Ispitivanje primjene odabranog (sup)tropskog voća kao kiselo-baznog indikatora

Jozić, Rajna Marija

Undergraduate thesis / Završni 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:182:702719

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

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

Repository / Repozitorij:

Repository of the Department of Chemistry, Osijek







Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Odjel za kemiju
Preddiplomski studij kemije

Rajna Marija Jozić

ISPITIVANJE PRIMJENE ODABRANOG (SUP)TROPSKOG VOĆA KAO KISELO-BAZNOG INDIKATORA

Završni rad

Mentorica: doc.dr.sc. Ana Amić

Osijek, 2022.

SAŽETAK

Znanstvenici u znanstveno-istraživačkim laboratorijima često zaboravljaju na potencijalne prirodne kiselo-bazne indikatore zbog učestalosti korištenja sintetiziranih. Istraživanjem voća i povrća kao potencijalnih kiselo-baznih indikatora te usvajanjem činjenica o istima, kemija se usko povezuje sa svakodnevnim životom, ali je se približava i laicima koje se upoznaje sa znanošću. Obrada i proučavanje pojmova poput pH vrijednosti, kiselina, baza i indikatora se ponekad automatski povezuje sa sintetskim indikatorima, koji često mogu biti nepraktični. Stoga je cilj ovog rada ispitivanje potencijala primjene odabranog biljnog materijala kao kiselo-baznog indikatora. U tu je svrhu korišteno i ispitano odabrano (sup)tropsko voće u kombinaciji s određenim otapalima (aceton, voda, etanol, metanol), a ispitivanje je provedeno odmah po pripremi indikatora i nakon 24 h stajanja indikatora na sobnoj temperaturi. Rezultati istraživanja pokazuju velik potencijal korištenja određenih vrsta (sup)tropskog voća u pripremi prirodnih kiselo-baznih indikatora. Od ispitanog biljnog materijala, kao vizualno najdojmljiviji istaknuli su se indikatori pripremljeni od manga i nara.

KLJUČNE RIJEČI: (sup)tropsko voće, pH, kiselo-bazni indikator, aceton, metanol, etanol, voda

ABSTRACT

Scientists in research laboratories often forget about potential natural acid-base indicators due to the frequency of using synthesised ones. By researching fruit and vegetables as potential acid-base indicators and by learning the facts about them, chemistry is closely connected with everyday life, but it is also brought closer to laymen familiarising them with science. Research and studies of concepts such as pH value, acid, base and indicators are sometimes automatically associated with synthetic indicators, which can often be impractical. Therefore, this work examines the potential of using the plant material as an acid-base indicator. For this purpose, selected (sub)tropical fruits were used and tested in combination with certain solvents (acetone, water, ethanol, methanol), the test was carried out immediately after the indicator preparation and 24 hours after preparation. The research results show great potential of using certain types of (sub)tropical fruits to prepare natural acid-base indicators. Indicators prepared from mango and pomegranate (of all the examined plant materials) stood out as the most visually impressive.

KEY WORDS: (sub)tropical fruit, pH value, acid-base indicator, acetone, methanol, ethanol, water

SADRŽAJ

1. UVOD 1
2. LITERATURNI PREGLED 2
2.1. Kiselo-bazni indikatori 2
2.1.1. Sintetski kiselo-bazni indikatori 3
2.1.2. Prirodni kiselo-bazni indikatori 6
2.1.2.1. Biljni pigmenti 8
2.1.2.2. Bioaktivni spojevi u biljkama 9
2.2. (Sup)tropsko voće 10
2.2.1. Avokado, *Persea americana* Mill. 11
2.2.2. Kaki, *Diospyros kaki* Thunb. 13
2.2.3. Kivi, *Actinidia deliciosa* Liang et Ferguson 15
2.2.4. Mango, *Mangifera indica* L. 17
2.2.5. Maslina, *Olea europaea* L. 19
2.2.6. Nar, *Punica granatum* L. 23
3. MATERIJALI I METODE 26
3.1. Ispitivani biljni material 26
3.2. Kemikalije i pribor 26
3.3. Priprema otopina zadanih pH vrijednosti 27
3.4. Priprema biljnog materijala i postupak 27
4. REZULTATI I RASPRAVA 31
4.1. Avokado, *Persea americana* Mill. 31
4.2. Kaki, *Diospyros kaki* Thunb. 36
4.3. Kivi, *Actinidia deliciosa* Liang et Ferguson 39
4.4. Mango, *Mangifera indica* L. 41
4.5. Maslina, *Olea europaea* L. 45
4.6. Nar, *Punica granatum* L. 47
5. ZAKLJUČAK 52
6. LITERATURNA VRELA 54

1. UVOD

Iako se pretežno nalaze u uporabi u znanstveno-istraživačkom radu u laboratoriju, kiselo--bazni indikatori se također koriste i u nastavničke svrhe. Zbog dostupnosti različitih komercijalnih indikatora, pažnja nije toliko pridodana kiselo-baznim indikatorima koje vrlo lako možemo pronaći u prirodi. Međutim, prirodni indikatori imaju niz prednosti pred komercijalnim te su školama često puno dostupniji. Stoga je cilj rada bio ispitati mogućnost pripreme indikatora od popularnog voća, čime bi se kemija dodatno približila svakodnevnom životu i olakšalo učenje ovog gradiva.

