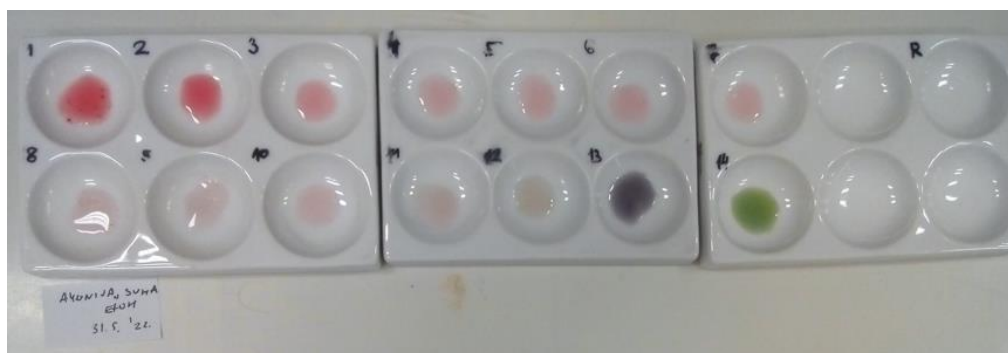
Slika 37. Suha aronija u etanolu, ispitivanje provedeno 20. 5. 2022.



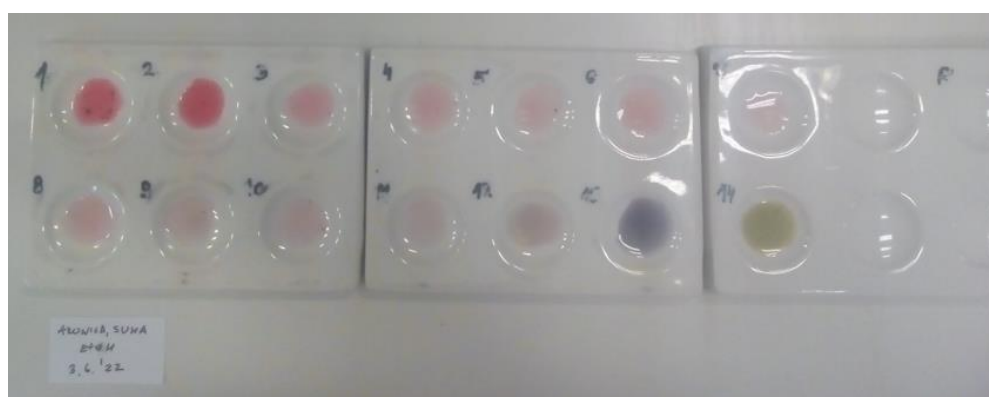
Slika 38. Suha aronija u etanolu, ispitivanje provedeno 24. 5. 2022.



Slika 39. Suha aronija u etanolu, ispitivanje provedeno 27. 5. 2022.



Slika 40. Suha aronija u etanolu, ispitivanje provedeno 31. 5. 2022.

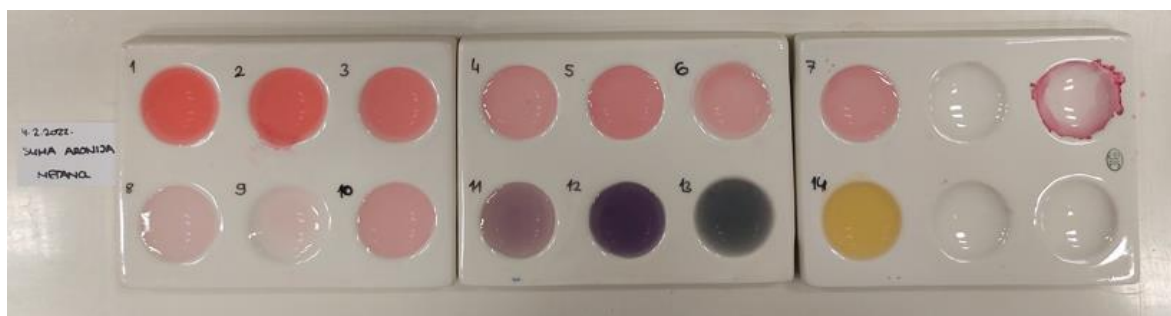


Slika 41. Suha aronija u etanolu, ispitivanje provedeno 3. 6. 2022.

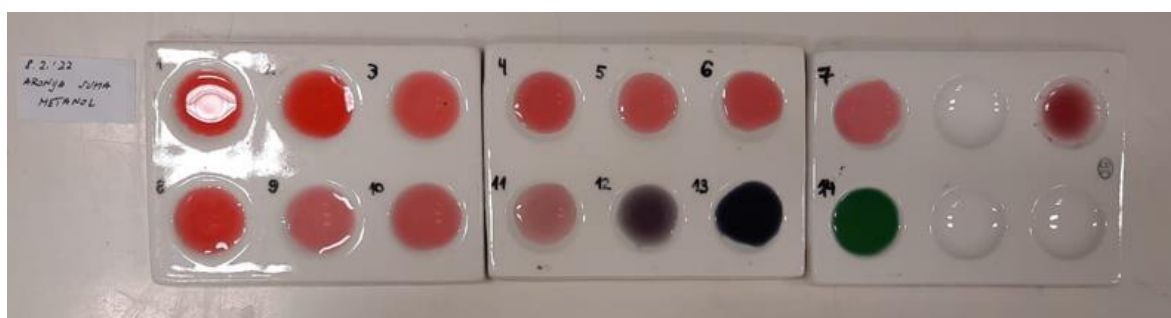
Prema rezultatima istraživanja ovog rada, suha aronija u etanolu pri prvim mjerenjima (prvih mjesec dana) pokazuje jako svijetle, pastelne boje u različitim pH područjima. U kiselom mediju, $\text{pH} = 1-3$ pokazuje svjetlo roza boju, koja s vremenskim odmakom od dva mjeseca doseže intenzivnu roza boju. Kod $\text{pH} = 4-11$ boje se jako slabo naziru pri prvom mjerenju, dok se s vremenom i daljnjim mjerenjima pojavljuje svjetlo roza boja. Pri $\text{pH} = 12$ javlja se svjetlo smeđe obojenje koje nakon 10-15 minuta pomalo tamni (posivi). Plavkasto obojenje javlja se u prvim mjerenjima pri $\text{pH} = 13$, ali se s vremenskim odmakom od 10-15 minuta prikazuje kao tamno plavo obojenje. Zeleno-žuto obojenje javlja se u prvom mjerenju pri $\text{pH}=14$, zatim s vremenom prelazi u žutu boju.

4.2. Indikator pripremljen s metanolom

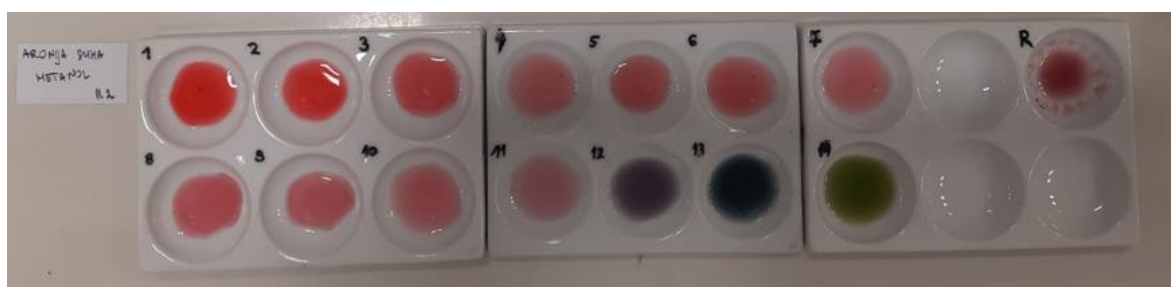
Rezultati istraživanja koji pokazuju promjene boje indikatora pripremljenog od suhe aronije i metanola u pH području 1-14 prikazani su na slikama 42.-69.



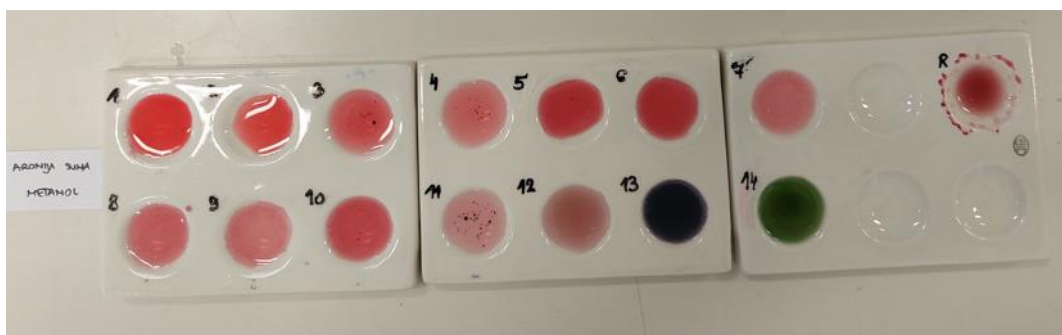
Slika 42. Suha aronija u metanolu, ispitivanje provedeno 4. 2. 2022.



Slika 43. Suha aronija u metanolu, ispitivanje provedeno 8. 2. 2022.



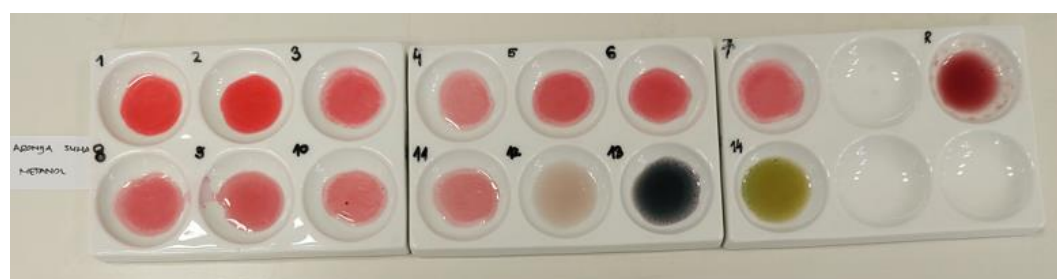
Slika 44. Suha aronija u metanolu, ispitivanje provedeno 11. 2. 2022.



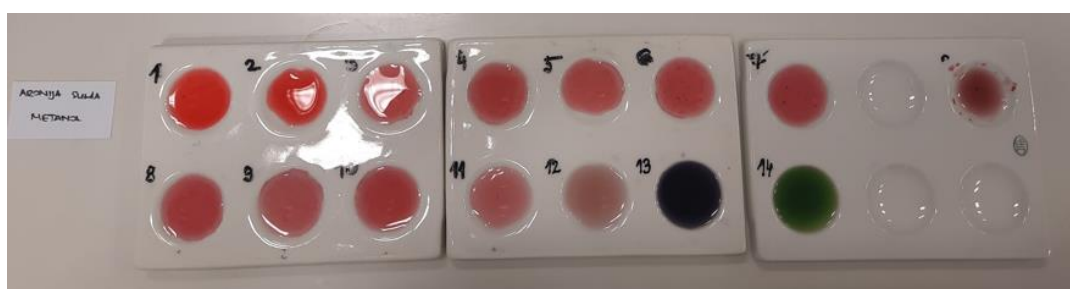
Slika 45. Suha aronija u metanolu, ispitivanje provedeno 15. 2. 2022.



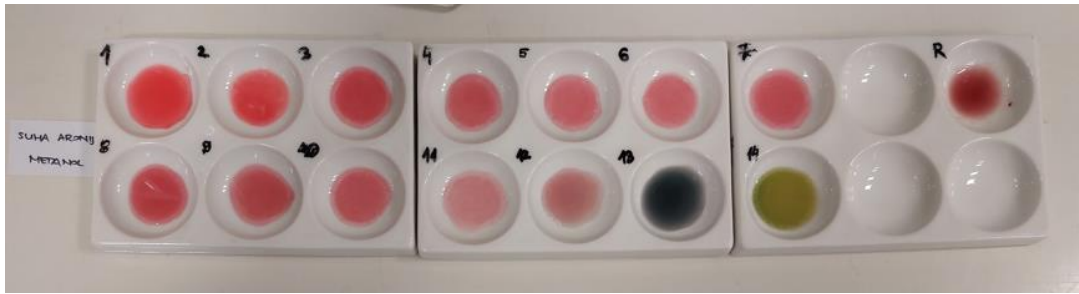
Slika 46. Suha aronija u metanolu, ispitivanje provedeno 18. 2. 2022.



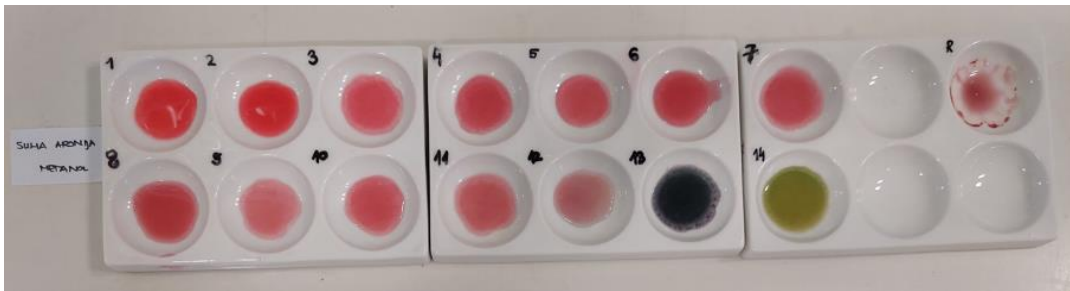
Slika 47. Suha aronija u metanolu, ispitivanje provedeno 22. 2. 2022.



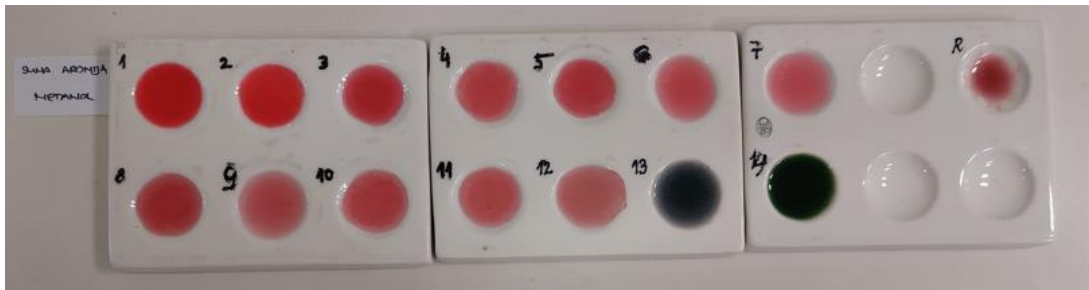
Slika 48. Suha aronija u metanolu, ispitivanje provedeno 25. 2. 2022.



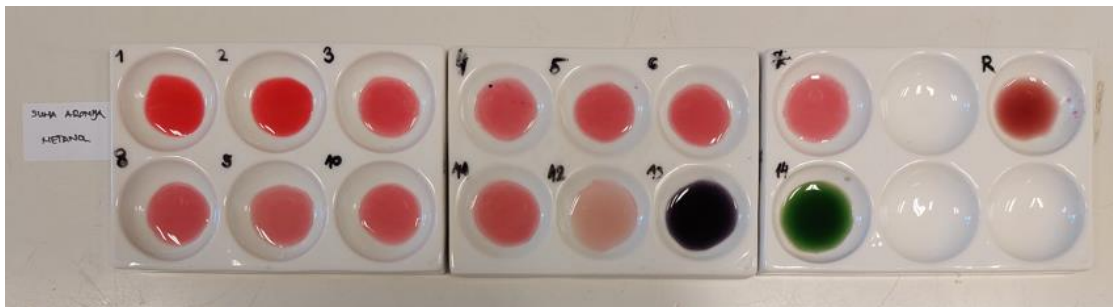
Slika 49. Suha aronija u metanolu, ispitivanje provedeno 1. 3. 2022.



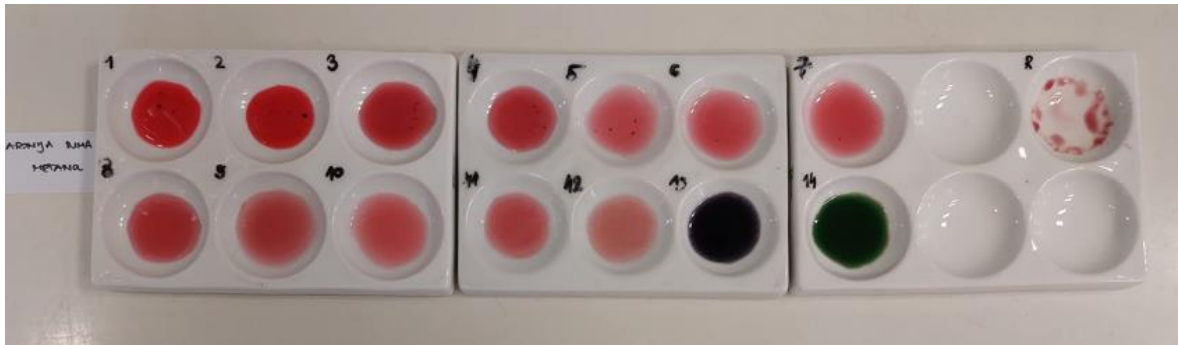
Slika 50. Suha aronija u metanolu, ispitivanje provedeno 4. 3. 2022.



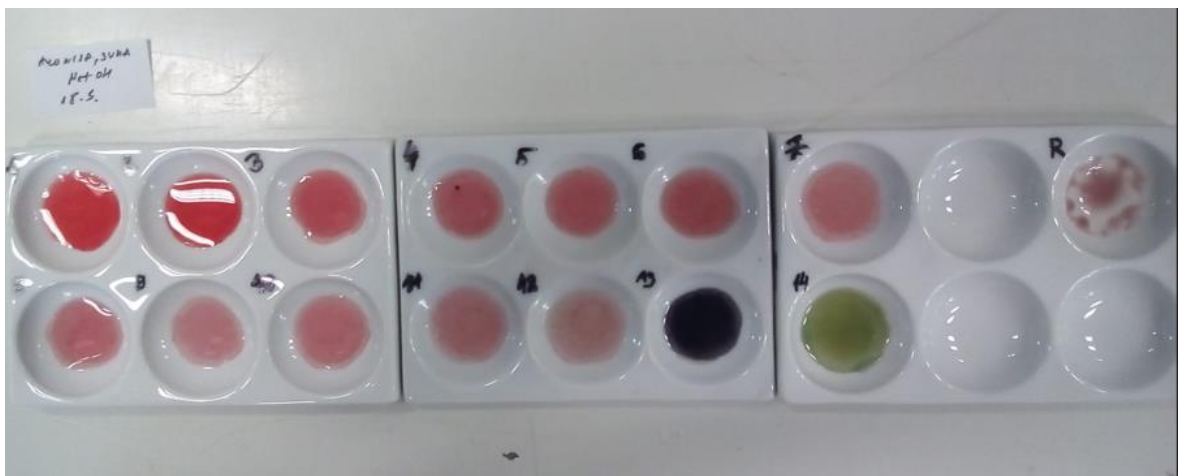
Slika 51. Suha aronija u metanolu, ispitivanje provedeno 8. 3. 2022.



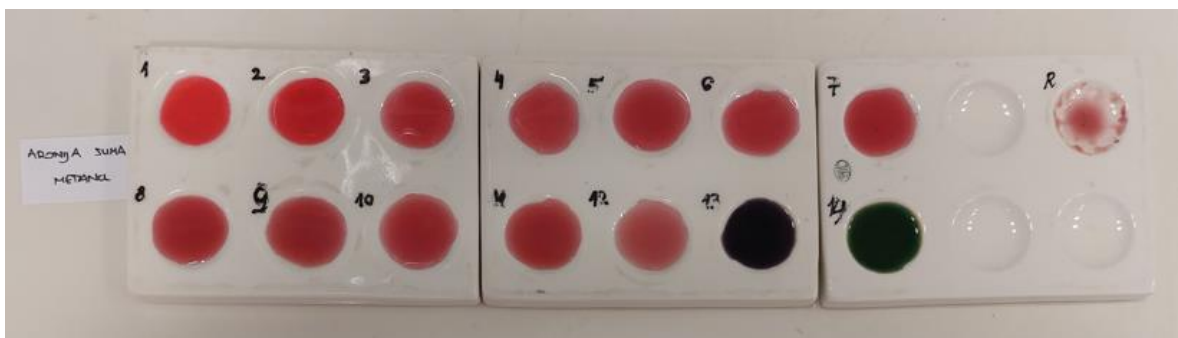
Slika 52. Suha aronija u metanolu, ispitivanje provedeno 11. 3. 2022.



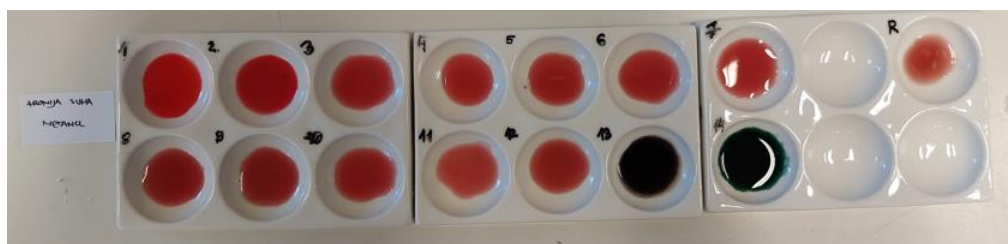
Slika 53. Suha aronija u metanolu, ispitivanje provedeno 15. 3. 2022.



Slika 54. Suha aronija u metanolu, ispitivanje provedeno 18. 3. 2022.



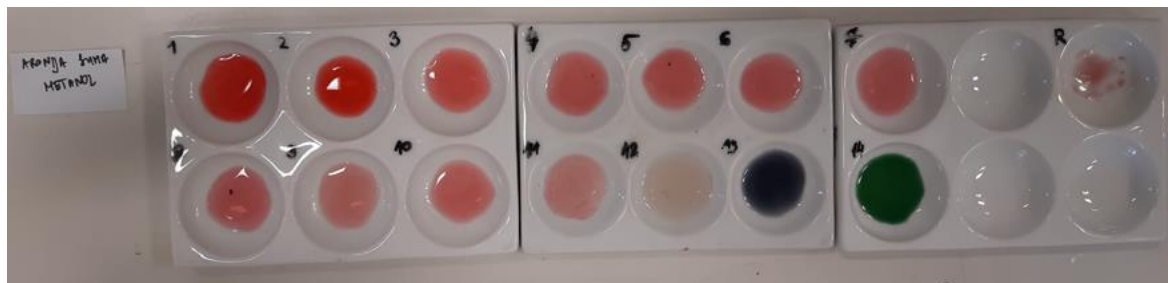
Slika 55. Suha aronija u metanolu, ispitivanje provedeno 22. 3. 2022.



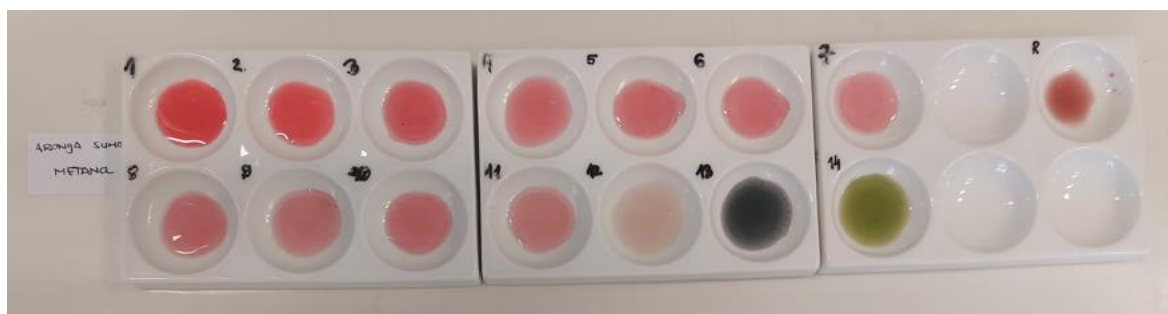
Slika 56. Suha aronija u metanolu, ispitivanje provedeno 25. 3. 2022.



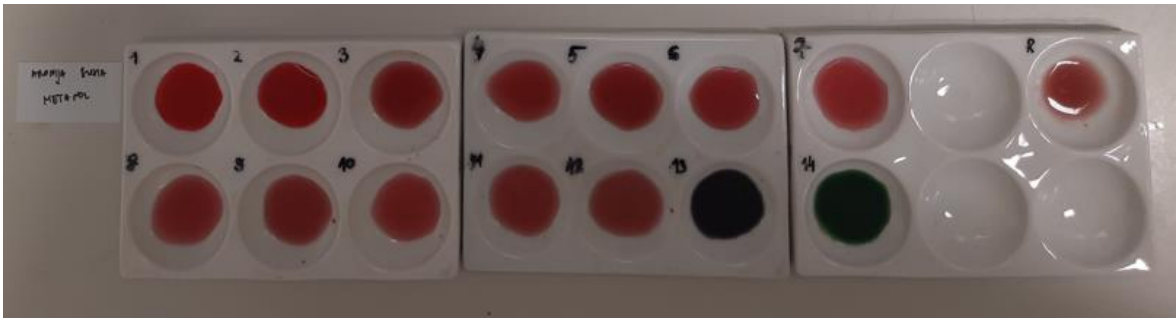
Slika 57. Suha aronija u metanolu, ispitivanje provedeno 29. 3. 2022.



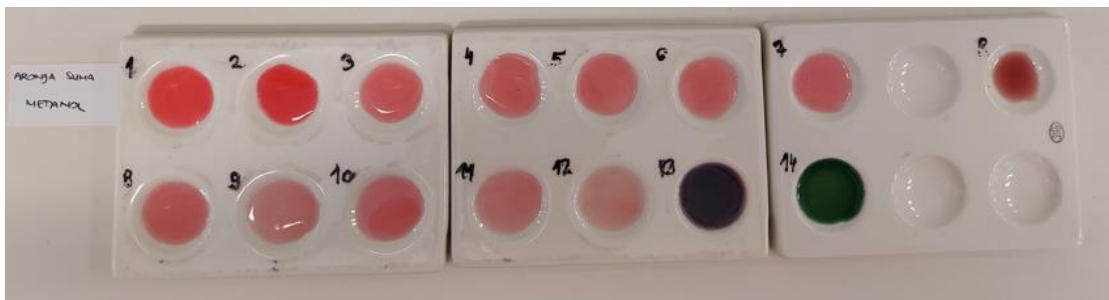
Slika 58. Suha aronija u metanolu, ispitivanje provedeno 1. 4. 2022.



Slika 59. Suha aronija u metanolu, ispitivanje provedeno 5. 4. 2022.



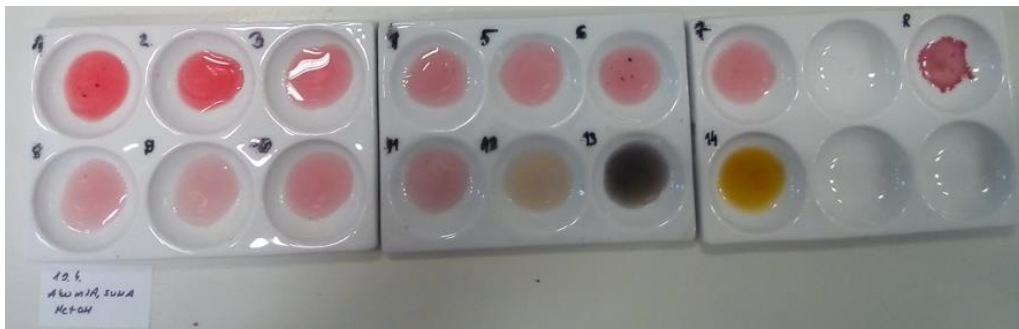
Slika 60. Suha aronija u metanolu, ispitivanje provedeno 8. 4. 2022.



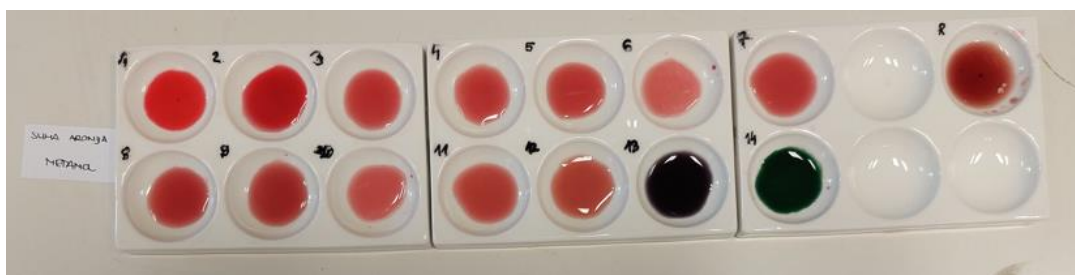
Slika 61. Suha aronija u metanolu, ispitivanje provedeno 12. 4. 2022.



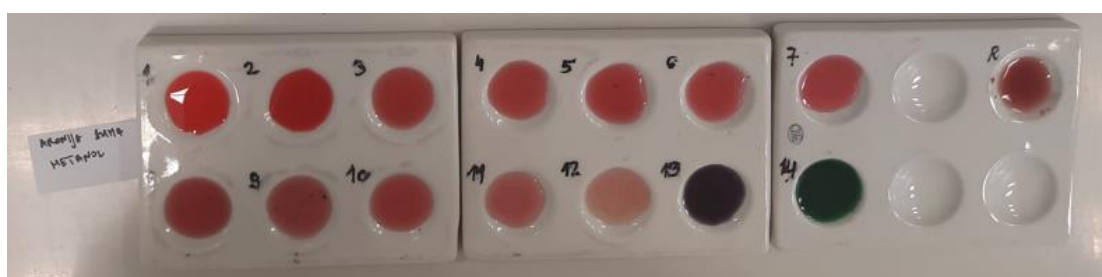
Slika 62. Suha aronija u metanolu, ispitivanje provedeno 15. 4. 2022.



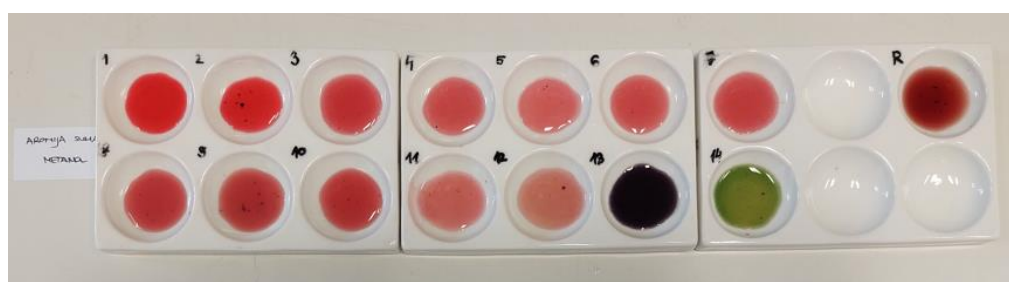
Slika 63. Suha aronija u metanolu, ispitivanje provedeno 19. 4. 2022.



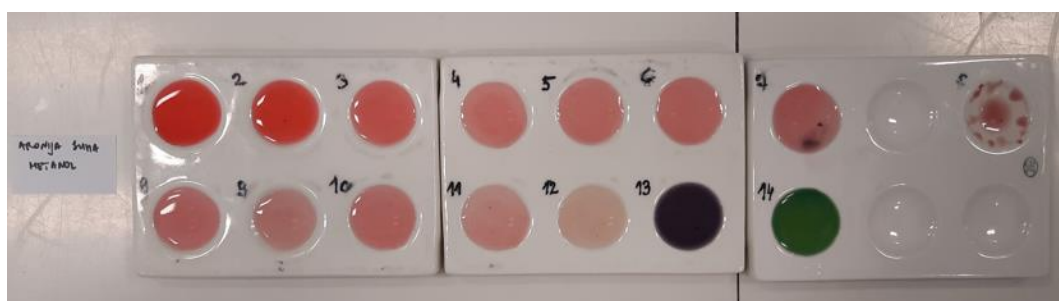
Slika 64. Suha aronija u metanolu, ispitivanje provedeno 22. 4. 2022.



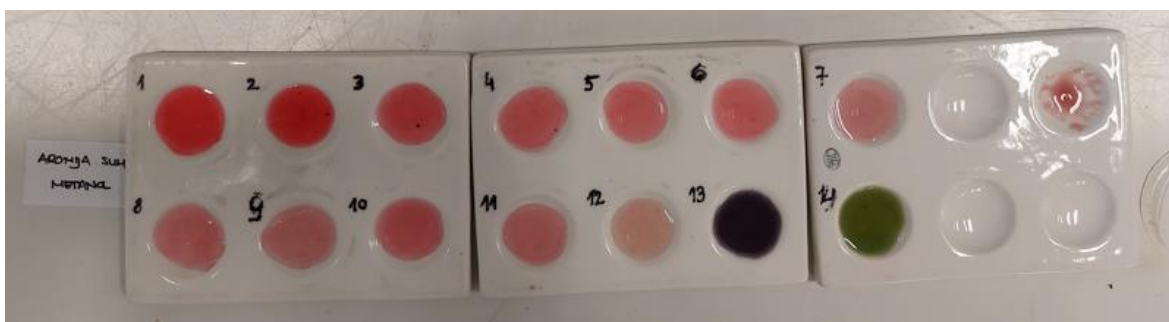
Slika 65. Suha aronija u metanolu, ispitivanje provedeno 26. 4. 2022.



Slika 66. Suha aronija u metanolu, ispitivanje provedeno 29. 4. 2022.



Slika 67. Suha aronija u metanolu, ispitivanje provedeno 3. 5. 2022.



Slika 68. Suha aronija u metanolu, ispitivanje provedeno 6. 5. 2022.



Slika 69. Suha aronija u metanolu, ispitivanje provedeno 10. 5. 2022.

Suha aronija u metanolu od prvog mjerenja pokazuje jasne prijelaze boja u različitim pH područjima. Kod $\text{pH} = 1-3$ pokazuje intenzivno roza obojenje koje već od drugog mjerenja prelazi u crveno obojenje koje ostaje do završnog mjerenja. Svjetlo roza boja pri $\text{pH} = 4-11$ s vremenom prelazi u intenzivno roza boju. Pri $\text{pH} = 12$ pokazuje svjetlo ljubičasto obojenje već pri prvom mjerenju, a s vremenom prelazi u ljubičastu boju. Plavo obojenje javlja se pri $\text{pH} = 13$, dok se pri $\text{pH} = 14$ u početku javlja žuto obojenje koje nakon 10-15 minuta stajanja prelazi u zeleno obojenje.

4.3. Indikator pripremljen s acetonom

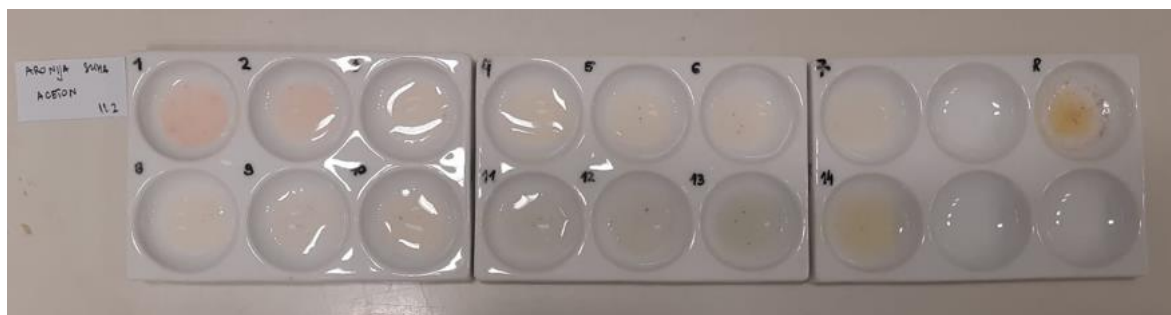
Rezultati istraživanja koji pokazuju promjene boje indikatora pripremljenog od suhe aronije i acetona u pH području 1-14 prikazani su na slikama 70.-98.



Slika 70. Suha aronija u acetonu, ispitivanje provedeno 4. 2. 2022.



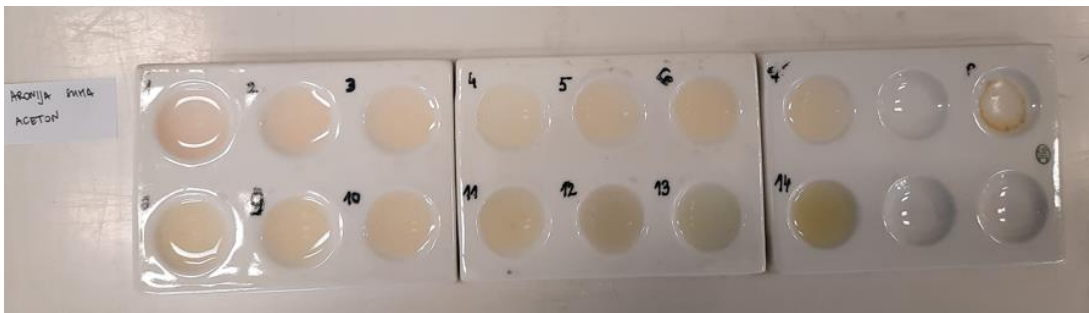
Slika 71. Suha aronija u acetonu, ispitivanje provedeno 8. 2. 2022.



Slika 72. Suha aronija u acetonu, ispitivanje provedeno 11. 2. 2022.



Slika 73. Suha aronija u acetonu, ispitivanje provedeno 15. 2. 2022.



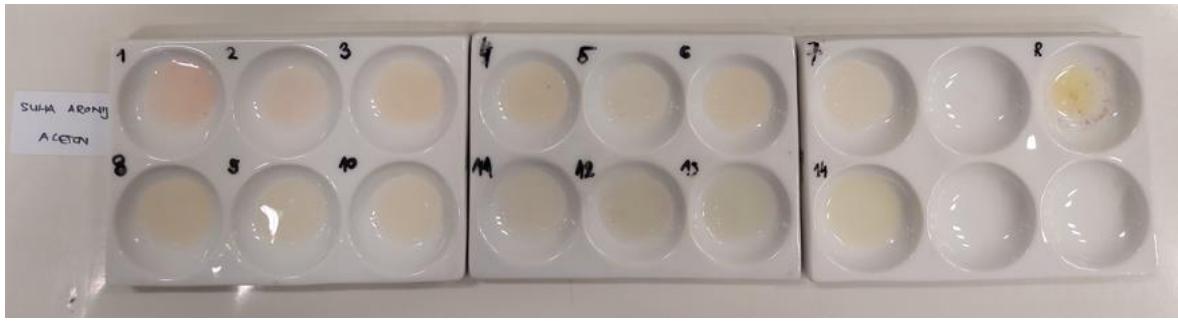
Slika 74. Suha aronija u acetonu, ispitivanje provedeno 18. 2. 2022.



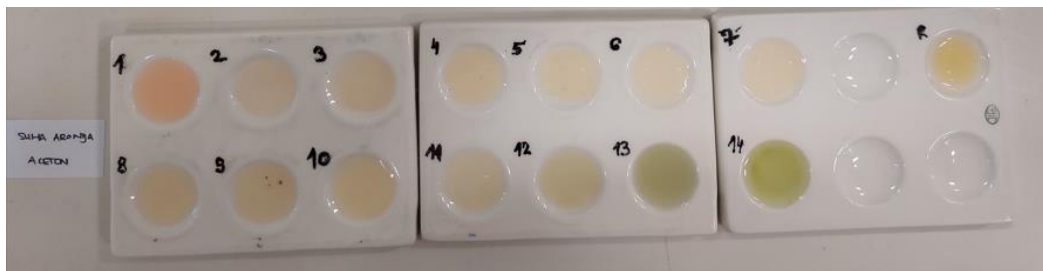
Slika 75. Suha aronija u acetonu, ispitivanje provedeno 22. 2. 2022.



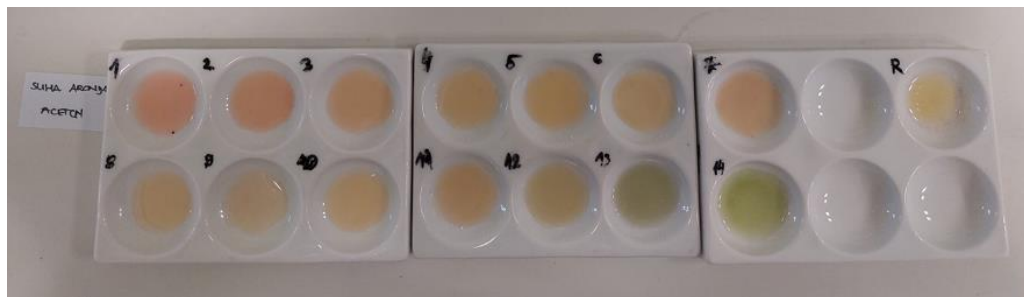
Slika 76. Suha aronija u acetonu, ispitivanje provedeno 25. 2. 2022.



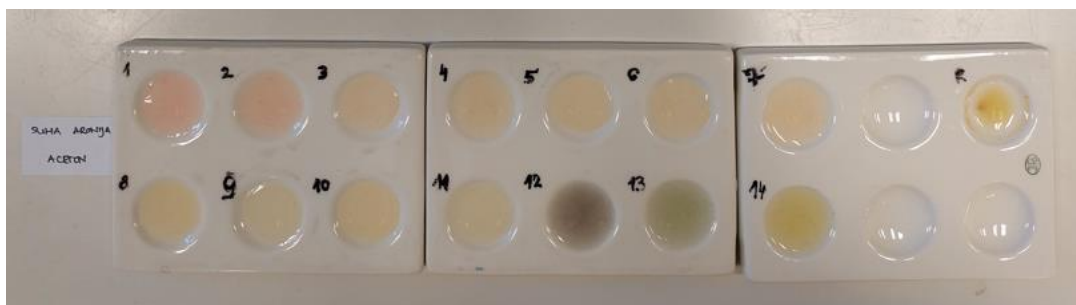
Slika 77. Suha aronija u acetonu, ispitivanje provedeno 1. 3. 2022.



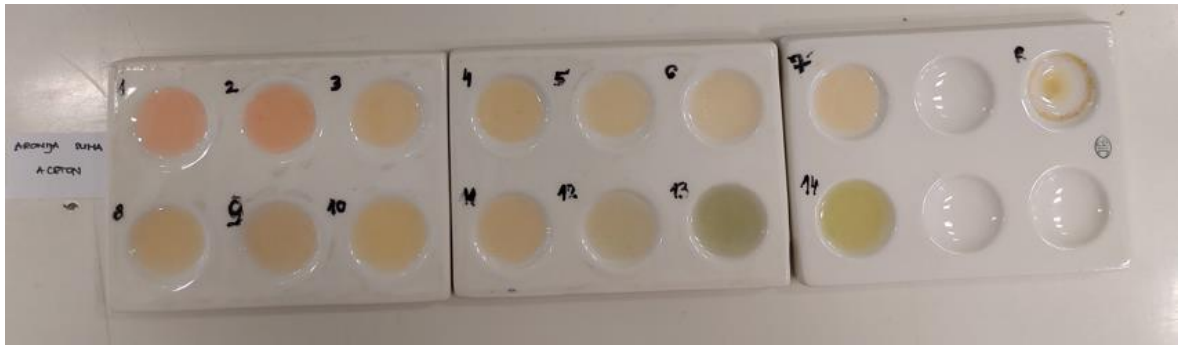
Slika 78. Suha aronija u acetonu, ispitivanje provedeno 4. 3. 2022.



Slika 79. Suha aronija u acetonu, ispitivanje provedeno 8. 3. 2022.



Slika 80. Suha aronija u acetonu, ispitivanje provedeno 11. 3. 2022.



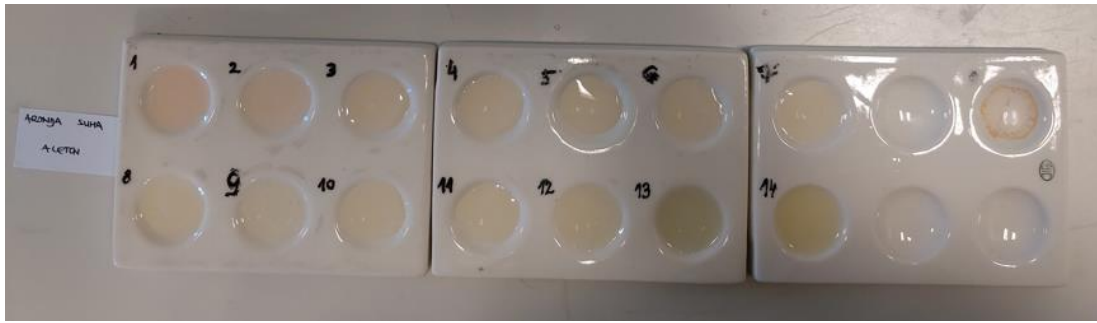
Slika 81. Suha aronija u acetonu, ispitivanje provedeno 15. 3. 2022.



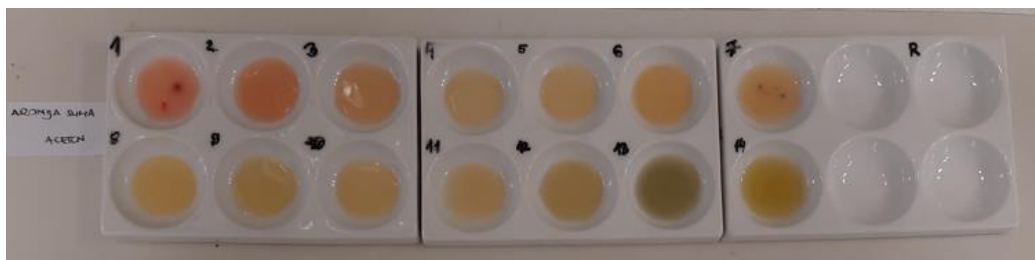
Slika 82. Suha aronija u acetonu, ispitivanje provedeno 18. 3. 2022.



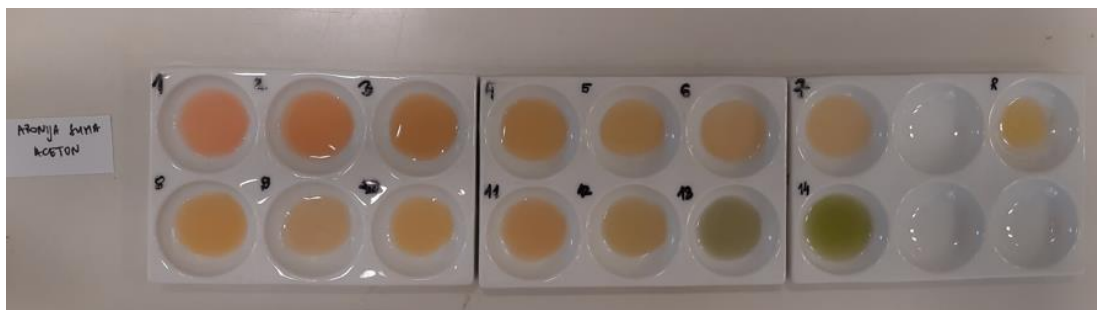
Slika 83. Suha aronija u acetonu, ispitivanje provedeno 22. 3. 2022.