U prvome dijelu rada dan je kratak pregled raznih vrsta kiselo-baznih indikatora, a spomenuti su i lako dostupni i učinkoviti alternativni indikatori. Ukratko su prikazane glavne karakteristike kiselo-baznih indikatora, njihove reakcije i uporaba. Od konvencionalnih indikatora, opisani su fenolftalein, metiloranž, metil-crveno, lakmus-papir i bromtimol plavo. Uz to, obrađeni su i prirodni (alternativni) kiselo-bazni indikatori te njihova svojstva i djelovanje. Nadalje, dan je kratki pregled osnovnih informacija o proučavanom (sup)tropskom voću i prehrambenim proizvodima koji su korišteni u istraživanju.

U idućem dijelu rada dan je detaljan opis korištenog materijala i prikaz primijenjenih metoda rada. Prikazan je plan rada te je pojašnjen način pripreme otopina pH i samih indikatora. U radu je ispitano 6 (sup)tropskih plodova u kombinaciji s 4 otapala. Rezultati rada su prikazani slikama i proanalizirani. Dobiveni rezultati pokazuju kako i prirodni kiselo-bazni indikatori mogu biti vrlo učinkoviti indikatori i dostojna zamjena komercijalnima. Naime, prirodni kiselo-bazni indikatori pokazuju širok spektar boja ovisno o pH medija te tako indiciraju pH tog medija. Ovi indikatori sadrže u kori ili mesu ploda spojeve koji su zaslužni za uočene promjene boje. Prema dobivenim rezultatima, najboljim indikatorima su se pokazale kombinacija kore manga i nara s acetonom.

2. LITERATURNI PREGLED

2.1. Kiselo-bazni indikatori

Kiselo-bazni indikatori se, u kemiji, koriste za određivanje pH vrijednosti tvari. Dodatkom u neku otopinu reagiraju tako da otopinu oboje u različite boje, ovisno o tome dodaju li se na kiselinu, bazu ili neutralnu tvar. Često se kao kiselo-bazni indikatori koriste i različiti biljni proizvodi, poput soka crvenog kupusa. Određene biljne vrste svakako pokazuju indikatorski potencijal zbog aktivnih tvari koje sadrže, a koje su odgovorne za promjenu boje u određenim uvjetima. Većina pokazatelja su slabe kiseline ili baze koje reagiraju na promjenu koncentracije vodikovih iona promjenom strukture što za posljedicu ima promjenu boje medija u kojem se nalaze [1].

U vodenim otopinama je odabir odgovarajućeg kiselo-baznog indikatora prilično jednostavan. Potrebno je odabrati indikator s dobrom vidljivošću promjene boje, a važno je da pH vrijednost točke ekvivalencije bude u rasponu pH vrijednosti u kojem se odvija promjena boje indikatora. Upotreba kemijskih indikatora u većini organskih otapala može biti složenija i manje jednostavna nego u vodenim otopinama, ali se kemijska industrija razvija u takvom smjeru da je sve lakše predvidjeti ponašanje neke tvari u određenom otapalu i to s odgovarajućim stupnjem sigurnosti [1].

Promjene boje ovisne o razini kiselosti i pripadajuće konstante indikatora, uključene u određenu promjenu boje, unaprijed su definirane i poznate za svaki indikator. Iz skupova informacija o ponašanju kemijskih sustava i teorijski postavljenih titracijskih krivulja, trebalo bi biti moguće odabrati optimalni (prikladni) indikator za promatrani eksperimentalni problem [1].