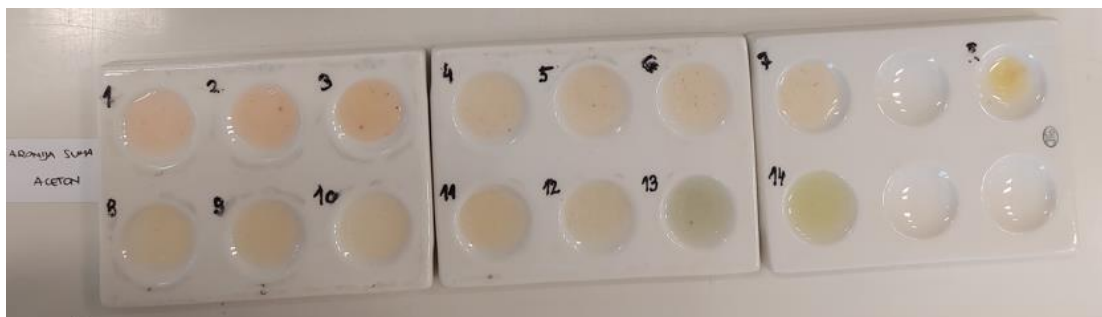
Slika 84. Suha aronija u acetonu, ispitivanje provedeno 25. 3. 2022.



Slika 85. Suha aronija u acetonu, ispitivanje provedeno 29. 3. 2022.



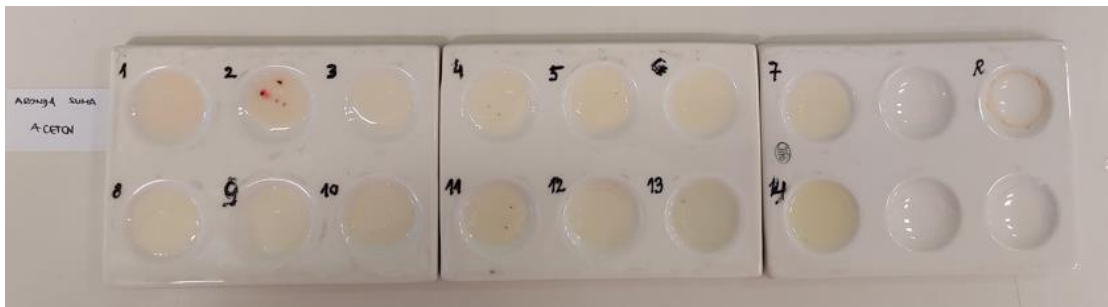
Slika 86. Suha aronija u acetonu, ispitivanje provedeno 1. 4. 2022.



Slika 87. Suha aronija u acetonu, ispitivanje provedeno 5. 4. 2022.



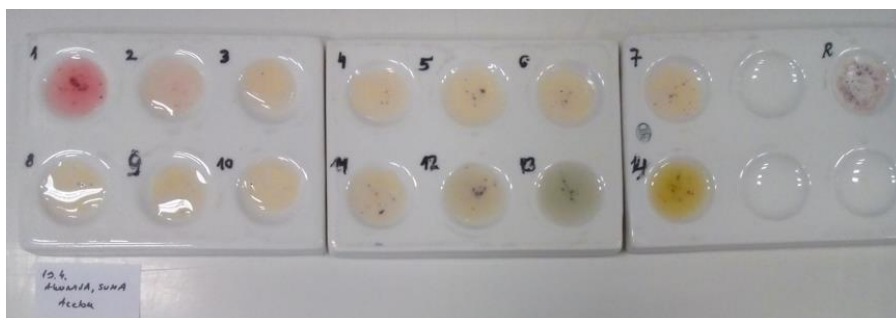
Slika 88. Suha aronija u acetonu, ispitivanje provedeno 8. 4. 2022.



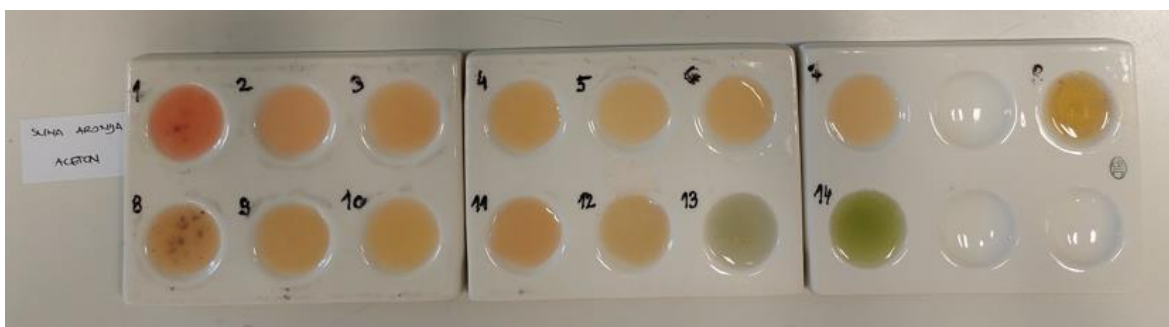
Slika 89. Suha aronija u acetonu, ispitivanje provedeno 12. 4. 2022.



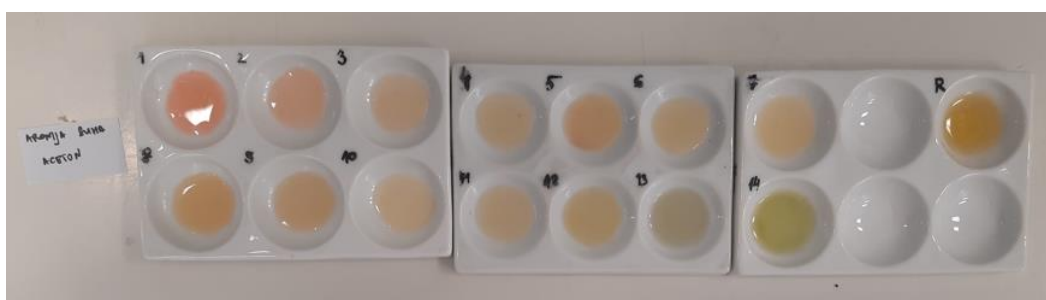
Slika 90. Suha aronija u acetonu, ispitivanje provedeno 15. 4. 2022.



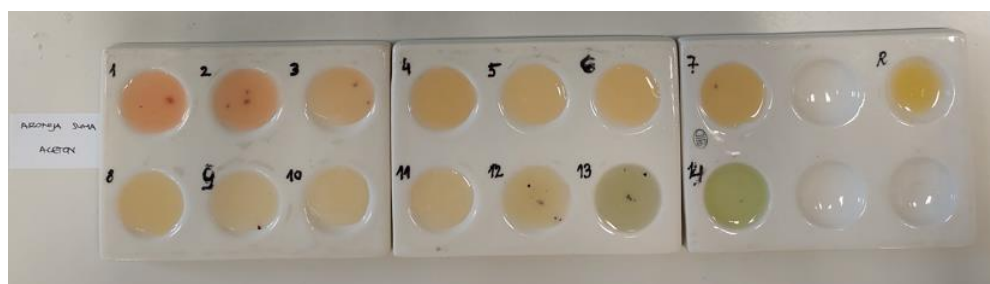
Slika 91. Suha aronija u acetonu, ispitivanje provedeno 19. 4. 2022.



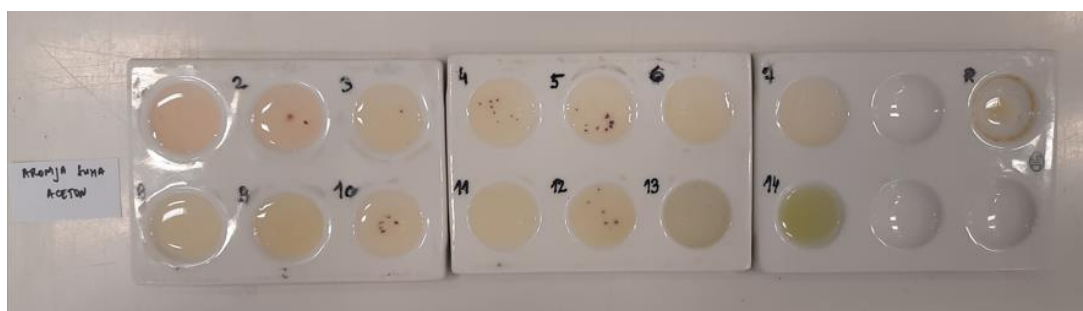
Slika 92. Suha aronija u acetonu, ispitivanje provedeno 22. 4. 2022.



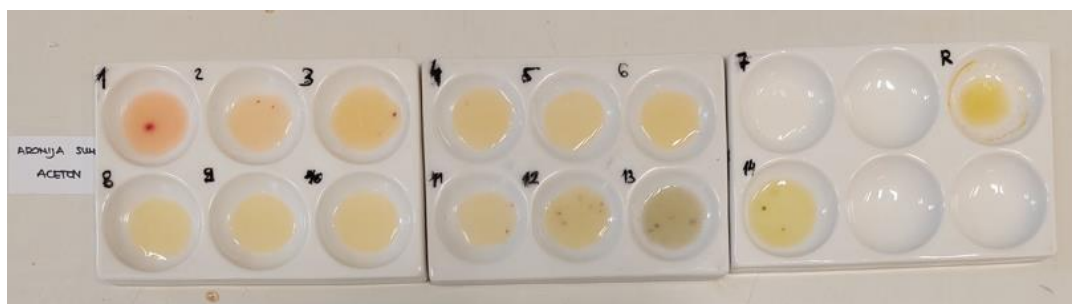
Slika 93. Suha aronija u acetonu, ispitivanje provedeno 26. 4. 2022.



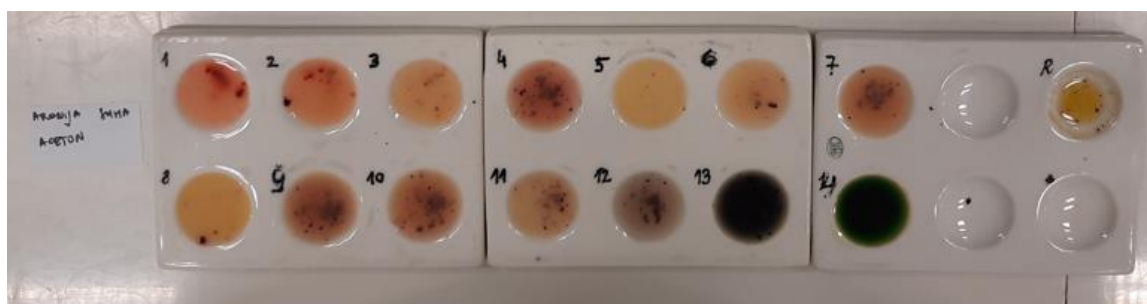
Slika 94. Suha aronija u acetonu, ispitivanje provedeno 29. 4. 2022.



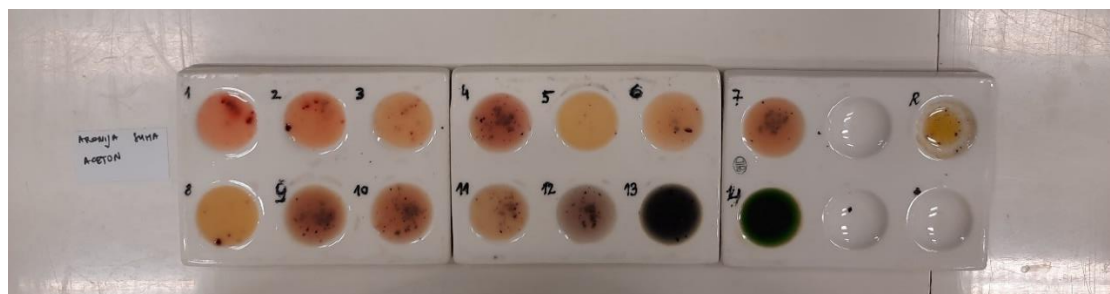
Slika 95. Suha aronija u acetonu, ispitivanje provedeno 3. 5. 2022.



Slika 96. Suha aronija u acetonu, ispitivanje provedeno 6. 5. 2022.



Slika 97. Suha aronija u acetonu, ispitivanje provedeno 10. 5. 2022.



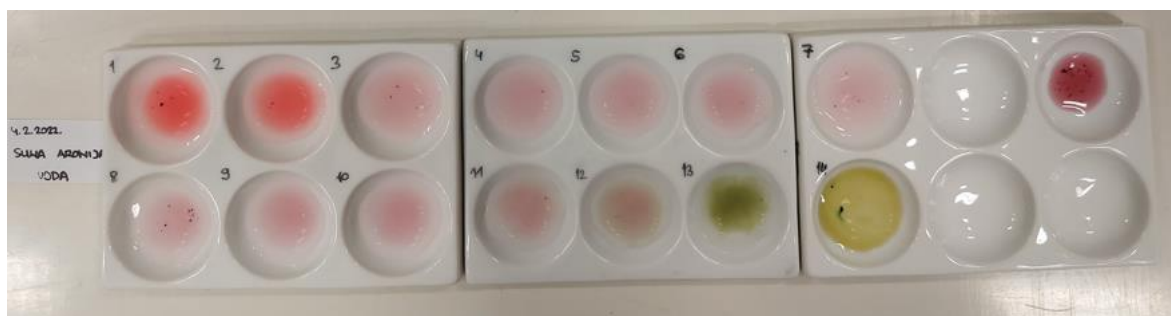
Slika 98. Suha aronija u acetonu, ispitivanje provedeno 13. 5. 2022.

Pri prvom ispitivanju boje indikatora od suhe aronije u acetonu u različitim pH područjima, promjene boje nisu bile jasno vidljive. Tek nakon mjesec dana od pripreme indikatora, boja indikatora u različitim pH područjima postaje jasnija. Pri pH = 1 javlja se svjetlo narančasto obojenje koje s vremenom postaje intenzivno narančasto, dok se u pH području između 2 i 12 javlja žućkasto obojenje. Nakon nekog vremena, svjetlo žuto obojenje tamni. Pri pH = 13 javlja se tamnije zeleno obojenje, dok se pri pH = 14 prikazuje zelena boja. Ove promijene boje nastupe nakon okvirno 10-15 minuta, odnosno isti dan.

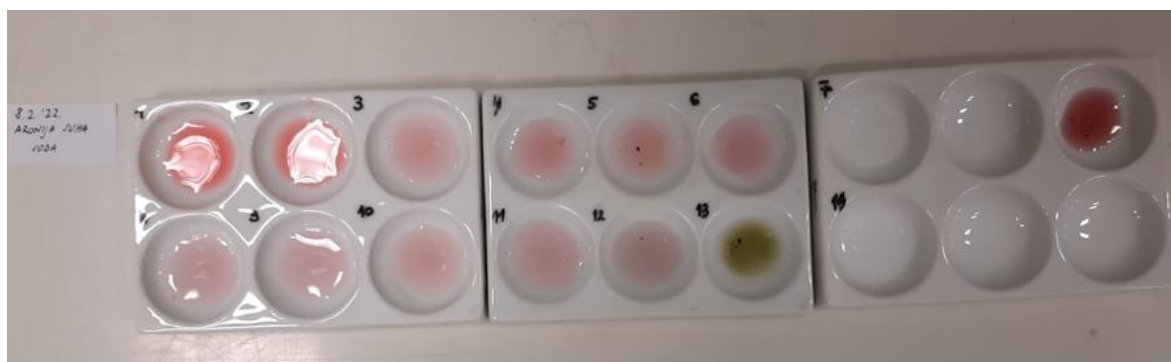
4.4. Indikator pripremljen s vodom

4.4.1. Indikator pripremljen s hladnom vodom

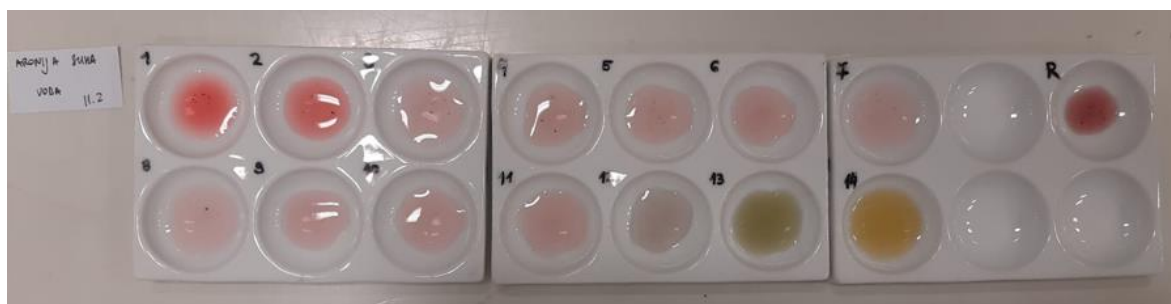
Rezultati istraživanja koji pokazuju promjene boje indikatora pripremljenog od suhe aronije i hladne vode u pH području 1-14 prikazani su na slikama 99.-124.



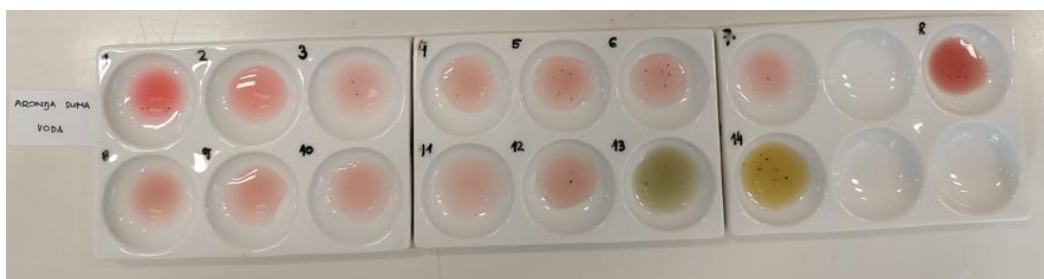
Slika 99. Suha aronija u hladnoj vodi, ispitivanje provedeno 4. 2. 2022.



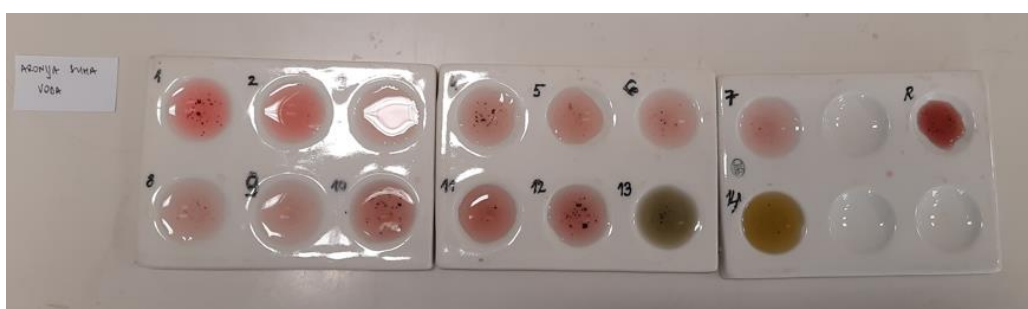
Slika 100. Suha aronija u hladnoj vodi, ispitivanje provedeno 8. 2. 2022.



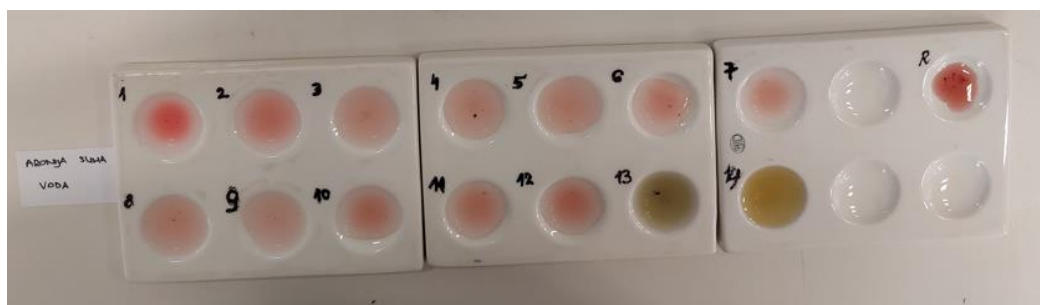
Slika 101. Suha aronija u hladnoj vodi, ispitivanje provedeno 11. 2. 2022.



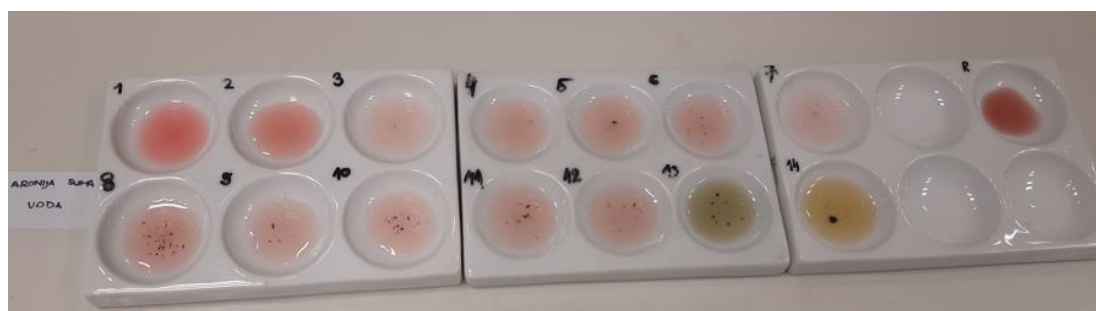
Slika 102. Suha aronija u hladnoj vodi, ispitivanje provedeno 15. 2. 2022.



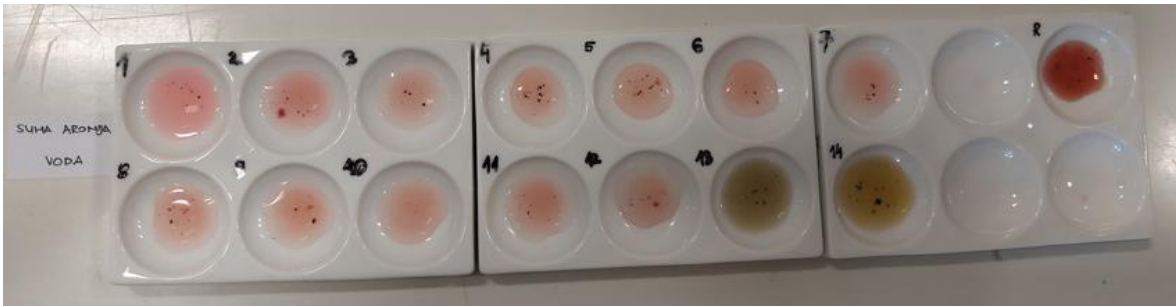
Slika 103. Suha aronija u hladnoj vodi, ispitivanje provedeno 18. 2. 2022.



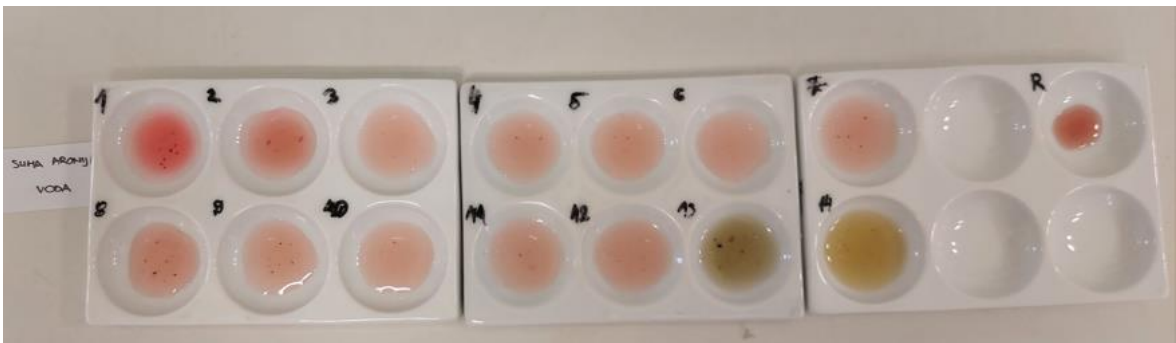
Slika 104. Suha aronija u hladnoj vodi, ispitivanje provedeno 22. 2. 2022.



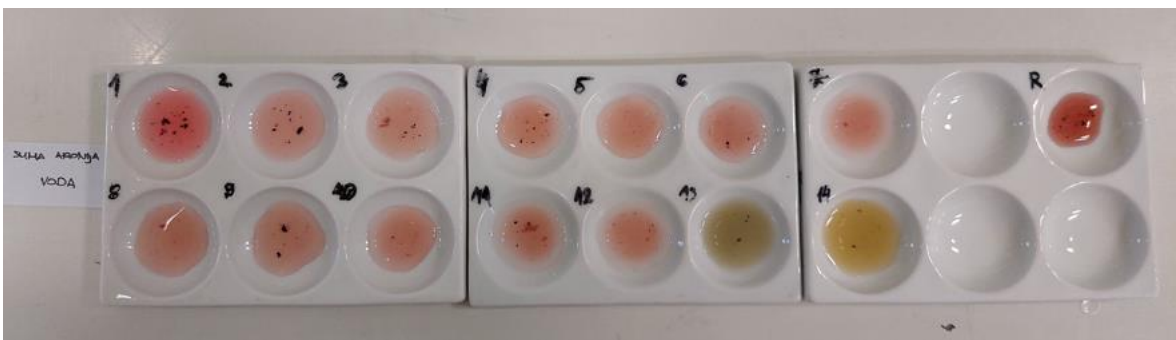
Slika 105. Suha aronija u hladnoj vodi, ispitivanje provedeno 25. 2. 2022.



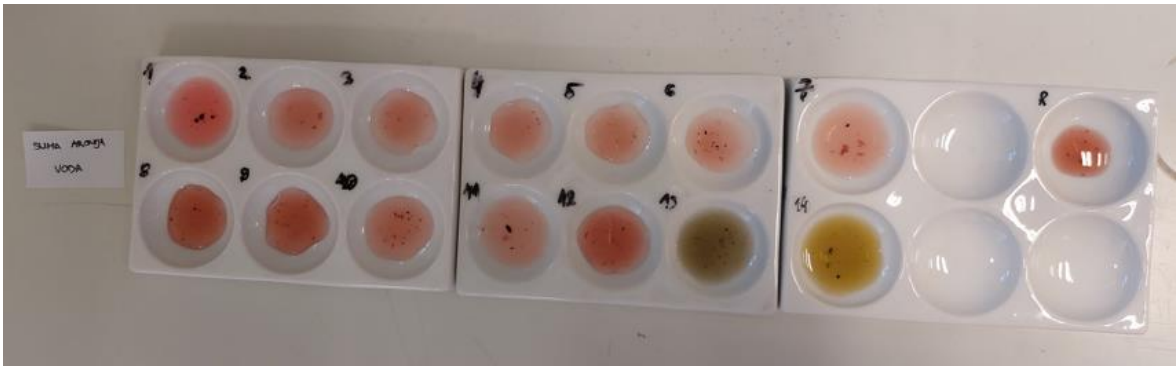
Slika 106. Suha aronija u hladnoj vodi, ispitivanje provedeno 1. 3. 2022.



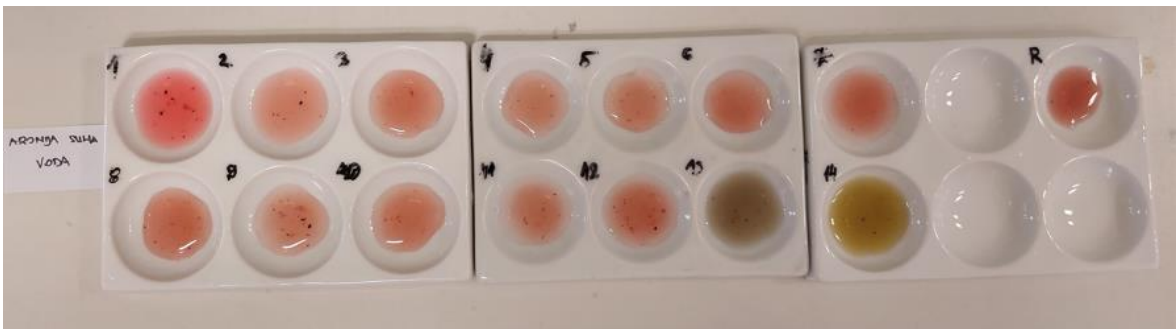
Slika 107. Suha aronija u hladnoj vodi, ispitivanje provedeno 4. 3. 2022.



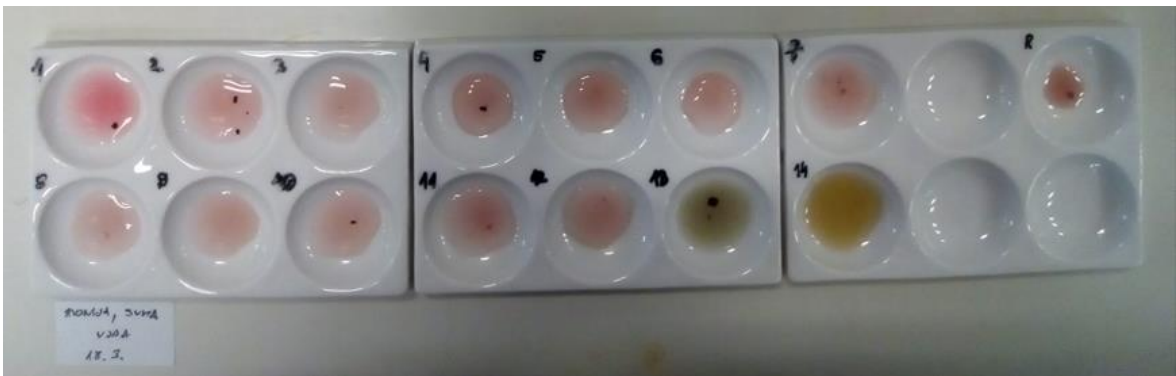
Slika 108. Suha aronija u hladnoj vodi, ispitivanje provedeno 8. 3. 2022.



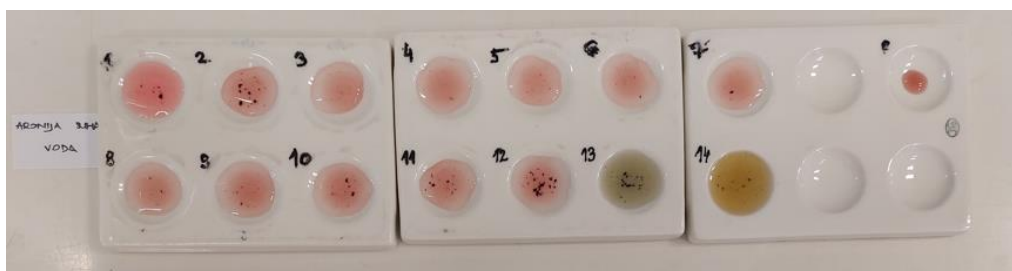
Slika 109. Suha aronija u hladnoj vodi, ispitivanje provedeno 11. 3. 2022.



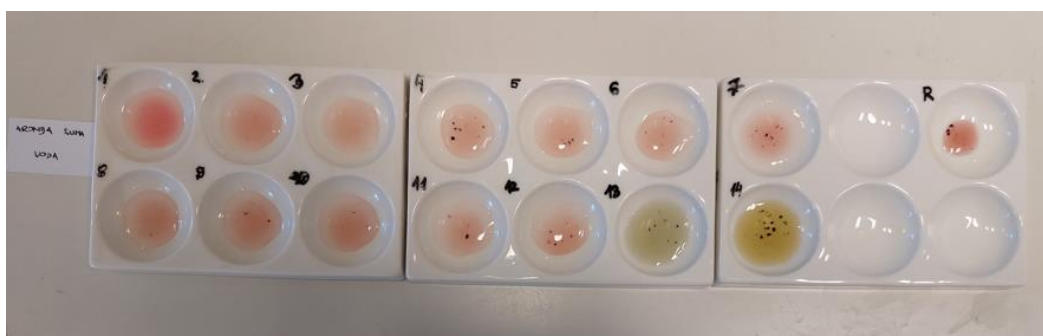
Slika 110. Suha aronija u hladnoj vodi, ispitivanje provedeno 15. 3. 2022.



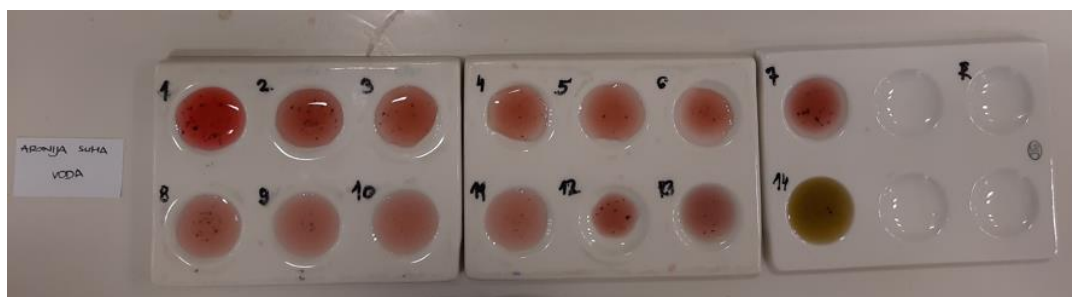
Slika 111. Suha aronija u hladnoj vodi, ispitivanje provedeno 18. 3. 2022.



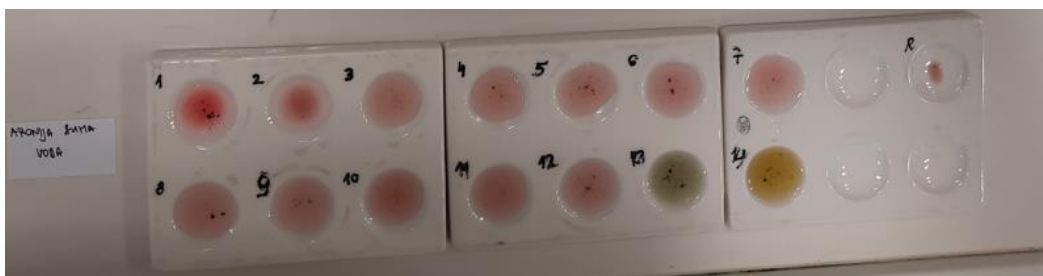
Slika 112. Suha aronija u hladnoj vodi, ispitivanje provedeno 22. 3. 2022.



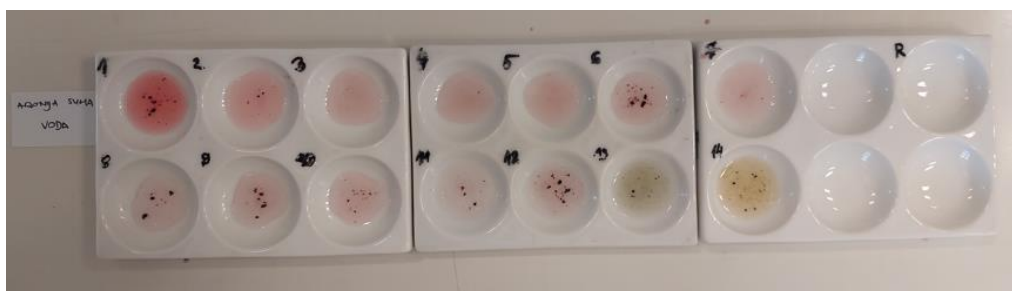
Slika 113. Suha aronija u hladnoj vodi, ispitivanje provedeno 25. 3. 2022.



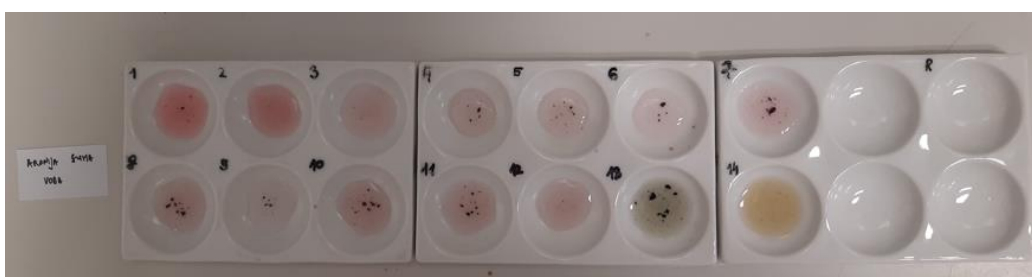
Slika 114. Suha aronija u hladnoj vodi, ispitivanje provedeno 29. 3. 2022.



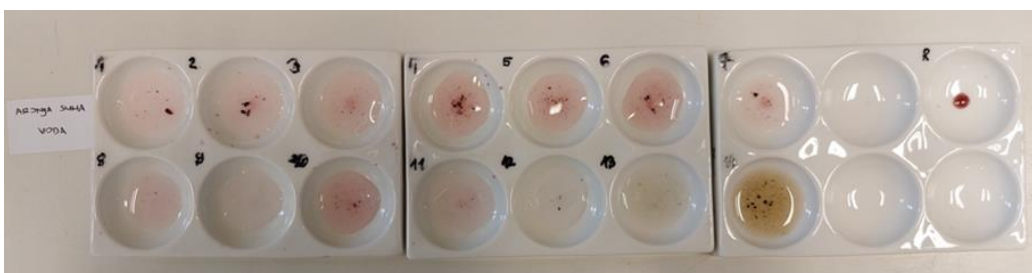
Slika 115. Suha aronija u hladnoj vodi, ispitivanje provedeno 1. 4. 2022.



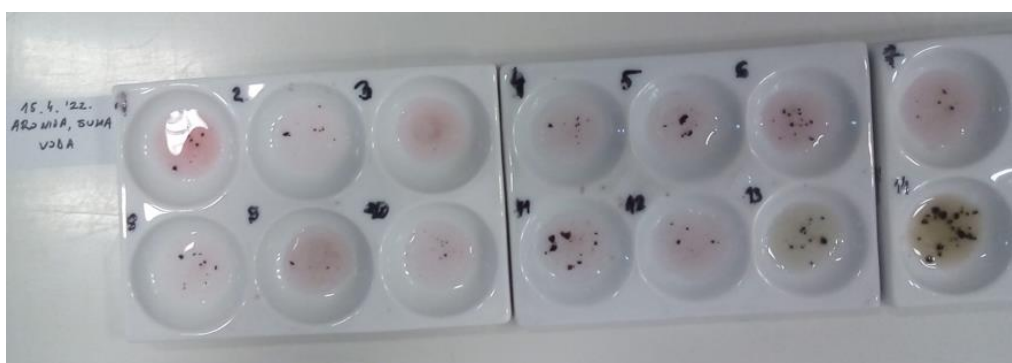
Slika 116. Suha aronija u hladnoj vodi, ispitivanje provedeno 5. 4. 2022.



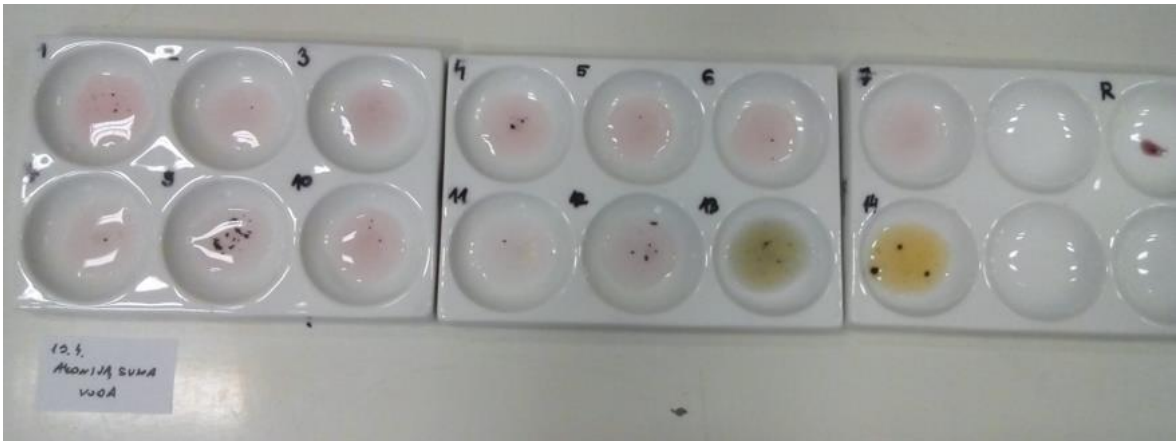
Slika 117. Suha aronija u hladnoj vodi, ispitivanje provedeno 8. 4. 2022.



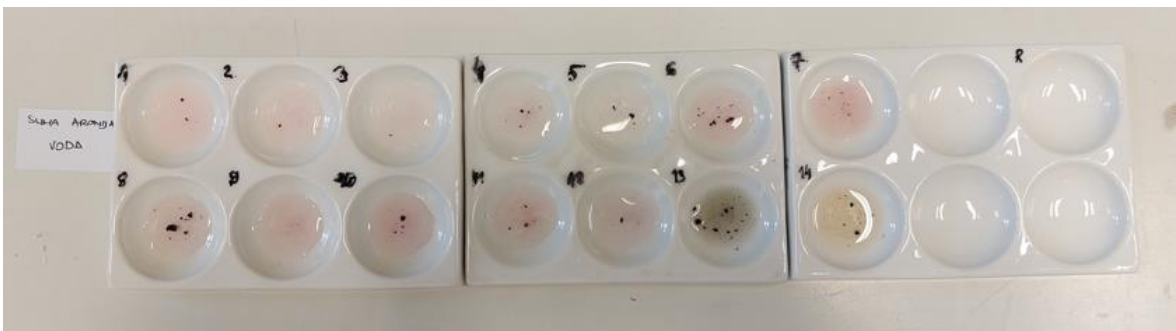
Slika 118. Suha aronija u hladnoj vodi, ispitivanje provedeno 12. 4. 2022.



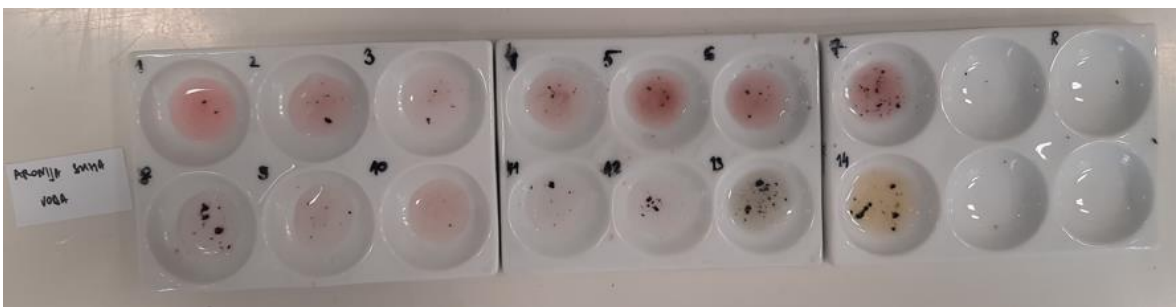
Slika 119. Suha aronija u hladnoj vodi, ispitivanje provedeno 15. 4. 2022.



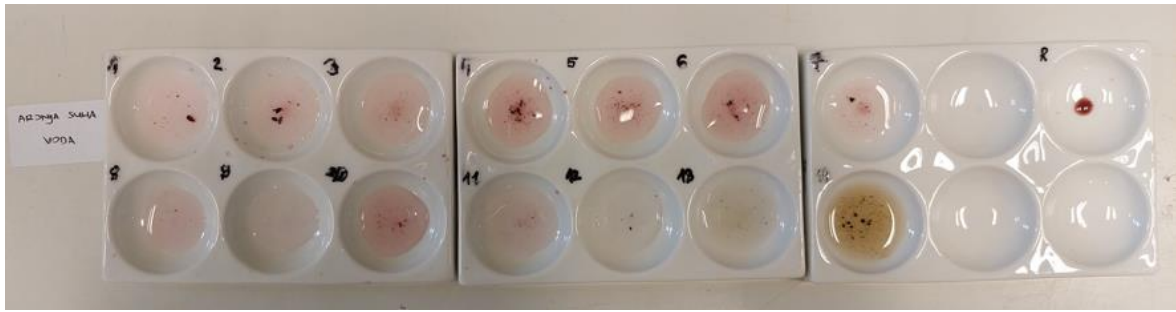
Slika 120. Suha aronija u hladnoj vodi, ispitivanje provedeno 19. 4. 2022.



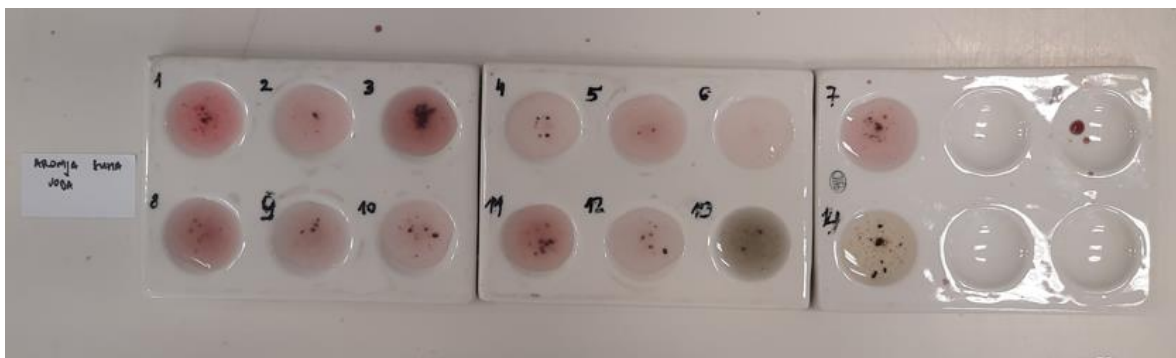
Slika 121. Suha aronija u hladnoj vodi, ispitivanje provedeno 22. 4. 2022.



Slika 122. Suha aronija u hladnoj vodi, ispitivanje provedeno 26. 4. 2022.



Slika 123. Suha aronija u hladnoj vodi, ispitivanje provedeno 29. 4. 2022.