Kiselo-bazni indikatori su, općenito, tvari koje mogu primiti ili predati proton, a mijenjaju boju u otopini sukladno s vrijednošću pH. Kiselo-bazna uravnoteženost indikatora koji je po prirodi slaba kiselina (HI), u vodi, se može prikazati jednadžbom (1):

$$HI_{(aq)} + H_2O_{(aq)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + I^-_{(aq)} \qquad (1)$$

Kiselina, HI, i konjugirana baza, I^-, različite su obojenosti. Izraz koji označava ravnotežu ovog procesa je prikazan formulom (1):

$$K = \frac{[I^-][H_3O^+]}{[HI]} \qquad (1)$$

Ova relacija može biti izražena i logaritamski što je prikazano formulom (2):

$$pH = pK + \log\frac{[I^-]}{[HI]} \qquad (2)$$

Iz formule (1) se može predvidjeti je li indikator u svojem kiselom ili baznom obliku, ovisno o pH vrijednosti. Formula (2) je omjer koncentracije baznog i kiselog oblika indikatora i daje rezultantnu pH vrijednost koja određuje boju indikatora, ovisno o kiselosti medija [1]. Ljudsko oko ima ograničenu osjetljivost na razlikovanje komponenata u mješavini boja. Međutim, kao radno pravilo se može uzeti da za mješavinu dviju komplementarnih boja ljudsko oko može primijetiti promjene u nijansama samo ukoliko omjer koncentracija varira između 10 i $^1/_{10}$. Ako se ta dva ograničavajuća omjera zamijene u formuli (1), dobije se formula (3):

$$pH = pK \pm 1 \qquad (3)$$

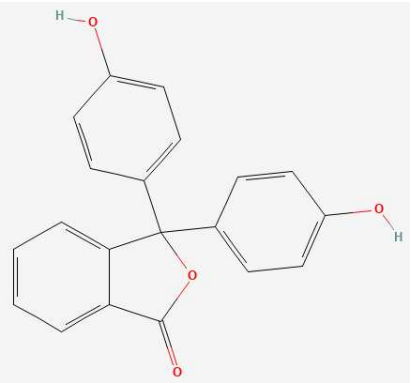
koja daje prijelaz boje u pH rasponu kiselo-baznog indikatora. Ovaj interval predstavlja pH vrijednosti pri kojima indikator mijenja boju. To znači da se raspon pH vrijednosti promjene boje indikatora treba nalaziti u pH regiji koja ovisi o konstantnim strukturnim promjenama molekule indikatora uslijed prijelaza elektrona. Sličan odnos se dobije u slučaju indikatora baznoga tipa [1].

2.1.1. Sintetski kiselo-bazni indikatori

Neki od najčešće korištenih komercijalnih kiselo-baznih indikatora su fenoftalein, metiloranž, metil-crveno, lakmus-papir i bromtimol plavo. Obzirom na to da im se boja mijenja ovisno o pH vrijednosti medija u kojemu se nalaze, može ih se nazvati *detektorima vodikovih iona.* Pri njihovom djelovanju, primjetne su žarke boje (crvena, narančasta, plava, ružičasta) što olakšava rad s njima i otklanja nesigurnosti [1].

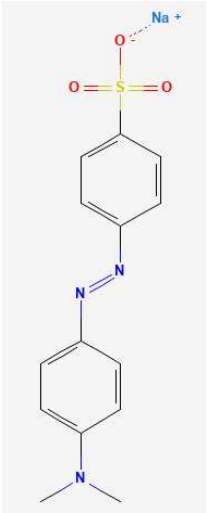
Fenolftalein je organski spoj koji se koristi kao laboratorijski reagens, a član je skupine fenola. IUPAC naziv fenolftaleina je 3,3-bis-(4-hidroksifenil)-2-benzofuran-1-on, a

molekulska formula je $C_{20}H_{14}O_4$ (Slika 1.). To je bijeli ili žućkasto-bijeli do blijedo narančasti fini kristalni prah. Vodena otopina fenolftaleina ima kisela svojstva. Nema miris niti okus. Fenolftalein je bezbojan do pH vrijednosti 8,5, a ružičasto do tamno crveni iznad pH vrijednosti 9. Otopina fenolftaleina je bezbojna u jako bazičnim uvjetima i u prisutnosti velikih količina baze. Fenolftalein ima laksativni utjecaj, stimulirajući probavnu sluznicu i potičući stezanje glatkih mišića. Međutim, kao takav se više ne koristi zbog sumnje na njegovu kancerogenost [2].



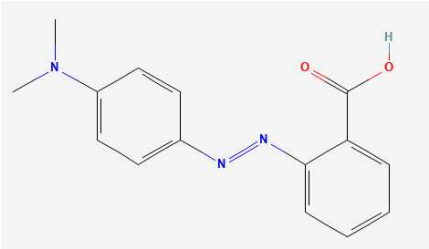
Slika 1. Struktura fenolftaleina [2].