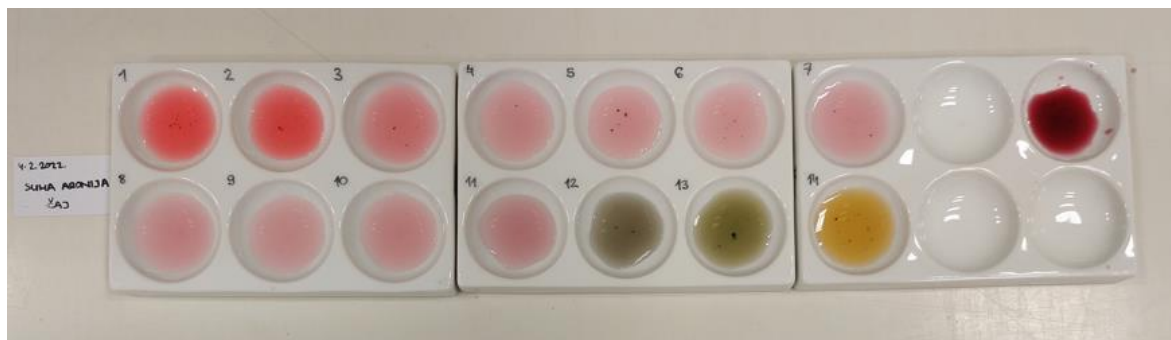


Slika 124. Suha aronija u hladnoj vodi, ispitivanje provedeno 3. 5. 2022.

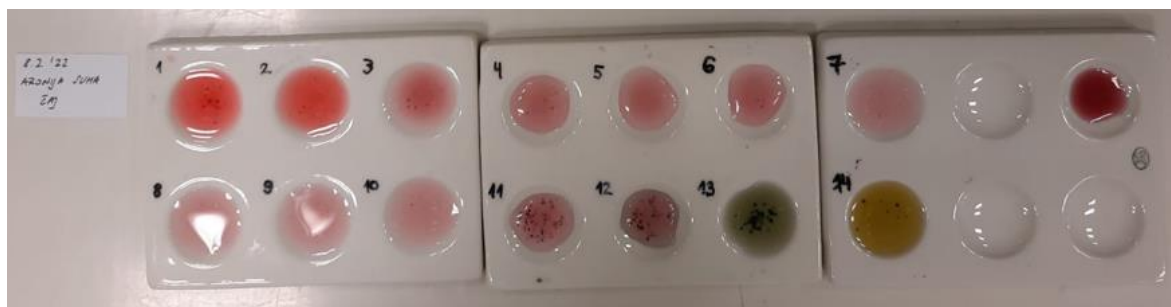
Indikator od suhe aronije pripremljen s hladnom vodom, od prvog mjerenja pokazuje roza obojenje pri $\text{pH} = 1-2$, dok se svjetlo roza obojenje javlja pri $\text{pH} = 3-12$. Zeleno obojenje od prvog mjerenja prikazuje se kod $\text{pH} = 13$ (stajanjem posivi), dok se pri $\text{pH} = 14$ jasno vidi žuto obojenje od prvog do zadnjeg mjerenja.

4.4.2. Indikator pripremljen s vrelom vodom

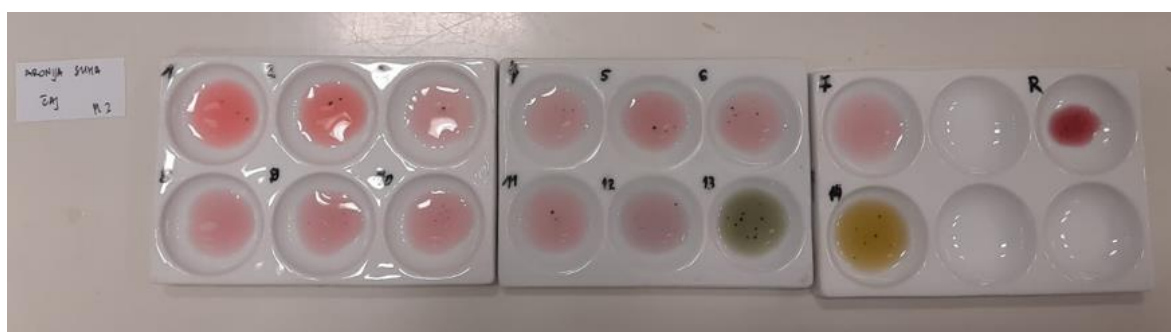
Rezultati istraživanja koji pokazuju promjene boje indikatora pripremljenog od suhe aronije i vrele vode u pH području 1-14 prikazani su na slikama 125.-152.



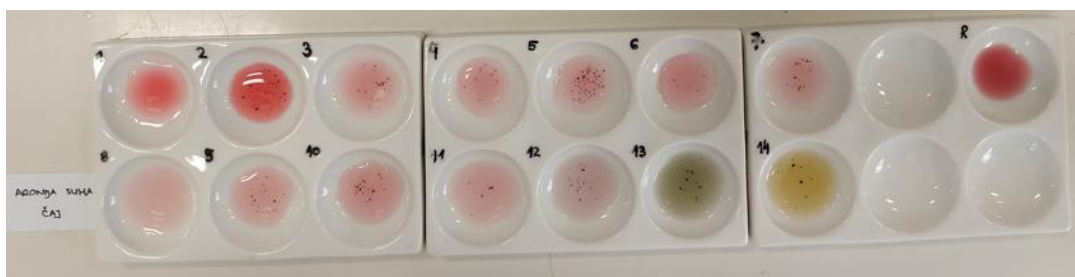
Slika 125. Suha aronija u vreloj vodi, ispitivanje provedeno 4. 2. 2022.



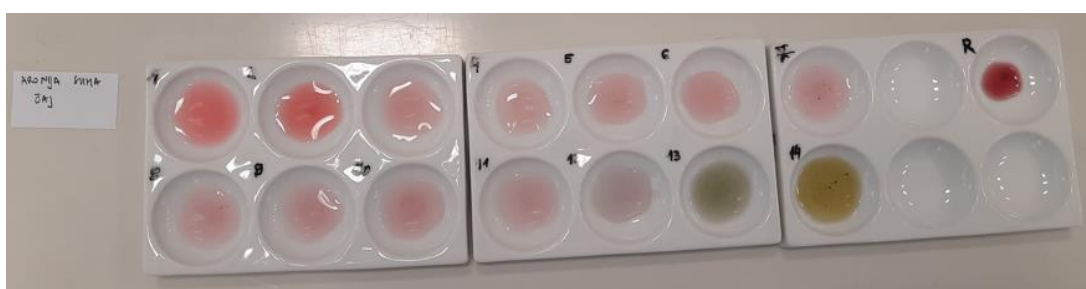
Slika 126. Suha aronija u vreloj vodi, ispitivanje provedeno 8. 2. 2022.



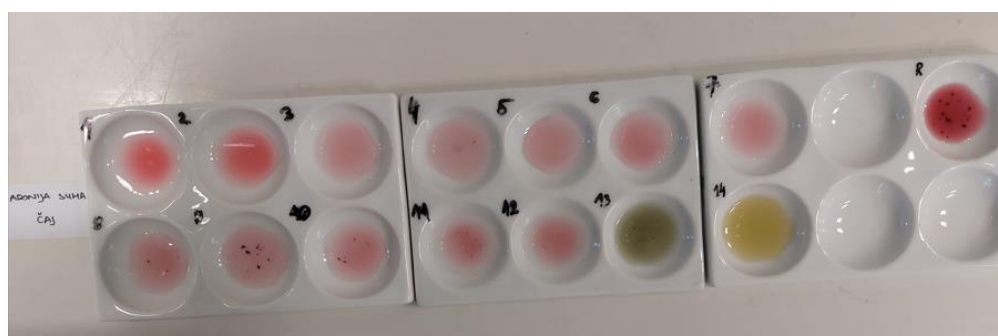
Slika 127. Suha aronija u vreloj vodi, ispitivanje provedeno 11. 2. 2022.



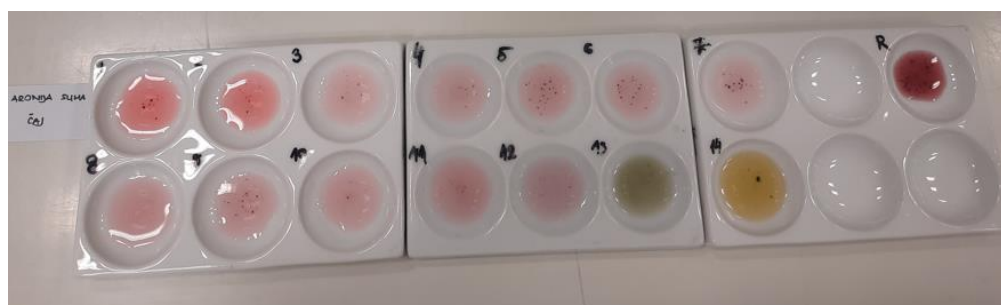
Slika 128. Suha aronija u vreloj vodi, ispitivanje provedeno 15. 2. 2022.



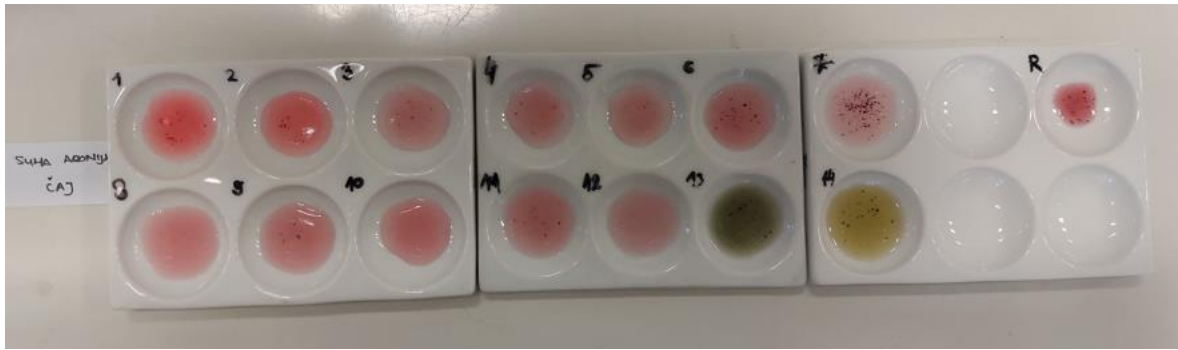
Slika 129. Suha aronija u vreloj vodi, ispitivanje provedeno 18. 2. 2022.



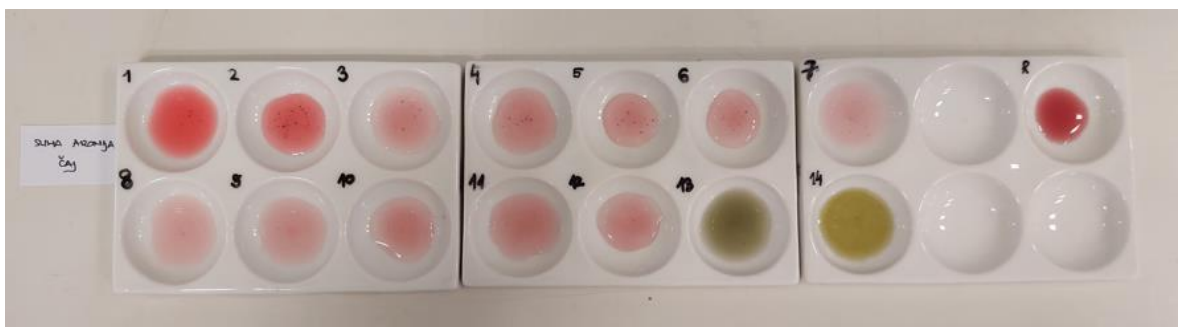
Slika 130. Suha aronija u vreloj vodi, ispitivanje provedeno 22. 2. 2022.



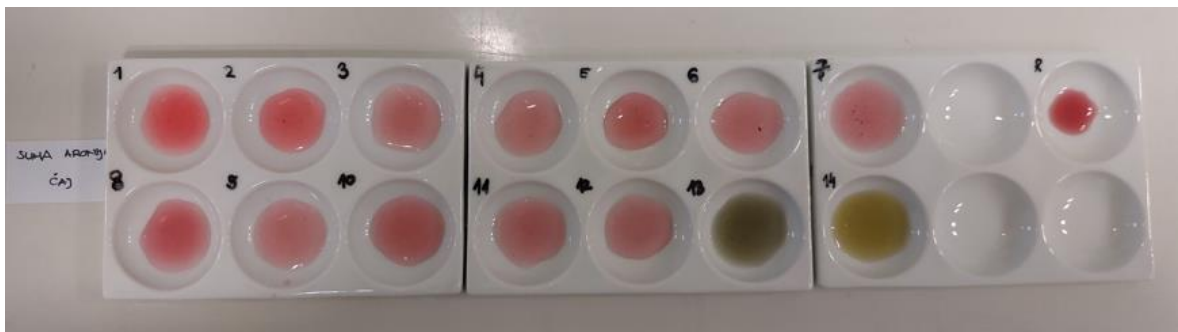
Slika 131. Suha aronija u vreloj vodi, ispitivanje provedeno 25. 2. 2022.



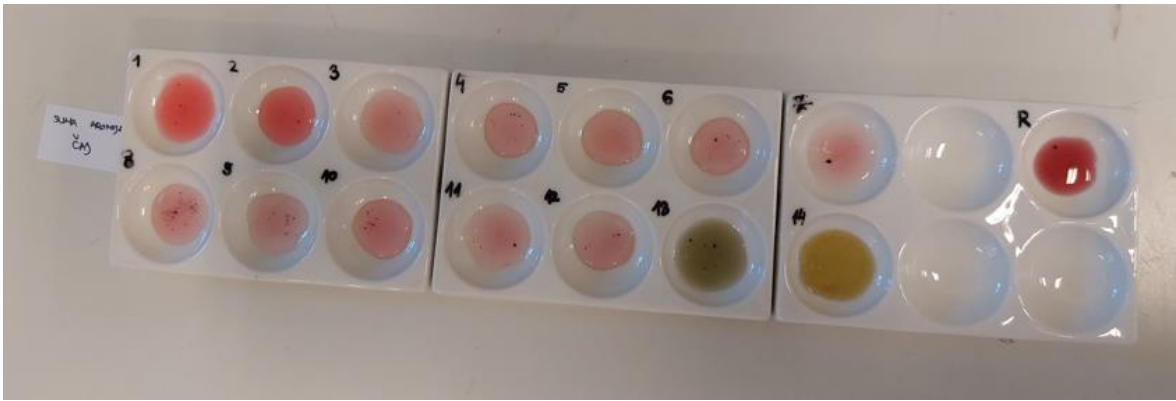
Slika 132. Suha aronija u vreloj vodi, ispitivanje provedeno 1. 3. 2022.



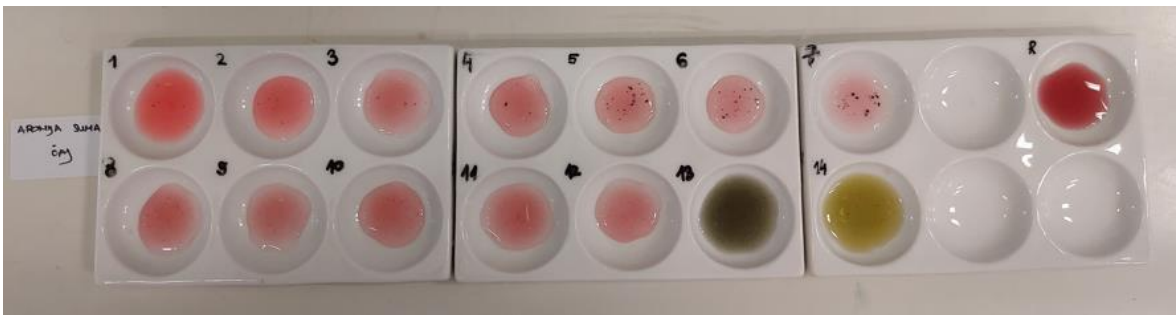
Slika 133. Suha aronija u vreloj vodi, ispitivanje provedeno 4. 3. 2022.



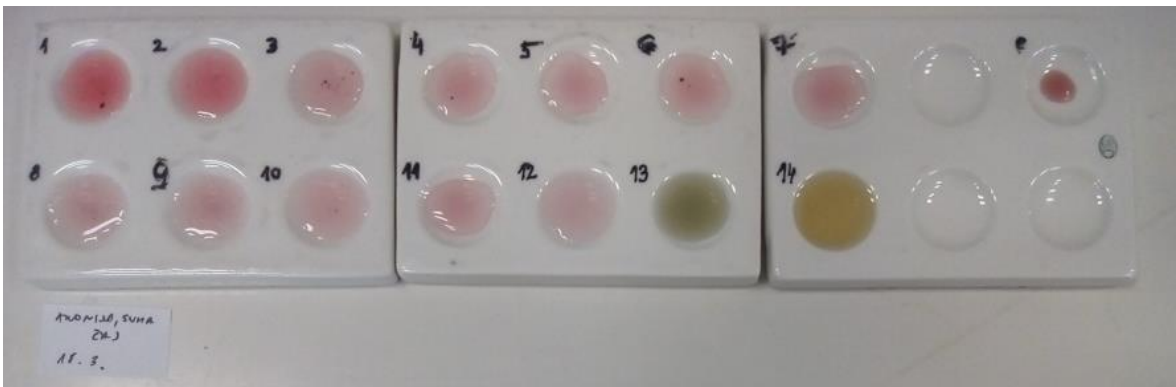
Slika 134. Suha aronija u vreloj vodi, ispitivanje provedeno 8. 3. 2022.



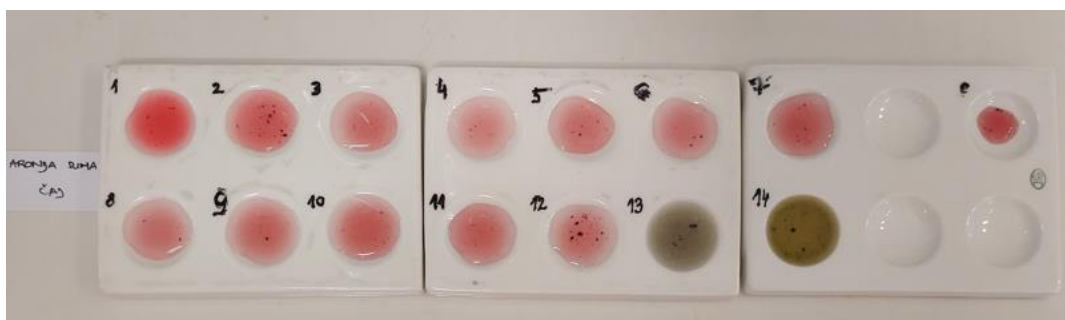
Slika 135. Suha aronija u vreloj vodi, ispitivanje provedeno 11. 3. 2022.



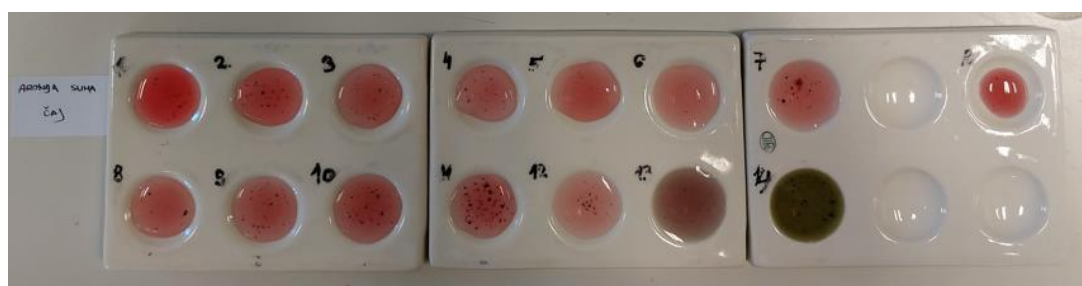
Slika 136. Suha aronija u vreloj vodi, ispitivanje provedeno 15. 3. 2022.



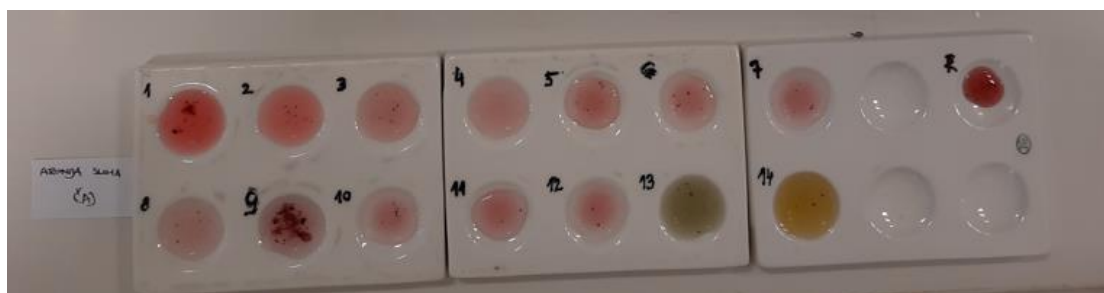
Slika 137. Suha aronija u vreloj vodi, ispitivanje provedeno 18. 3. 2022.



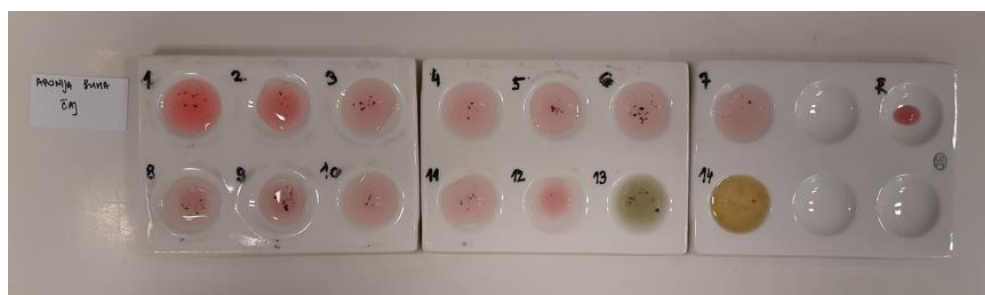
Slika 138. Suha aronija u vreloj vodi, ispitivanje provedeno 22. 3. 2022.



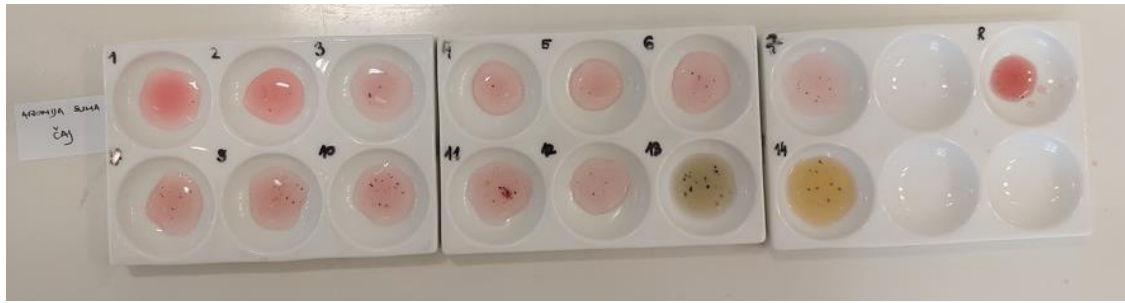
Slika 139. Suha aronija u vreloj vodi, ispitivanje provedeno 25. 3. 2022.



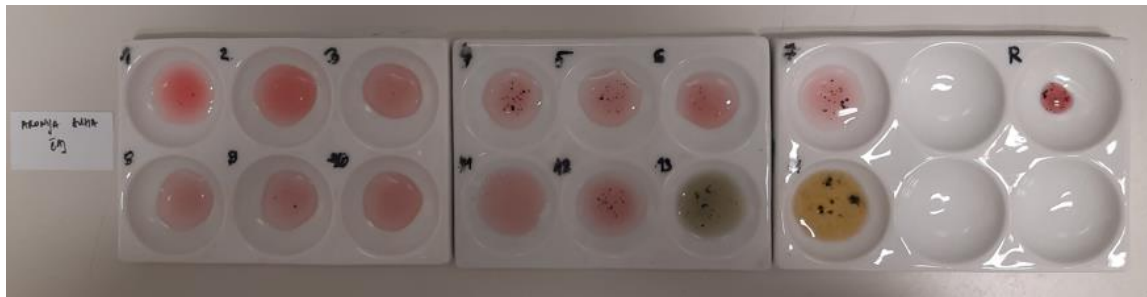
Slika 140. Suha aronija u vreloj vodi, ispitivanje provedeno 29. 3. 2022.



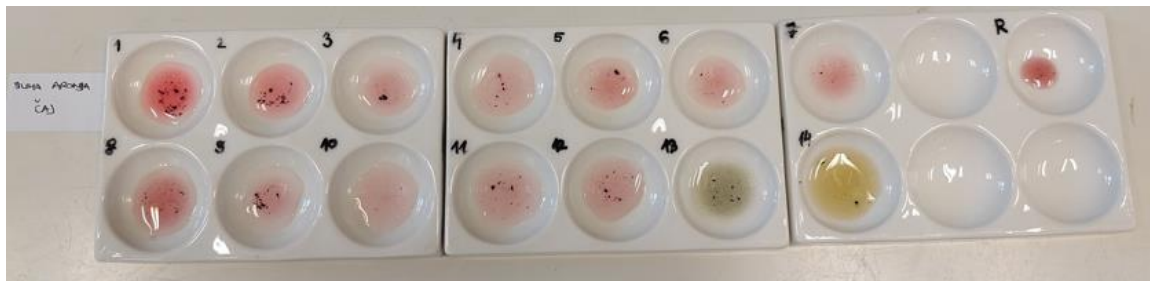
Slika 141. Suha aronija u vreloj vodi, ispitivanje provedeno 1. 4. 2022.



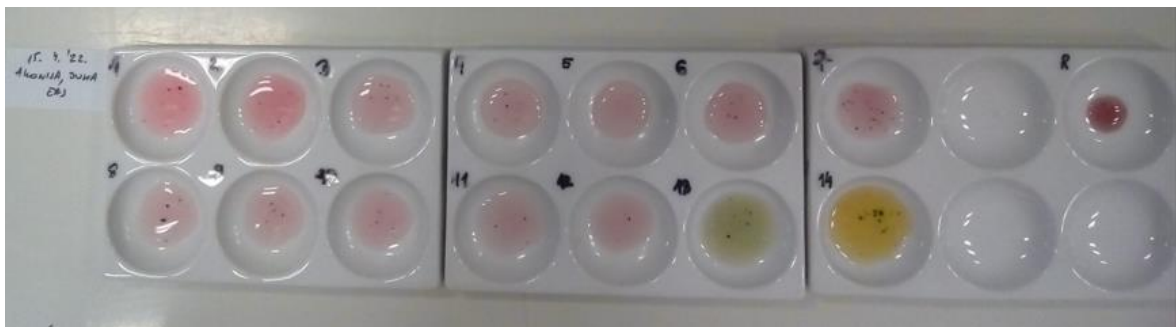
Slika 142. Suha aronija u vreloj vodi, ispitivanje provedeno 5. 4. 2022.



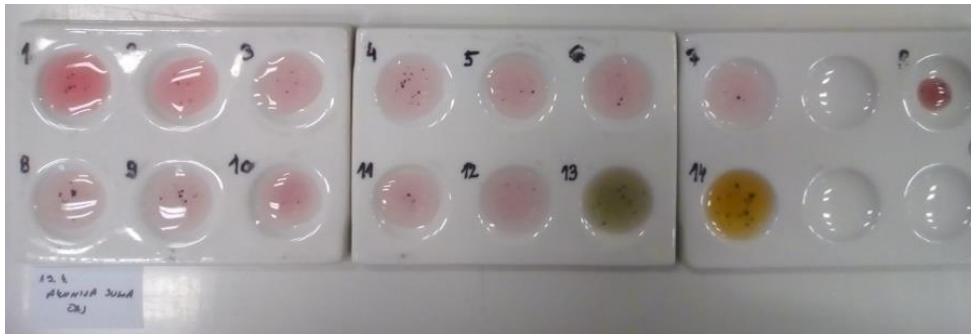
Slika 143. Suha aronija u vreloj vodi, ispitivanje provedeno 8. 4. 2022.



Slika 144. Suha aronija u vreloj vodi, ispitivanje provedeno 12. 4. 2022.



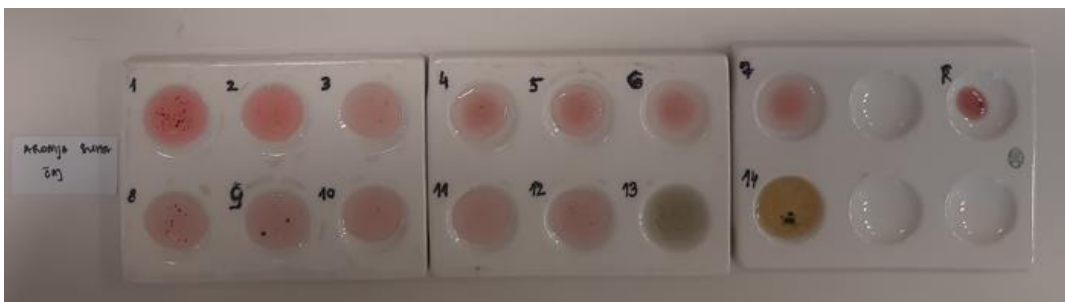
Slika 145. Suha aronija u vreloj vodi, ispitivanje provedeno 15. 4. 2022.



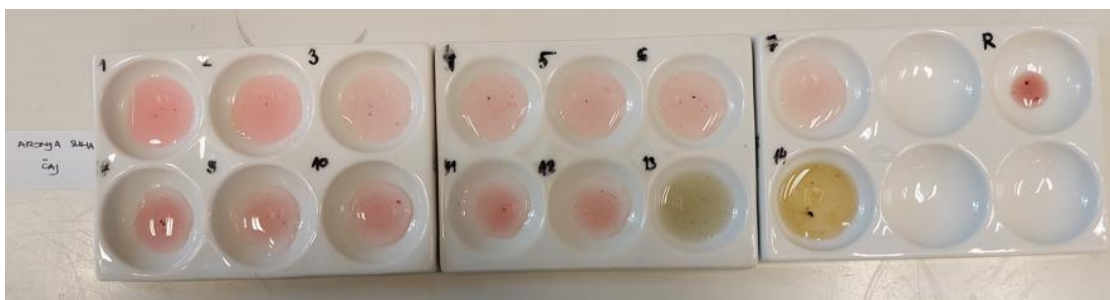
Slika 146. Suha aronija u vreloj vodi, ispitivanje provedeno 19. 4. 2022.



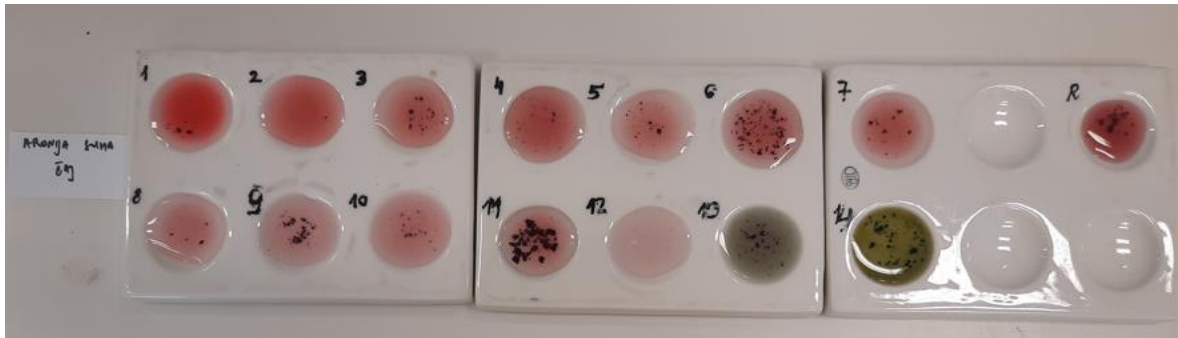
Slika 147. Suha aronija u vreloj vodi, ispitivanje provedeno 22. 4. 2022.



Slika 148. Suha aronija u vreloj vodi, ispitivanje provedeno 26. 4. 2022.



Slika 149. Suha aronija u vreloj vodi, ispitivanje provedeno 29. 4. 2022.



Slika 150. Suha aronija u vreloj vodi, ispitivanje provedeno 3. 5. 2022.



Slika 151. Suha aronija u vreloj vodi, ispitivanje provedeno 6. 5. 2022.



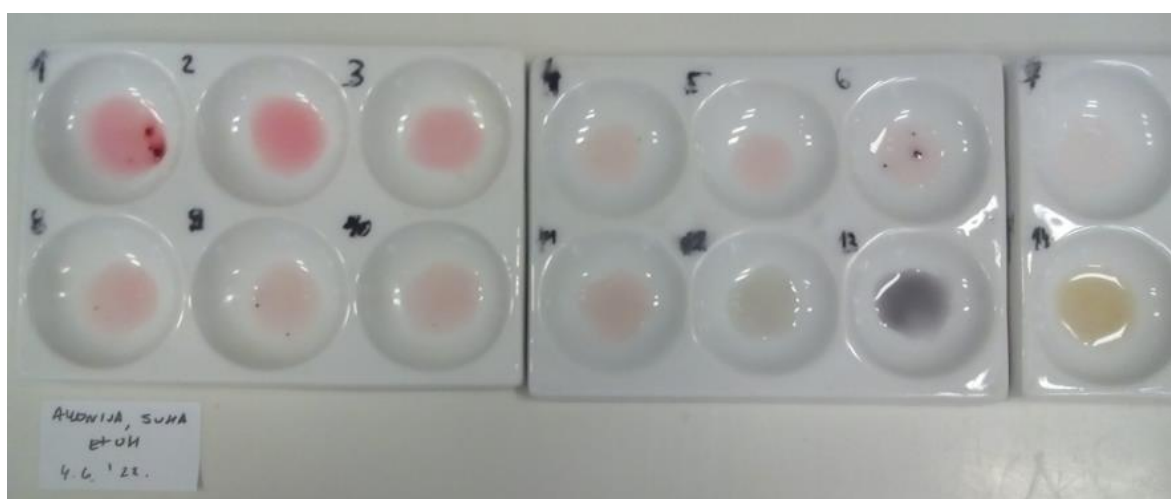
Slika 152. Suha aronija u vreloj vodi, ispitivanje provedeno 10. 5. 2022.

Indikator pripremljen od suhe aronije i vrele vode, od prvog mjerenja daje jasno vidljive rezultate odnosno, promjene boje u različitim pH područjima. Intenzivno roza boja javlja se kod $\text{pH} = 1$ i $\text{pH} = 2$, dok se u pH području 3-12 prikazuje roza obojenje. $\text{pH} = 13$ reagira zelenim obojenjem (stajanjem posivi), dok je pri $\text{pH} = 14$ prisutna žuta boja od prvog do zadnjeg mjerenja (u početku se javlja zelenkasta, tj. zeleno-žuta boja, koja vremenom požuti).

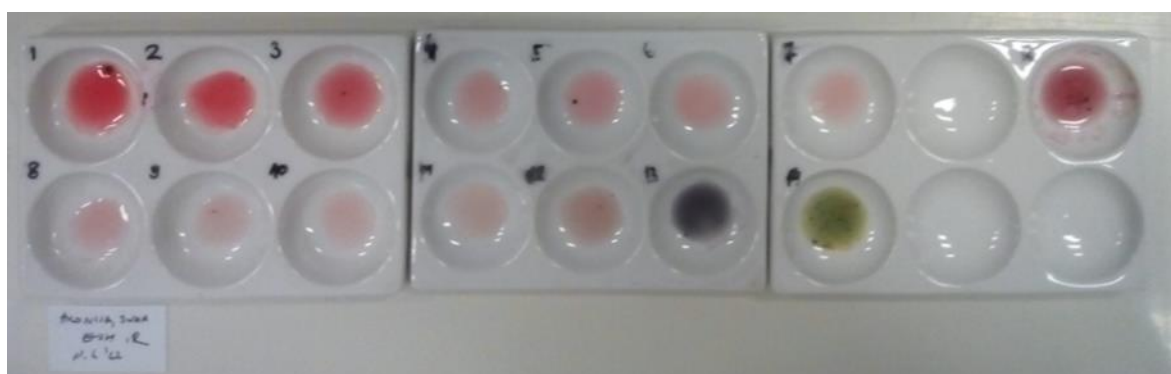
4.5. Reciklirani indikatori

Rezultati istraživanja koji pokazuju promjene boje recikliranih indikatora pripremljenih od reciklirane suhe aronije i novih obroka otapala (etanol, metanol, aceton, prokuhana voda, hladna voda) u pH području 1-14 prikazani su na slikama 153.-173.

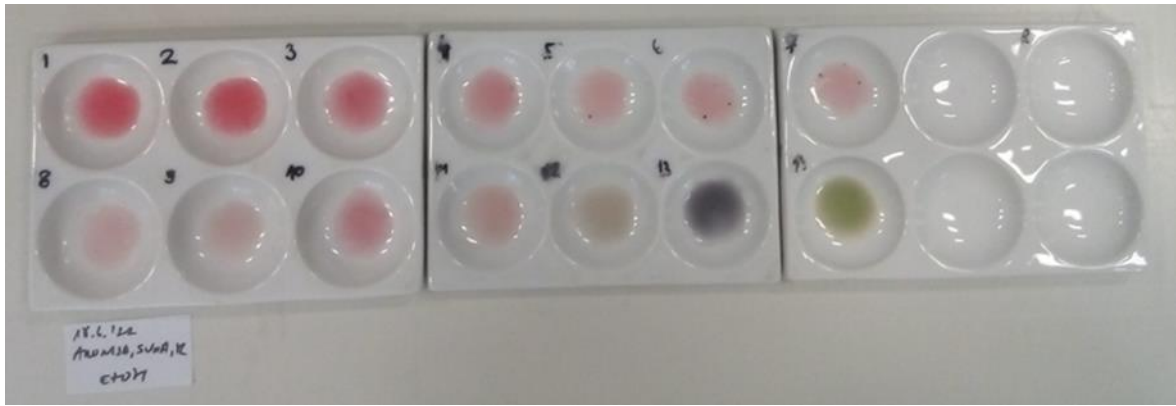
4.5.1. Reciklirani indikator pripremljen s etanolom



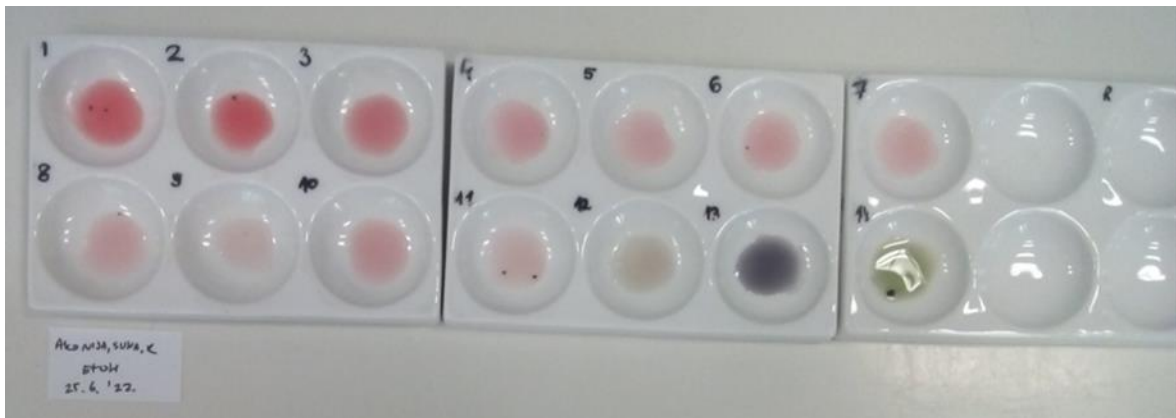
Slika 153. Suha aronija u etanolu, ispitivanje provedeno 4. 6. 2022.



Slika 154. Suha aronija u etanolu, ispitivanje provedeno 11. 6. 2022.



Slika 155. Suha aronija u etanolu, ispitivanje provedeno 18. 6. 2022.



Slika 156. Suha aronija u etanolu, ispitivanje provedeno 25. 6. 2022.

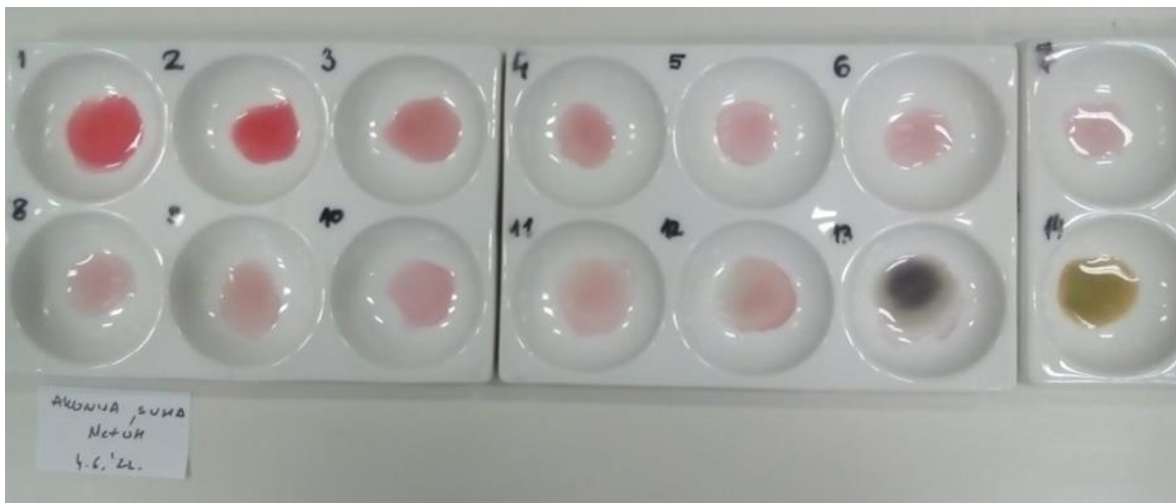


Slika 157. Suha aronija u etanolu, ispitivanje provedeno 4. 7. 2022.

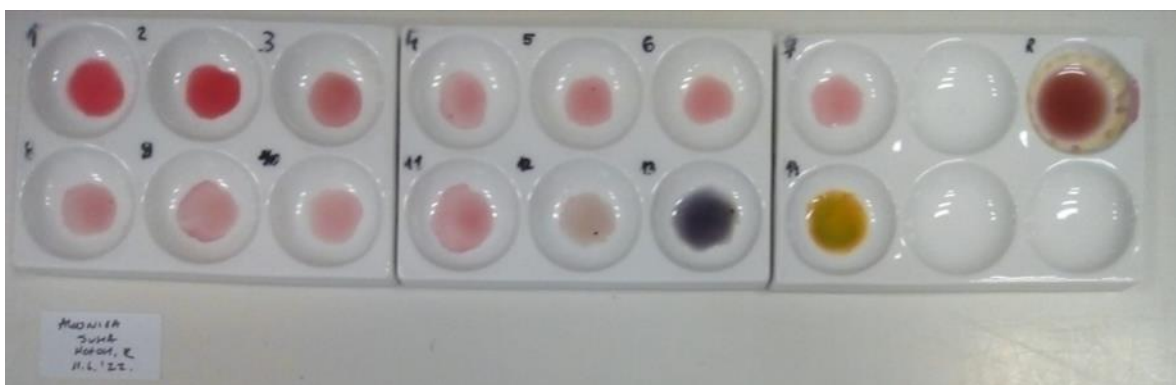
Prema rezultatima istraživanja, reciklirani indikator pripremljen od suhe aronije i etanola prikazuje i dalje intenzivno obojenje i jasne promjene u različitim pH područjima. U

kiselom području, pri pH = 1-3 pokazuje ružičasto obojenje, dok u bazičnom području pri pH = 13 pokazuje ljubičasto obojenje. Kod pH = 14 pojavljuje se žuto obojenje koje stajanjem prelazi u zeleno obojenje. U odnosu na mjerenja provedena s početnim (nerecikliranim) indikatorom, prikazuju se jednaka obojenja te se može zaključiti kako reciklirani indikator daje jednake rezultate, odnosno intenzitet obojenja u različitim pH područjima je isti.

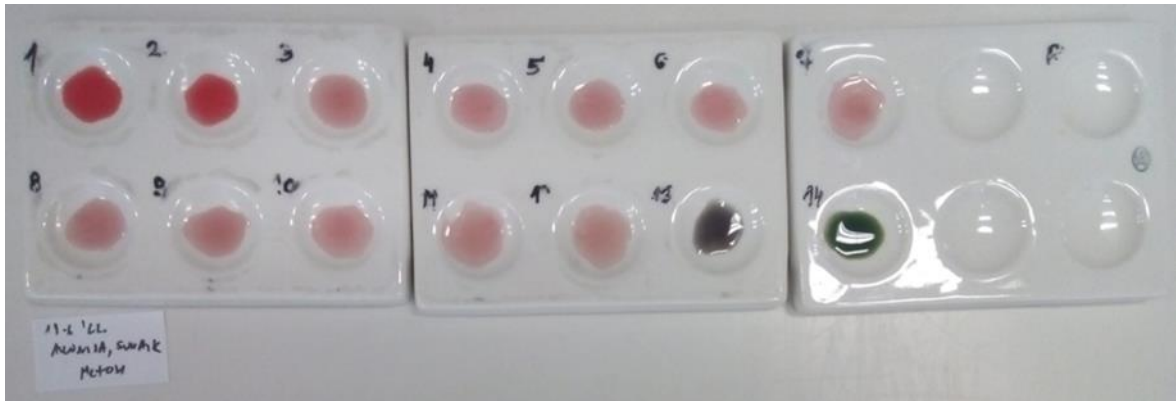
4.5.2. Reciklirani indikator pripremljen s metanolom



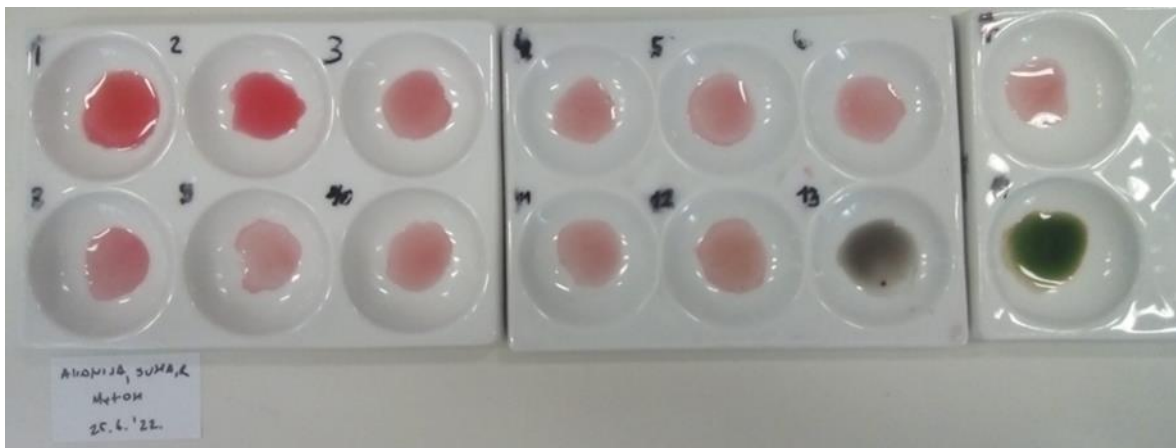
Slika 158. Suha aronija u metanolu, ispitivanje provedeno 4. 6. 2022.