Metiloranž je spoj iz skupine azo boja. Molekulska formula spoja je $C_{14}H_{14}N_3NaO_3S$ (Slika 2.), a ime prema IUPAC-u je natrijev-4-[[4-(dimetilamino)fenil]diazenil]benzendulfonat. Indikator mijenja boju od crvene do žute, ovisno o pH medija. Tako je indikator crvene boje u izrazito kiseloj sredini, kada je pH vrijednost manja od 3,1. Nadalje, narančasta boja je vidljiva u području pH vrijednosti iznad 4,4, a žuta u bazičnoj sredini. Metiloranž je, u industrijskom smislu, rjeđe korišten za bojanje tekstila, ali je vrlo učestalo korišten u bojama drugih vrsta, poput boja za ograde ili za printere. Utvrđeno je da ovaj spoj ima mutagena svojstva te može uzrokovati privremene ili trajne promjene ljudskog DNA, što dovodi do pojave raka i kancerogenosti [3].



Slika 2. Struktura metiloranža [3].

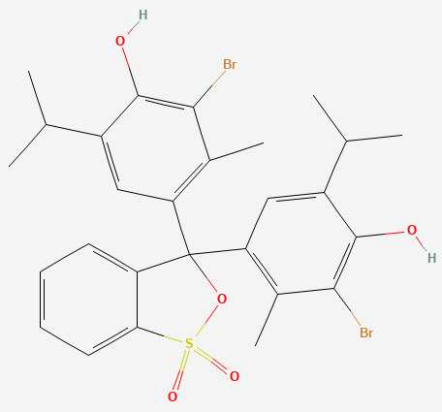
Nadalje, metil-crveno je spoj molekulske formule $C_{15}H_{15}N_3O_2$ i naziva 2-[[4-(dimetilamino)fenil]diazenil] benzojeva kiselina (Slika 3.). Crvena boja javlja u kiselim otopinama pri pH vrijednosti 4,4 i nižima. U uvjetima pH vrijednosti 6,2 i višima, otopina poprima žutu boju. Između navedenih vrijednosti, otopina je narančasta. Metil-crvena je, kao i metiloranž, spoj iz skupine azo-boja, najveće skupina sintetskih bojila [4].



Slika 3. Struktura metil-crvenog [4].

Lakmus-papir je jedan od najpoznatijih indikatora, a nastaje obradom filter papira lakmusom (smjesa prirodnih organskih bojila koja se dobiju kada se u prah smrvljeni lišajevi, ponajprije roda Roccella, podvrgnu vrenju u prisutnosti alkalijskih karbonata). Crveni lakmus je slaba diprotonska kiselina – može donirati dva vodikova atoma. Ispod pH vrijednosti 4,5 crveni lakmus-papir ostaje crven, ali poplavi u bazičnim uvjetima. Iznad pH vrijednosti 8,3, plavi lakmus-papir ostaje plav dok u kiselim uvjetima pocrveni. Lakmus-papiri ne služe

preciznom određivanju pH vrijednosti, nego samo razlikovanju kiselih i bazičnih uvjeta u otopini. Neutralni lakmus-papir je ljubičast [5].



Slika 4. Struktura bromtimol plavoga [6].

Bromtimol plavo je slaba kiselina molekulske formule $C_{27}H_{28}Br_2O_5S$ (Slika 4.). U kiselim medijima daje žuta obojenja, u bazičnim medijima otopine boji plavo, dok se u neutralnoj sredini javlja zeleno obojenje. Što je sredina bazičnija, to je otopina više plava. Ovaj se indikator, također, koristi za okvirnu procjenu pH vrijednosti, ne za precizno određivanje iste. Svakako, usporedba boja može omogućiti grube procjene pH vrijednosti i reakcija koje se događaju u promatranom kemijskom sustavu [6].

2.1.2. Prirodni kiselo-bazni indikatori

Prirodni kiselo-bazni indikatori su alternativa komercijalnim, dostupniji su i jeftiniji. Sadrže biljne pigmente zaslužne za indikatorsko djelovanje jer mijenjaju boju ovisno o pH vrijednosti medija u kojem se nalaze. Nerijetko ih je moguće naći u dvorištima i vrtovima. Neki od primjera prirodnih kiselo-baznih indikatora su crveni kupus (*Brassica oleracea* var. *captata F. rubra*), cikla (*Beta vulgaris* L.), kurkuma (*Curcuma longa* L.), orhideje (biljke porodice Orchidaceae) i rajčice (*Solanum lycopersicum* L.) [7].

Crveni kupus (*B. oleracea* var *capitata F. rubra*) sadrži brojne spojeve koji, ovisno o pH medija, mijenjaju strukturu, pa i boju. U kiselim medijima se javlja crveno obojenje, dok je u neutralnome mediju otopina ljubičasta (Slika 5.). U bazičnim medijima, sok crvenog kupusa poprima boje od zelene do žute. Za promjenu boje soka crvenog kupusa su zaslužni antocijanini, najbrojnija skupina fenolnih pigmenata i najvažnija skupina biljnih pigmenata

topljivih u vodi. U crvenom kupusu je pronađeno 36 različitih antocijanina, što upotpunjuje činjenicu o njegovom dobrom indikatorskom potencijalu [8].