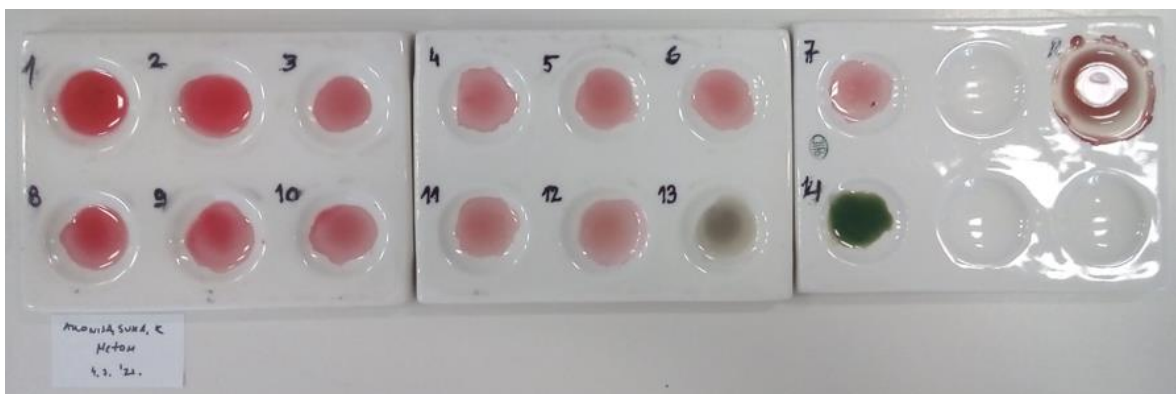
Slika 159. Suha aronija u metanolu, ispitivanje provedeno 11. 6. 2022.



Slika 160. Suha aronija u metanolu, ispitivanje provedeno 18. 6. 2022.



Slika 161. Suha aronija u metanolu, ispitivanje provedeno 25. 6. 2022.



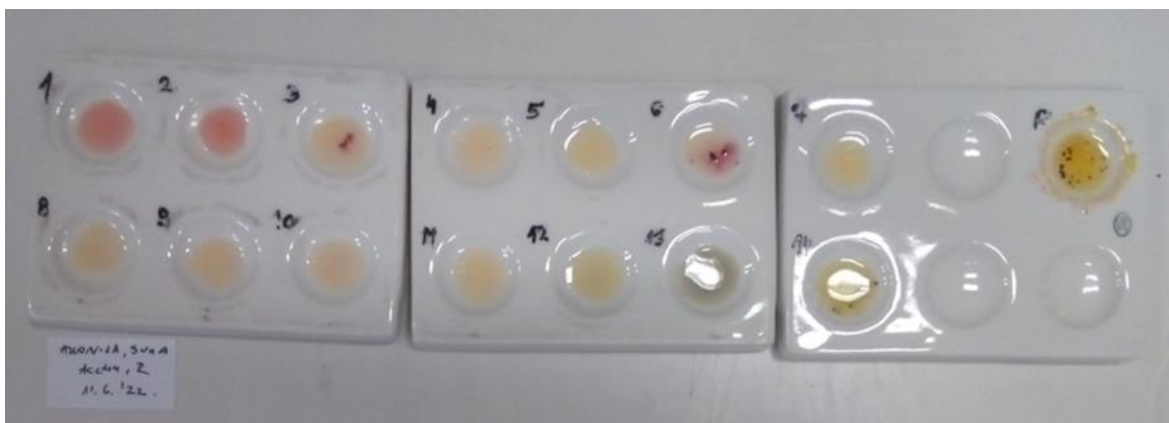
Slika 162. Suha aronija u metanolu, ispitivanje provedeno 4. 7. 2022.

Prema rezultatima istraživanja, reciklirani indikator pripremljen od suhe aronije i metanola prikazuje jasne promjene u različitim pH područjima. U odnosu na nereciklirani indikator, intenzitet boja je malo slabiji kod recikliranog indikatora. U kiselom području, pri pH = 1-3 pokazuje ružičasto obojenje, dok u bazičnom području pri pH = 13 pokazuje ljubičasto obojenje. Kod pH = 14 pojavljuje se žuto obojenje koje stajanjem prelazi u zeleno obojenje.

4.5.3. Reciklirani indikator pripremljen s acetonom



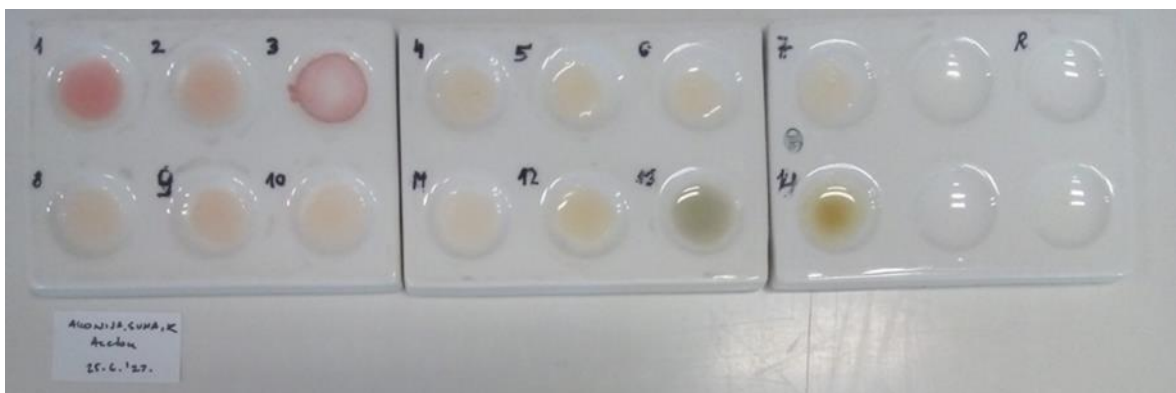
Slika 163. Suha aronija u acetonu, ispitivanje provedeno 4. 6. 2022.



Slika 164. Suha aronija u acetonu, ispitivanje provedeno 11. 6. 2022.



Slika 165. Suha aronija u acetonu, ispitivanje provedeno 18. 6. 2022.



Slika 166. Suha aronija u acetonu, ispitivanje provedeno 25. 6. 2022.



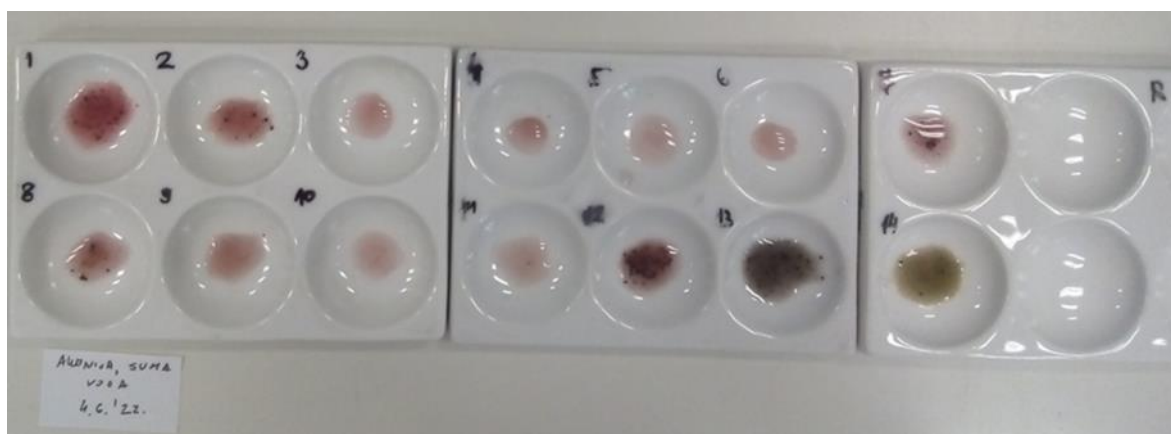
Slika 167. Suha aronija u acetonu, ispitivanje provedeno 4. 7. 2022.

Prema rezultatima istraživanja, reciklirani indikator pripremljen od suhe aronije i acetona prikazuje promjene u različitim pH područjima, slabijeg intenziteta od zadnja dva mjerenja provedena u lipnju. Uočeno je kako se ne vide iste promjene boja kao kod

nerecikliranog indikatora. Može se zaključiti kako je reciklirani indikator u odnosu na nereciklirani indikator pokazao slabije obojenje, ali još uvijek se uočava razlika u kiselom i bazičnom pH području i indikator je kao takav funkcionalan.

4.5.4. Reciklirani indikator pripremljen s vodom

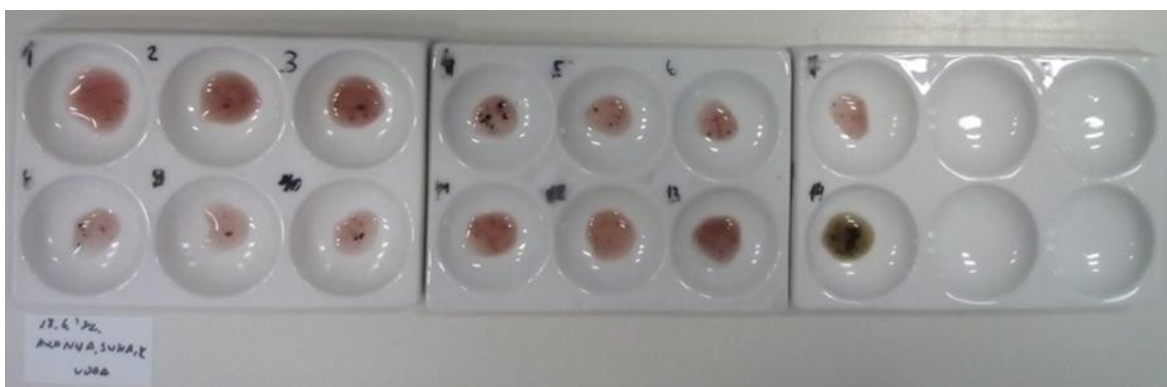
4.5.4.1. Reciklirani indikator pripremljen s hladnom vodom



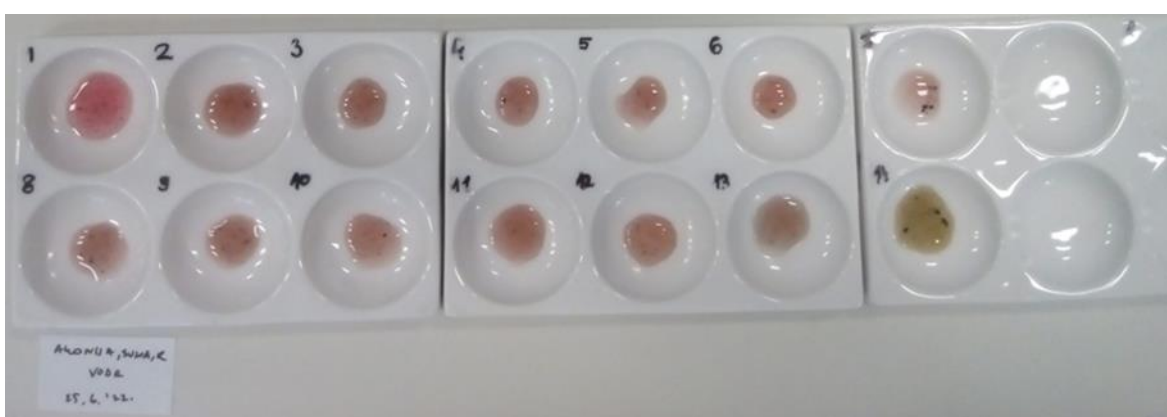
Slika 168. Suha aronija u hladnoj vodi, ispitivanje provedeno 4. 6. 2022.



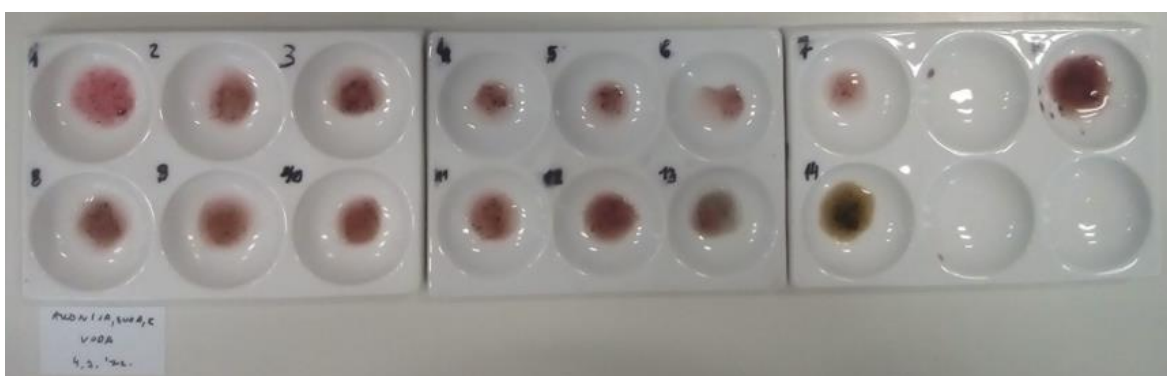
Slika 169. Suha aronija u hladnoj vodi, ispitivanje provedeno 11. 6. 2022.



Slika 170. Suha aronija u hladnoj vodi, ispitivanje provedeno 18. 6. 2022.



Slika 171. Suha aronija u hladnoj vodi, ispitivanje provedeno 25. 6. 2022.

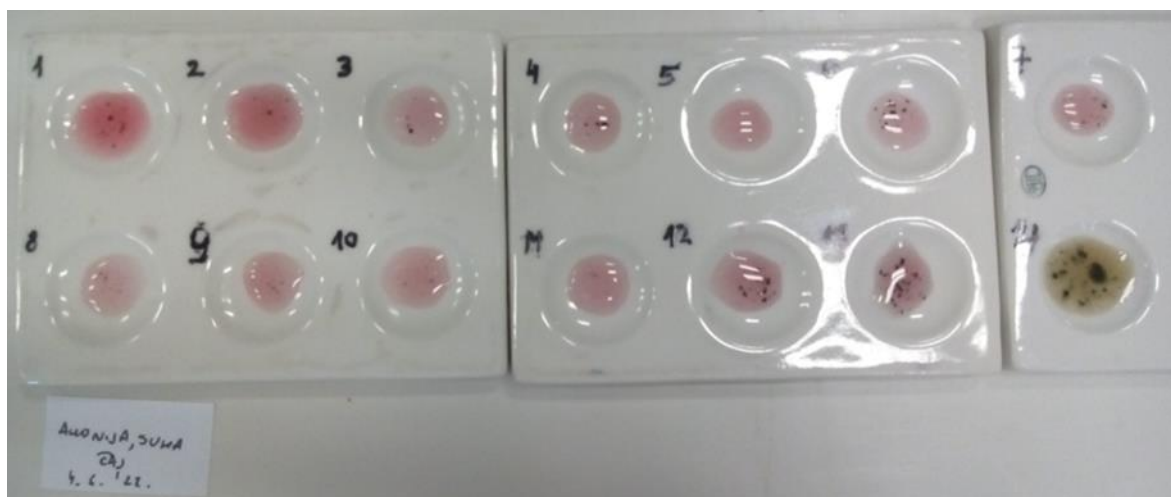


Slika 172. Suha aronija u hladnoj vodi, ispitivanje provedeno 4. 7. 2022.

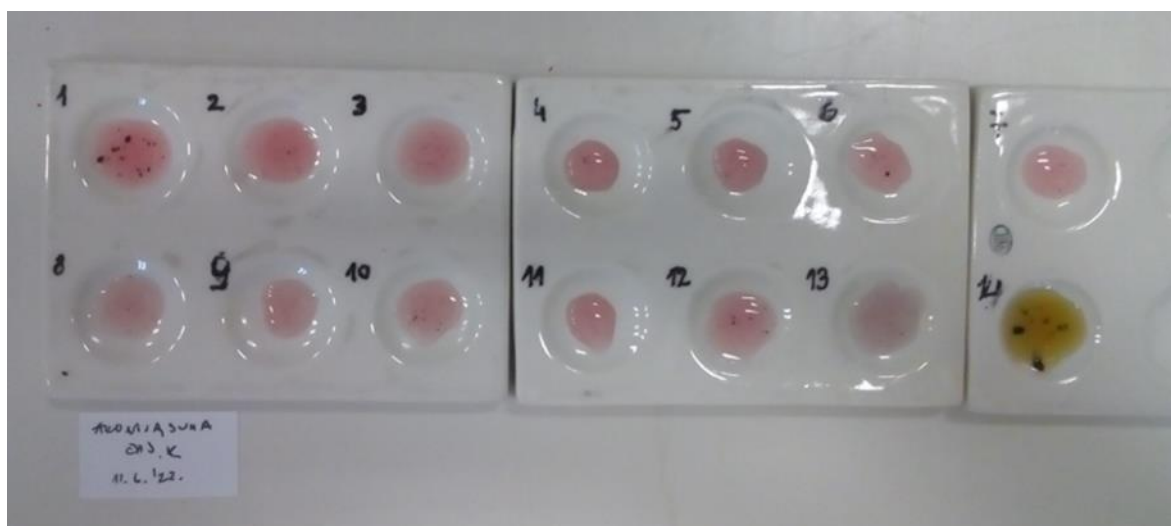
Prema rezultatima istraživanja, reciklirani indikator koji je priređen od suhe aronije i hladne vode pri prva dva mjerenja daje vidljive promjene u različitim pH područjima, kao

kod mjerenja provedenih u veljači. Boje su slabije u odnosu na nereciklirani indikator, kao i intenzitet istih.

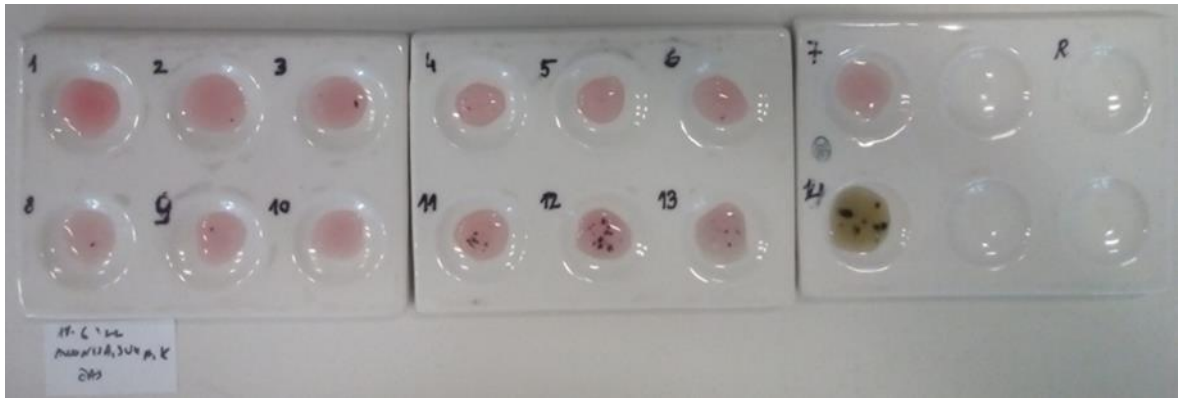
4.5.4.2. Reciklirani indikator pripremljen s vrelom vodom



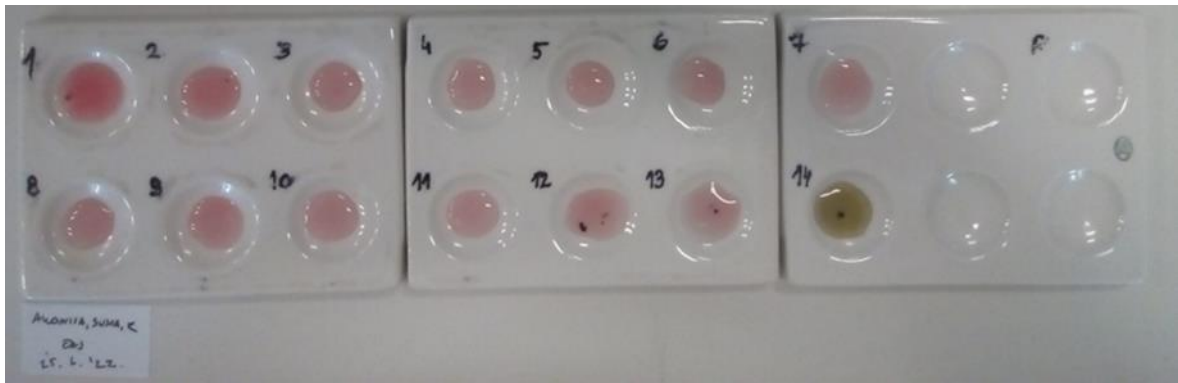
Slika 173. Suha aronija u vreloj vodi, ispitivanje provedeno 4. 6. 2022.



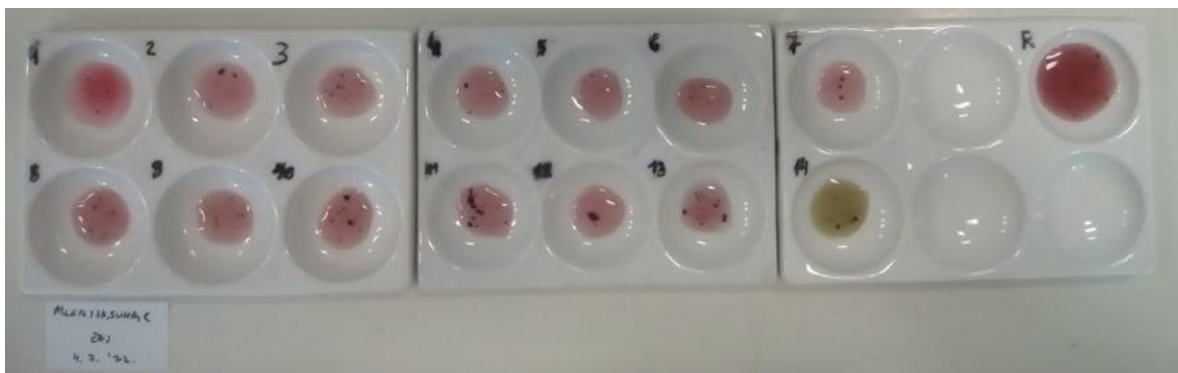
Slika 174. Suha aronija u vreloj vodi, ispitivanje provedeno 11. 6. 2022.



Slika 175. Suha aronija u vreloj vodi, ispitivanje provedeno 18. 6. 2022.



Slika 176. Suha aronija u vreloj vodi, ispitivanje provedeno 25. 6. 2022.



Slika 177. Suha aronija u vreloj vodi, ispitivanje provedeno 4. 7. 2022.

Prema dobivenim rezultatima, u slučaju recikliranog indikatora pripremljenog od suhe aronije i vrele vode, promjena se jasno vidi samo kod $\text{pH} = 1$ (ružičasta boja) i $\text{pH} = 14$ (žuta boja koja s vremenom tamni). U odnosu na nereciklirani indikator, ne vide se sve

promjene boja. Reciklirani indikator je u odnosu na nerekiclrani indikator znatno slabijeg intenziteta, pa se razlike u obojenjima ne vide jasno kao kod mjerenja provedenih od veljače do svibnja ali su cijelo vrijeme ispitivanja vidljive.

6. METODIČKI DIO

Cilj metodičkog dijela je upoznati učenike s indikatorima koji se koriste za ispitivanje kiselosti, odnosno lužnatosti neke otopine. Prije samog sata, potrebno je pripremiti pribor i kemikalije za pokus. Nastavna jedinica je predviđena i osmišljena za blok sat kemije. Nakon blok sata, učenici bi trebali usvojiti znanje o kiselim, neutralnim i lužnatim otopinama, ponavljanjem ključnih pojmova na kraju sata i popunjavanjem KWL tablice.