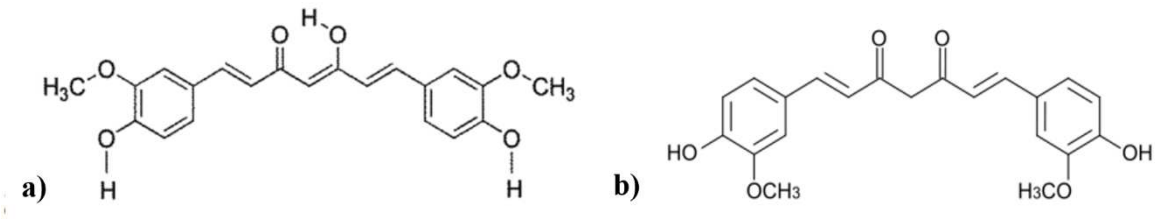
Slika 5. Promjene boje indikatora od crvenog kupusa u različitim pH [9].

Cikla (*B. vulgaris* L.) je dvogodišnja zeljasta biljka. Karakteristična je po svojoj crveno-ljubičastoj boji i glavni je izvor betalaina, heterocličkih spojeva i dušičnih pigmenata topljivih u vodi. Cikla sadrži obje podskupine betalaina, betacijanine i betaksantine, koji su zaslužni za njen indikatorski potencijal. U kiselom se području javlja crvena boja otopine indikatora od cikle, dok je u bazičnom području prisutno ljubičasto obojenje (Slika 6.) [10].



Slika 6. Raspon boja indikatora od cikle pri različitim pH vrijednostima [7].

Poput, do sad spomenutih soka crvenog kupusa i cikle, kurkuma (*C. longa* L.) je također odličan alternativni kiselo-bazni indikator. Dok su za promjene boja soka crvenog kupusa i cikle odgovorni antocijanini, odnosno betalaini, kod kurkume je glavna tvar zaslužna za indikatorsko djelovanje žuti pigment kurkumin. Kurkumin u kiselim i neutralnim uvjetima (Slika 7. a)) pokazuje žuto obojenje, dok je u bazičnoj sredini prisutna narančasta ili crvenkasta boja (Slika 7. b)) [11].



Slika 7. Struktura kurkumina u a) kiselom i b) bazično mediju [12].

Cvjetovi poput velikolistne hortenzije (*Hydrangea macrophylla* Ser.) mogu indicirati kiselost tla na kojemu rastu. Cvjetovi su plavi ukoliko se radi o kiselome tlu (pH < 6,0), a ružičasti na bazičnome tlu (pH > 7,0). Indikatorski potencijal cvjetova hortenzije rezultat je, između ostalog, delfinidin-3-glukozida [7].

Kao prirodni kiselo-bazni indikatori mogu poslužiti i indikatori mirisom. Naime, luk, klinčići i ekstrakt vanilije mogu promijeniti svoj miris u ovisnosti o pH vrijednosti sredine u kojoj se nalaze. Prirodni su se indikatori pokazali učinkovitom i sigurnom, ali i jednostavnom te lako dostupnom zamjenom za konvencionalne kiselo-bazne indikatore [7].

2.1.2.1. Biljni pigmenti

Pigment je molekula koja ima određenu boju i može apsorbirati svjetlo na različitim valnim duljinama, ovisno o boji. Biljni pigmenti prisutni u staničnim organelima su klorofil *A* i *B* (zeleni), karotenoidi (narančasti), ksantofili (žuti) i antocijanini (crveni, plavi i ljubičasti) [13-15].

U prirodi postoji mnogo različitih vrsta pigmenata, ali klorofil je jedinstven po sposobnosti omogućavanja biljkama da apsorbiraju energiju potrebnu za stvaranje hrane i izgradnju tkiva. Javlja se u dva oblika, glavni je pigment zelenih biljaka, a strukturno je ciklički tetrapirol [15].

Karotenoidi su biljni pigmenti odgovorni za boje u rasponu od žute, preko narančaste pa do crvene. Poznato je više od 700 karotenoida, od kojih se 50 može apsorbirati i metabolizirati u ljudskom organizmu. Najznačajniji spoj u skupini karotenoida je karoten (β-karoten), redovni pratitelj klorofila u zelenim biljkama. Ksantofil je žuti pigment koji se nalazi u biljnim kloroplastima, likopen daje crvenu boju, na primjer rajčici i lubenici. U karotenoide treba ubrojiti i fukoksantin i rodoksantin koji se nalaze u smeđim i crvenim algama [14].

Antocijanini su najveća skupina fenolnih pigmenata i najvažnija skupina biljnih pigmenata topljivih u vodi. Odgovorni su za crvene, ljubičaste i plave boje koje se nalaze u mnogim vrstama voća, povrća i cvijeća. Na intenzitet i nijansu boje antocijanina utječe broj hidroksilnih i metoksilnih skupina. Ukoliko je prisutno više hidroksilnih skupina, boja ide prema nijansama plave boje, a ukoliko je prisutno više metoksilnih skupina, boje idu prema nijansama crvene boje [15].

Uglavnom se nalaze u koži plodova voća i povrća, osim određenih vrsta crvenog voća, u kojima se pojavljuju i u mesu (nar, trešnje, jagode). Prisutni su i u plodovima poput patlidžana, višnje, trešnje, cvjetovima poput petunija i ruža te u listovima crvenog kupusa. Antocijanini ne mijenjaju boju samo kao posljedicu promjene pH vrijednosti nego i zbog prisutnosti iona metala u tlu [15].

2.1.2.2. Bioaktivni spojevi u biljkama

Bioaktivni spojevi su skupina fitotvari, odnosno fitokemikalija – nehranjivih biljnih tvari, koje biljci nisu potrebne za održavanje života. Predstavljaju produkte sekundarnog metabolizma, a biljke ih koriste za obranu od bolesti, mikroorganizama ili nepovoljnih okolišnih uvjeta. [16].

Flavonoidi (lat. *flavus* – žuto) su važni biljni sekundarni metaboliti te najveća i najbrojnija klasa fenolnih spojeva u prirodi. Poznato je da su zaslužni za arome plodova i boju cvijeća, kako bi privukli oprašivače. Flavonoidi štite biljke od biotičkog i abiotičkog stresa, od nepovoljnog učinka mikroorganizama i jedinstveni su UV filter. Sintetiziraju se u svim biljnim organima i tkivima, obično kao glikozidi lokalizirani u vakuolama. Topljivi polifenolni spojevi se uglavnom akumuliraju u vanjskim tkivima voća i povrća (epidermalni i subepidermalni sloj) te u manjoj mjeri u internim tkivima (mezokarp i pulpa) [17].

Flavoni se od flavonola razlikuju po izostanku hidroksilne skupine ne položaju 3. Pridonose bojama biljnih tkiva ako se pojave u visokim koncentracijama ili u kompleksima s ionima metala [20].

Lignani su velika skupina biljnih polifenola pronađenih posebno u sjemenu voća i povrća, a prekursori su fitoestrogena. Uključuju niz difenolnih spojeva kao što su sekoizolarikirezinol, matairezinol, pinorezinol, larikirezinol i izolarikirezinol. To su dimerne molekule, sastavljene od dviju molekula monolignola. U biljkama, najčešće se pojavljuju kao slobodne molekule ili vezani za šećere [19].

Fenolne kiseline ili fenolkarboksilne kiseline su vrsta aromatskih kiselih spojeva. U tu su klasu uključene tvari koje sadrže fenolni prsten i karboksilnu skupinu. Dvije su važne vrste fenolnih kiselina koje se javljaju u prirodi – hidroksibenzojeve i hidroksicimetne kiseline, koje su izvedene iz nefenolnih molekula benzojeve i cimetne kiseline. Fenolne kiseline su često uključene u prehranu ljudi i uvelike su proučavane zbog njihovih bioaktivnosti kao što su antioksidativna, antitumotska i antibakterijska aktivnost [20].

Za proučavanje polifenolnog profila proučavanih voćki u ovom je radu korištena baza podataka *Phenol-Explorer* 3.6. *Phenol-Explorer* je prva sveobuhvatna baza podataka o sadržaju polifenola u hrani omogućena financijskom potporom francuske vlade. Baza podataka sadrži više od 35000 sadržaja za 500 različitih polifenola u više od 400 prehrambenih proizvoda. Ti su podaci izvedeni iz sustavnog prikupljanja više od 60000 izvornih vrijednosti sadržaja koje se nalaze u više od 1300 znanstvenih publikacija [21].

Rezultati pretrage *Phenol-Explorer* 3.6 baze prikazani su u Tablicama 2., 4., 6., 8, 10. i 12., a dani podaci su srednja vrijednost (SV) količine spojeva u biljnom materijalu (mg/100 g), minimum (MIN), maksimum (MAX) i standardna devijacija (SD) za eksperimentalno dobivene vrijednosti. Prikazane vrijednosti su dobivene metodom kromatografijom i kromatografijom nakon hidrolize.