6.1. Priprema za nastavni sat

Priprema za nastavni sat iz kemije

Datum:

Razred: 7.razred

Ime i prezime učitelja/nastavnika kemije: Marta Grgić

Tematska cjelina/tema: Tvari, vrste tvari i njihova svojstva

Nastavna jedinica: Kisele, neutralne i lužnate otopine

Cilj: Ispitati svojstva kiselih, neutralnih i lužnatih otopina

Razrada postignuća (ishoda) i zadaci/aktivnosti za provjeru njihove usvojenosti

a) Izdvojiti postignuće/a iz PIP-a te razraditi ishode učenja.

b) Predložiti/planirati aktivnosti i/ili zadatke za provjeru njihove usvojenosti uporabom revidirane Bloomove taksonomije.

POSTIGNUĆA IZ PIP-A	ISHODI UČENJA I POUČAVANJA	RAZINA ISHODA (prema Crooksu, 1988):	PLANIRANI ZADACI/AKTIVNOST I ZA PROVJERU USVOJENOSTI ISHODA UČENJA I POUČAVANJA	OSTVARENOST PLANIRANIH ZADATAKA/AKTIVNOST I ZA PROVJERU USVOJENOSTI ISHODA UČENJA I POUČAVANJA
<i>Preslikati odgovarajuća postignuća.</i>	<i>Jedno postignuće može biti razrađeno na jedan ili više ishoda. Pri razradi postignuća treba voditi računa da ishodi učenja budu u skladu s razinom postignuća te da ishodi učenja više razine podrazumijevaju usvojenost ishoda niže razine.</i>	<i>1. reprodukcija i literarno razumijevanje 2. konceptualno razumijevanje i primjena 3. rješavanje problema *UPISATI ODGOVARAJUĆ I BROJ RAZINE ISHODA</i>	<i>Potrebno navesti za svaki pojedini ishod.</i>	<i>Označiti + ili – pored planiranog ishoda učenja i poučavanja.</i>
KEM OŠ A.7.1. Istražuje svojstva i vrstu tvari.	<i>Razlikuje pojmove otopina, otopalo i otopljena tvar. Uspoređuje svojstva kiselih, lužnatih i neutralnih otopina.</i>	<i>R1</i>	<i>Nakon priče o kiselim i lužnatim otopinama, te priče o indikatorima, učenici uspoređuju promjene boje različitih konvencionalnih indikatora u kiselim i lužnatim otopinama.</i>	
KEM OŠ A.7.3. Kritički razmatra upotrebu tvari i njihov utjecaj na čovjekovo zdravlje i okoliš.	<i>Kritički razmatra upotrebu kiselina, baza, oksida soli te njihov utjecaj na okoliš. Objašnjava kemijske promjene pri promjeni pH. Razmatra utjecaj alternativnih indikatora na zdravlje i okoliš.</i>	<i>R2, R3</i>	<i>Učenici razmišljaju o primjeni alternativnih pH indikatora u školskim pokusima koji imaju bolji utjecaj na zdravlje čovjeka i čistoću okoliša. Razmatraju kako prirodni pH indikatori reagiraju u kiselim i lužnatim otopinama, te kako bi potaknuli korištenje biljaka i njihovih plodova za pripremu prirodnih pH indikatora.</i>	
KEM OŠ D.7.1. Povezuje rezultate i zaključke istraživanja s konceptualnim spoznajama.	<i>Uspoređuje na temelju pokusa promjenu boje indikatora u različitim pH otopinama. Prikazuje podatke prikupljene pokusima i/ili radom na tekstu, novim tekstom, tablicama i grafovima.</i>	<i>R1</i>	<i>Povezuju dokazane činjenice iz pokusa sa činjenicama koje već znaju iz svakodnevnog života.</i>	

Tijek nastavnog sata

ETAPE NASTAVNOG SATA	Aktivnosti učitelja/nastavnika	Aktivnosti učenika	Sociološki oblici rada
<i>Uvodni dio</i> (10min)	Na poslužavniku su poslužene neke tvari kao npr. ocat, pola limuna, kuhinjska sol, deterdžent, sapun. Učenici ih prepoznaju i definiraju neka svojstva svake tvari. Ponavljanje s učenicima da se kemijski spojevi znatno razlikuju po svojim svojstvima, i najava tri velike skupine kao tema nastavnog sata: kiseline, lužine i soli.	Učenici kroz svojstva ponuđenih tvari, dolaze do zaključka koju temu će obrađivati kroz sljedeća dva sata. Ujedno ponavljaju kako se kemijski spojevi razlikuju prema svojim svojstvima.	Frontalni-razgovor Individualni
<i>Središnji dio</i> (65min)	Raspoređivanjem tvari s poslužavnika u 3 velike skupine, započeti priču o dokazivanju svojstva kiselosti/lužnatosti. Slijedi obrada temeljnih indikatora za kiseline i lužine (plavi i crveni lakmusov papir, univerzalni indikatorski papir, otopine: fenolftalein i metiloranž). Zatim učenike podijeliti u četiri skupine. Jedna skupina ispituje kiselost, druga lužnatost, treća neutralnu otopinu, a četvrta može sve te otopine ispitati indikatorom dobivenim od suhe aronije (upute napisane od strane nastavnika). Upute za prve tri skupine na radnome su listiću <i>Određivanje kiselosti, neutralnosti i lužnatosti otopina</i> (radna bilježnica, 79. str.). Nakon obavljenih istraživanja predstavnici skupina iznose svoje zaključke. Svim se učenicima mogu postavljati i dodatna pitanja kako bi ih se motiviralo da prate izlaganje drugih skupina. Nakon izlaganja skupina, slijedi upoznavanje s pH ljestvicom koristeći animaciju.	Raspoređuju ponuđene tvari u tri velike skupine u tablicu u svojim bilježnicama. Razgovaraju o indikatorima i onome što povezuju uz pojam indikatora Dijele se u 4 skupine, obrađujući kroz pokuse kiselost, lužnatost i neutralnost otopina, dok učenici četvrte skupine ispituju sve te otopine indikatorom dobivenim od suhe aronije slijedeći upute dane od strane nastavnika. Nakon pokusa iznose svoje zaključke, zatim slijedi razgovor o pH ljestvici i onome što već znaju o njoj.	Frontalni razgovor Individualni Grupni razgovor
<i>Završni dio</i> (15min)	Puštanje videozapisa <i>Kiseline i lužine</i> , te na temelju pogledanog videozapisa učenici ponavljaju ključne pojmove obrađene u ovoj nastavnoj temi, nakon čega ispunjavaju KWL tablicu (što su znali od prije, što žele znati, i što su naučili). Podjela radnih listića za ponavljanje usvojenosti gradiva, ukoliko ne stignu na satu, završavaju za DZ.	Pozorno prate videozapis te ponavljaju ključne pojmove. Ispunjavaju KWL tablicu kao vid ponavljanja gradiva obrađenog u blok satu. Ispunjavaju radni listić za ponavljanje, ukoliko ne stignu na satu, rješavaju za domaću zadaću te provjeravaju na sljedećem satu.	Frontalni razgovor Individualni

*učitelj/nastavnik kemije može upisati u tablicu okvirnu vremensku artikulaciju nastavnoga sata, nastavne metode i tip sata

Materijalna priprema: Kemija 7, Profil Klett, udžbenik, str. 53.-56. str.

radna bilježnica: 76.-81. str

Digitalno izdanje na moj.izzi.hr: videozapis *Kiseline i lužine*; interaktivna animacija

Ljestvica pH-vrijednosti

Ploča, projektor, udžbenik, kemijski pribor, kemikalije

Plan učenickog zapisa

KISELE, NEUTRALNE I LUŽNATE OTOPINE

Indikatori

- tvari koje u dodiru s kiselinama i lužinama mijenjaju boju
- plavi i crveni lakmusov papir, univerzalni indikatorski papir, otopine: fenolftalein i metiloranž

Promjene boje indikatora

	plavi lakmusov papir	otopina metiloranža	crveni lakmusov papir	otopina fenolftaleina
kiselo područje	crven	crvena	/	/
lužnato područje	/	/	plav	crvenoljubičasta

Prirodni indikatori

- obojeni prirodni sokovi napravljeni od voća ili povrća
- primjerice, sok pripremljen od crvenoga kupusa, cikle, aronije

Soli

- kemijski spojevi, primjerice, natrijev klorid, modra galica; vodena otopina natrijeva klorida ne mijenja boju plavoga i crvenoga lakmusova papira, kao ni univerzalnoga indikatora jer je neutralna

Prilagodba za učenike s posebnim potrebama

Navesti način prilagodbe učenja mogućnostima i potrebama učenika.

Korištena metodička i stručna literatura za pripremu nastavnog sata:

- Profil Klett udžbenik za 7. razred osnovne škole [39]
- moj.izzi.hr (<https://hr.izzi.digital/DOS/604/1986.html>) [40]

Prilozi: prezentacijska oprema, udžbenik, radna bilježnica, radni listovi

6.2. Primjer radnog listića

UPUTE ZA POKUS: ISPITIVANJE INDIKATORA OD SUHE ARONIJE

- 1. korak

U tarioniku s tučkom usitniti 10 g bobica suhe aronije. Prenijeti ih u staklenu bočicu sa širokim grlom.

- 2. korak

U bočicu dodati 100 mL prokuhane vode, začepiti i lagano protresti.

- 3. korak

U 5 epruveta na stalku, uliti tvari s poslužavnika (s početka sata). U jednu epruvetu uliti sok od limuna, u drugu ocat i tako redom do zadnje epruvete.




- 4. korak

U svaku epruvetu dodati po 3 kapi indikatora od suhe aronije, te pogledati promjenu.

- 5. korak

U bilježnicu nacrtati tablicu, u lijevi stupac upisati korištene proizvode, a u desni stupac napisati boje dobivene nakon dodatka indikatora u svaku od epruveta. Ispod tablice napisati zaključak pokusa.

RADNI LISTIĆ 1. – PONAVLJANJE

<p>K – Što znam</p> 	<p>W – Što želim znati</p> 	<p>L – Što sam naučio</p> 

RADNI LISTIĆ 2.

1. Dopuni rečenice riječima koje nedostaju.

- a) _____ nastaju u tijelima mnogih živih bića. Kao čiste tvari, _____ na sobnoj temperaturi mogu biti _____ tvari ili _____.
- b) Međusobnom reakcijom odgovarajuće kiseline i lužine nastaje _____ otopina.
- c) Da bismo utvrdili kiselost, neutralnost ili lužnatost neke otopine, koristimo se _____.

2. Zaokruži slovo ispred dvaju točnih odgovora.

- a) Plavi lakmusov papir služi za dokazivanje kiselina.
- b) Crveni lakmusov papir služi za dokazivanje kiselina.
- c) Plavi lakmusov papir služi za dokazivanje lužina.
- d) Univerzalni indikatori promjenom boje mogu dokazati neutralnu, kiselu i lužnatu otopinu.

3. Zaokruži slovo ispred jednog točnog odgovora.

pH ljestvica pokazuje brojeve:

- a) 1-7
- b) 7-14
- c) 0-14
- d) 1-14

4. Spoji parove

- | | |
|-----------------|--------------------------------|
| a) Metiloranž | crvena u lužnatom području |
| b) Fenolftalein | crvena boja u kiselom području |
| c) Fenol crveno | bez boje u kiselom području |
| d) Timolftalein | plava boja u lužnatom području |

5. Zaokruži slovo ispred jednog točnog odgovora

Crveni kupus možemo koristiti kao

- a) Univerzalni indikator.
- b) Indikator za kiselost otopine.
- c) Indikator za lužnatost otopine.
- d) Indikator za neutralnost otopine.

6.3. Rješenja radnog listića

RADNI LISTIĆ 2. – RJEŠENJA

- Dopuni rečenice riječima koje nedostaju.
 - Kiseline** nastaju u tijelima mnogih živih bića. Kao čiste tvari, **kiseline** na sobnoj temperaturi mogu biti **čvrste** tvari ili **tekućine**.
 - Međusobnom reakcijom odgovarajuće kiseline i lužine nastaje **neutralna** otopina.
 - Da bismo utvrdili kiselost, neutralnost ili lužnatost neke otopine, koristimo se **indikatorima**.
- Zaokruži slovo ispred dvaju točnih odgovora.
 - Plavi lakmusov papir služi za dokazivanje kiselina.**
 - Crveni lakmusov papir služi za dokazivanje kiselina.
 - Plavi lakmusov papir služi za dokazivanje lužina.
 - Univerzalni indikatori promjenom boje mogu dokazati neutralnu, kiselu i lužnatu otopinu.**
- Zaokruži slovo ispred jednog točnog odgovora.

pH ljestvica pokazuje brojeve:

 - 1-7
 - 7-14
 - 0-14**
 - 1-14
- Spoji parove

a) Metiloranž	→	crvena u lužnatom području
b) Fenolftalein	→	crvena boja u kiselom području
c) Fenol crveno	→	bez boje u kiselom području
d) Timolftalein	→	plava boja u lužnatom području

5. Zaokruži slovo ispred jednog točnog odgovora

Crveni kupus možemo koristiti kao

a) **Univerzalni indikator.**

b) Indikator za kiselost otopine.

c) Indikator za lužnatost otopine.

d) Indikator za neutralnost otopine.

7. ZAKLJUČAK

U ovom diplomskom radu ispitana je primjena odabranih otapala u pripremi prirodnog kiselobaznog indikatora od suhe aronije te trajnost ovako pripremljenih indikatora. U tu svrhu korišteni su voda, metanol, etanol i aceton. Iako su indikatori pripremljeni sa svim otapalima pokazali određene promjene boje u pojedinom pH području, indikator od suhe aronije i metanola kontinuirano je davao najintenzivnije i najjasnije promjene boja.

Promjene boja koje su uočene većinom su roza i/ili crvene u kiselom području, dok su u bazičnom području pri $\text{pH} = 13$ najčešće uočena plava i zelena boja. Pri $\text{pH} = 14$ su se uglavnom uočila žuta i zelena obojenja kod svih indikatora. Do pojedinih promjena boja došlo je nakon 10-15 minuta stajanja, a do njih dolazi kontinuirano, tijekom cijelog ispitivanja. Uočeno je da pojedini indikatori s vremenom pokazuju intenzivnije boje, dok kod nekih intenzitet boje s vremenom blago slabi, ali su boje tijekom sveg trajanja ispitivanja vidljive.

Reciklirani indikatori pokazali su svoju učinkovitost, ali su se obojenja (u nekim slučajevima) pokazala slabija u odnosu na nerekiclrirane, odnosno indikatore pripremljene na početku mjerenja u veljači.

Općenito se može reći da se indikatori od suhe aronije mogu koristiti kao kiselobazni indikatori, budući da daju jasnu razliku između kiselog i baznog područja. Nadalje, jasno pokazuju razliku i između pojedinih pH vrijednosti (npr. u slučaju $\text{pH} = 13$ i $\text{pH} = 14$). Suha aronija se pokazala i pogodnom za recikliranje, odnosno za pripremu „recikliranih“ indikatora. Time se smanjuje količina otpada koji se generira pri pripremi indikatora, što je još jedna od prednosti ovih indikatora.

Svi napravljeni indikatori pokazali su svoju učinkovitost i dugotrajnost te mogućnost primjene prirodnih kiselobaznih indikatora u nastavi. Kako bi učenici lakše razumjeli gradivo kiselina, lužina i neutralnih otopina te pH ljestvicu, mogu se primijeniti prirodni kiselobazni indikatori, napravljeni upravo od suhe aronije. Ono što je važno je primjena gradiva u svakodnevnom životu i povezivanje brige o zdravlju i okolišu koristeći alternativne kiselobazne indikatore. Još neke prednosti takvih indikatora su dostupnost, jednostavnost pripreme, cjenovna dostupnost te jednostavno i dugotrajno skladištenje.

8. LITERATURNA VRELA

- [1] <https://www.thoughtco.com/definition-of-acid-base-indicator-604738> (25. 5. 2022.)
- [2] <http://www.kentchemistry.com/links/AcidsBases/Indicators.html> (25. 5. 2022.)
- [3] <https://www.toppr.com/guides/science/acids-bases-and-salts/natural-indicators-around-us/> (25. 5. 2022.)
- [4] M. Viskić, *Priroda* **977** (2009), 34-3
- [5] <https://quantumofjk.blogspot.com/2017/04/sta-je-ph-vrijednost-i-kako-je-odrediti.html> (25. 5. 2022.)
- [6] V. Besten, Antocijani: stabilnost i važnost u prehrambenim proizvodima, Prehrambeno-tehnološki fakultet, Osijek, 2011.
- [7] <https://www.intechopen.com/books/phenolic-compounds-natural-sources-importance-and-applications/anthocyanin-pigments-importance-sample-preparation-and-extraction> (26. 5. 2022.)
- [8] https://www.google.com/search?q=antocijanini&tbm=isch&chips=q:antocijanini,online_chips:antocijanin:Zjf-uKoUfpY%3D&hl=hr&sa=X&ved=2ahUKEwibuMCPx_r3AhUYgKQKHe_eCVoQ4lYoBHoECAEQJQ&biw=1349&bih=568#imgcr=W_SZiDwXLnzRFM (26. 5. 2022.)
- [9] S. Roy, J. W. Rhim, *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* **61** (2020), 2297-2325.
- [10] S. Singhr, K. K. Gaikwad, Y. S. Lee, *Korean J. Packag. Sci. Technol.* **24** (2018), 167-180.
- [11] P. Rahimi, S. Abedimanesh, S. A. Mesbah-Namin, A. Ostadrahimi, *Crit Rev Food Sci Nutr.* **59** (2019), 2949-2978.
- [12] https://www.researchgate.net/figure/An-example-of-betalain-pigments-betanin_fig1_329404119 (26. 5. 2022.)
- [13] <https://www.vrtlarica.hr/hortenzija-sadnja-uzgoj/> (26. 5. 2022.)
- [14] https://www.google.com/search?q=hortenzije&sxsrf=ALiCzsbGRMvMrc0wfcKdo9giEBH0asTvVQ:1653481390565&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwij_bSX0vr3AhWJi_0HHbv-CewQ_AUoAXoECAIQAw&biw=1366&bih=568&dpr=1#imgcr=tCW8AuNcAZXr7M (26. 5. 2022.)
- [15] A. Kokotkiewicz, Z. Jaremicz, M. Luczkiewicz, *J. Med. Food* **13** (2010), 255-269.
- [16] L. Shahin, S. S. Phaal, B. N. Vaidya, J. E. Brown, N. Joshee, *JMAP* **4** (2019), 46-63.

- [17] <https://www.aronija-trivanovic-verbanac.com/o-aroniji.html> (27. 5. 2022.)
- [18] D. P. Bilić, Utjecaj načina ekstrakcije na prinos bioaktivnih spojeva iz praha aronije (*Aronia melanocarpa*), Agronomski fakultet, Zagreb 2017.
- [19] <https://www.gbif.org/species/5363627> (27. 5. 2022.)
- [20] A. Zeba, Prednosti i nedostaci uzgoja aronije na primjeru OPG-a Remenar, Agronomski fakultet, Zagreb 2017.
- [21] <https://depositphotos.com/403313104/stock-photo-aronia-berries-aronia-melanocarpa-black.html> (27. 5. 2022.)
- [22] <http://phenol-explorer.eu/> (25. 5. 2022.)
- [23] X. Wu, L. Gu, R.L. Prior, S. McKay, *J. Agric. Food Chem.* **52** (2004), 7846-7856.
- [24] W. Zheng, S.Y. Wang, *J. Agric. Food Chem.* **51** (2003), 502-509.
- [25] D. Singh, K. Kumari, S. Ahmed, Natural herbal products for cancer therapy u Understanding cancer (ur.: B. Jain, S. Pandey), Academic Press, Elsevier Inc., 2022.
- [26] <http://phenol-explorer.eu/compounds/8> (27. 5. 2022.)
- [27] <http://phenol-explorer.eu/compounds/32> (27. 5. 2022.)
- [28] Z. Kobus, R. Nadulski, K. Wilczyński, M. Kozak, T. Guz, L. Rydzak, *PLoS one* **14** (2019), e0219585.
- [29] K. Halasz, L. Csoka, *Food Packag. Shelf Life* **16** (2018), 185-193.
- [30] Edible film production using *Aronia melanocarpa* for smart food packaging | Research Square (27. 5. 2022.)
- [31] J. A. Bonventre, Solvents (ur.: Philip Wexler) u Encyclopedia of Toxicology (3. izd.), Academic Press, 2014.
- [32] <http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=40381> (29. 5. 2022)
- [33] <https://www.solventis.net/products/alcohols/ethanol/> (29. 5. 2022)
- [34] <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Acetone> (29. 5. 2022.)
- [35] https://www.researchgate.net/publication/334129677_Effect_of_different_polarity_solvents_on_total_phenols_and_flavonoids_content_and_In-vitro_antioxidant_properties_of_flowers_extract_from_Aurea_Helianthus (27. 5. 2022.)
- [36] J. Dai, R. J. Mumper, *Molecules* **15** (2010), 7313-7352.
- [37] T. M. Takeuchi, C. G. Pereira, M. E. M Braga, M. R. Marostica Jr., P. F. Leal, M. A. A. Meireles, Low pressure solvent extraction (solid-liquid extraction, microwave assisted, and ultrasound assisted) from condimentary plants u Extracting bioactive compounds from food products (ur.: M. A. A. Meireles), CRC Press, Taylor & Francis Group, New York, 2009.

[38] C. M. Ajila, S. K. Brar, M. Verma, R. D. Tyagi, S. Godbout, J. R. Valero, *Crit. Rev. Biotechnol.* **31** (2010), 227-249.

[39] <https://www.profil-klett.hr/sites/default/files/flip/11258/#p=55> (29. 5. 2022.)

[40] <https://hr.izzi.digital/DOS/604/1986.html> (29. 5. 2022.)

9. PRILOG

9.1. Životopis

Osobni podaci	
Ime i prezime	Marta Grgić
Datum i mjesto rođenja	8. 11. 1997., Nova Gradiška
Adresa	Relkovićeveva 16, Nova Gradiška
e-mail	severovic.marta@gmail.com
Obrazovanje	
2020.-2022.	Diplomski sveučilišni studij kemije; nastavnički smjer Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za kemiju, Ulica cara Hadrijana 8/A, 31000 Osijek
2016.-2020.	Preddiplomski sveučilišni studij kemije Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za kemiju, Ulica cara Hadrijana 8/A, 31000 Osijek Završni rad: Kromatografija kao analitička metoda za određivanje bioloških uzoraka Mentorica: doc. dr. sc. Olivera Galović
2012.-2016.	Zdravstveno učilište Zagreb, Medvedgradska 55,

	10000 Zagreb, Smjer: zdravstveno-laboratorijski tehničar
Radno iskustvo	
siječanj 2021.-travanj 2021.	Studentski posao prodavača, H&M
2017.-2019.	Animator na dječjim rođendanima Rođendaonica Havana
rujan 2018.-lipanj 2019.	Asistent u nastavi Dječji vrtići Osijek, Grad Osijek
Aktivnosti i sudjelovanja	
2019.	Smotra Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za kemiju
Osobne vještine	
Materinski jezik	Hrvatski jezik
Strani jezici	Njemački jezik – aktivno u govoru i pismu Engleski jezik – pasivno u govoru i pismu
Računalne vještine	MS Office sustav, služenje internetom i mailom
Vozačka dozvola	B kategorija