2.2. (Sup)tropsko voće

Voćarstvo se, prema geografskoj rasprostranjenosti, dijeli u tri velike skupine kojima pripadaju kontinentalno, (sup)tropsko i tropsko voćarstvo. (Sup)tropsko voćarstvo je dio koji podrazumijeva uzgajanje voća u (sup)tropskom geografskom pojasu, a zbog osjetljivosti na niske temperature, te vrste ne mogu uspijevati u hladnijoj klimi (umjereni i hladni pojas). Međutim, u (sup)tropskim područjima se, osim strogo suptropskih vrsta, mogu uzgajati gotovo sve kontinentalne vrste voća (koštuničave, jezgraste, bobičaste, jabučaste). Tropske vrste voća se mogu uzgajati samo u tropskome području, ali se osim njih, u navedenome klimatskome području, mogu uzgajati i kontinentalne i suptropske vrste voća [22].

(Sup)tropski plodovi uključuju voće poput avokada (*Persea americana* Mill.), rogača (*Ceratonia siliqua* L.), datulja (*Phoenix dactylifera* L.), smokava (*Ficus carica* L.), žižula (*Ziziphus jujuba* Mill.), maslina (*Olea europea* L.), kakija (*Diospyros kaki* Thunb.) i nara (*Punica granatum* L.), ali neki od tih plodova mogu biti uzgajani i u tropskim područjima. Tropski plodovi uključuju voće poput acerole (*Malpighia emarginata* DC.), banane (*Musa sapientium* L.), ananasa (*Ananas comosus* L. Merr.), manga (*Mangifera indica* L.) i papaje

(*Carica papaya* L.) te mnogi od njih mogu biti uzgajani u (sup)tropskim područjima. Samo četiri ploda od svih navedenih (banana, papaja, mango, ananas) su danas važni i vrlo prisutni u međunarodnoj trgovini, ali je moguće da će u budućnosti biti dodani i drugi (sup)tropski plodovi [22].

(Sup)tropski pojas se prostire između umjerenog i tropskog pojasa te zahvaća prostor od 23° do 40° sjeverne i južne geografske širine. (Sup)tropska područja sjeverne Zemljine polutke obuhvaćaju središnji dio Kine, sjeverne dijelove Indije, Japan, Afganistan, Iran, dijelove Meksika, Teksas, Kaliforniju i Gruziju. Ukoliko obratimo pozornost na (sup)tropska područja južne polutke, možemo primijetiti da je (sup)tropska klima rasprostranjena u jugozapadnoj Australiji, Novome Zelandu, Boliviji, južnim dijelovima Čilea i Afrike te na područjima Urugvaja, Paragvaja i Argentine [23].

(Sup)tropsko voćarstvo, karakteristično za područje Mediterana, ima vrlo velik značaj u ukupnoj svjetskoj poljoprivredi (sup)tropskih kultura. Mediteran je poznat po agrumima, maslinama i smokvama, čija proizvodnja znatno nadmašuje proizvodnju i prodaju kontinentalnog voća. Tropske kulture, također, zauzimaju značajno mjesto u ukupnoj svjetskoj proizvodnji voća, ali se kod nas, s izuzetkom banane i ananasa, još uvijek ti egzotični plodovi rijetko mogu pronaći u trgovini ili na tržnici [23].

2.2.1. Avokado, *Persea americana* Mill.

Avokado, *P. americana* Mill., je zimzeleno stablo. Karakteriziraju ga brzi rast u širinu i visinu (do 20 metara). Korijen je plitak, a biljka ima nisku kapilarnost i potrošnju vode. Iako stabla proizvode brojne cvjetove, obično manje od 0,1 % tih cvjetova donosi plodove. Na cvjetove i njihov razvoj najčešće utječu pojava mraza tijekom zime, pojava ekstremno visokih temperatura tijekom zimskog razdoblja ili tijekom dozrijevanja voća [24].

Tablica 1. Sistematska klasifikacija avokada, *P. americana* Mill. [24].

CARSTVO	Plantae
KOLJENO	Magnoliophyta
RAZRED	Magnoliopsida
RED	Laurales
PORODICA	Lauraceae
ROD	Persea
VRSTA	*Persea americana* Mill.

Avokado pripada porodici Lauraceae, lovorovke (Tablica 1.), karakterističnoj za tropske i suptropske klime. Nadalje, pripada rodu Persea, podijeljenom u tri podroda koji obuhvaćaju ukupno oko 150 vrsta. Najrelevantniji i najrasprostranjeniji član podroda Permore je upravo *P. americana* Mill., čiji je plod komercijalni avokado. Avokado je najuobičajenije ime, no biljka je poznata i kao *aligatorova kruška* i *kruška maslaca* [24].

Stablo avokada je uspravnoga rasta, a krošnja je široka i zaokružena. Listovi su duguljasto eliptični, dugi 8-40 centimetara, ušiljeni, kožnati, izražene nervature, a nalaze se na kratkoj peteljci. Cvjetovi su mali, zelenkasti, skupljeni u guste cvatove. Plod je tamnozelena koštunica jajastog oblika, velika oko 10 centimetara (Slika 8.). Kora oko koštunice je glatka ili gruba, ovisno o sorti biljke, a sjemenka je velika i dvodijelna [24].



Slika 8. Plod i sjemenka avokada, *Persea americana* Mill. [25].

Riječ avokado potječe od astečke riječi *ahuacatl*, što znači *testis*, a odnosi se na ime ploda koji su Asteci smatrali simbolom plodnosti. Avokado potječe iz Srednje Amerike i Meksika, gdje je osnovna prehrambena komponenta najmanje 2000 godina. U okviru avokada kao vrste, geografski je moguće razlikovati tri podvrste: meksički (*P. americana* var. *drymifolia*), gvatemalski (*P. americana* var. *guatemalensis*) i zapadno-indijski (*P. americana* var. *americana*). Svaka podvrsta ima tipične karakteristike u pogledu lišća, voća i razdoblja cvatnje [24]. Sadržaj (poli)fenolnih spojeva detektiranih u sirovom avokadu, *P. americana* Mill. prikazan je u Tablici 2.

Tablica 2. Bioaktivni (poli)fenolni spojevi u sirovome avokadu [26-30].

KROMATOGRAFIJA		SV	MIN	MAX	SD
FLAVONOIDI					
flavonoli	(-)-epikatehin	0,38	0,80	0,56	0,24
	(-)-epigalokatehin-3-*O*-galat	0,15	0,00	0,30	0,17
	procijanidin dimer B2	0,02	0,02	0,02	0,00
KROMATOGRAFIJA NAKON HIDROLIZE					
LIGNANI					
lignani	larikirezinol	0,03	0,03	0,03	0,00
	matairezinol	0,00762	0,006	0,008	0,00141
	mediorezinol	0,24	0,24	0,24	0,00
	pinorezinol	0,27	0,27	0,27	0,00
	sekoizolarikirezinol	0,02	0,02	0,04	0,01
	siringarezinol	0,44	0,44	0,44	0,00

Najzastupljeniji (poli)fenolni spojevi u avokadu su (-)-epikatehin i siringarezinol (Tablica 2.). Katehini (flavan-3-oli) su spojevi iz skupine polifenola, flavonola. Prema dostupnoj literaturi, katehini pokazuju učinkovito antioksidativno djelovanje, ali mogu biti i prooksidansi te generirati reaktivne kisikove vrste. Potonje mogu izmijeniti funkcije staničnih proteina, lipida i nukleinskih kiselina te dovesti do različitih bolesti [31]. Siringarezinol je prirodni proizvod, prema literaturi, prvi put izoliran iz zmajevog drveta (*Dracaena draco* L.). Na ljude djeluje kao antineoplastični lijek ili citostatik, lijek koji se koristi u svrhu liječenja stanica raka [31].

2.2.2. Kaki, *Diospyros kaki* Thunb.

Kaki, *D. kaki* Thunb., poznat i kao *japanska jabuka*, je listopadno stablo koje raste do 12 metara visine te stvara konusnu krošnju koja raste i do 7 metara širine. Zahtijeva dobro drenirano tlo i vlažnu zemlju jer, u protivnome, za vrijeme suše listovi i plodovi preuranjeno otpadaju. Biljka najbolje uspijeva na potpuno osunčanome prostoru iako tolerira i polusjenu. Kaki je otporan na štetočine i niske temperature, do -15 °C. Životni vijek, ukoliko preživi prvih 10 godina nakon sadnje, iznosi oko 500 godina [32].

Kaki je član porodice Ebenaceae (Tablica 3.), ebanovke, koju čine drvenaste (sup)tropske biljke porijeklom iz Azije. Najpoznatiji predstavnik porodice je upravo kaki, ali i poznata i kvalitetna vrsta drveta, ebanovina, pripada ovoj porodici [32].

Tablica 3. Sistematska klasifikacija kakija, *D. kaki* Thunb. [32].

CARSTVO	Plantae
KOLJENO	Tracheophyta
RAZRED	Magnoliopsida
RED	Ericales
PORODICA	Ebenaceae
ROD	Diospyros
VRSTA	*Diospyros kaki* Thunb.

Kora debla je smeđa i ispucala, a korijen je vretenast i jako razgranat. Grane su smeđe, duge i obložene dlačicama. Listovi rastu naizmjenično, jednostavni su i jajoliki ili eliptični, dugi 10-15 centimetara. Rastu na kratkim peteljkama, imaju cjelovite rubove, kožasti su, na licu tamno zeleni, malo sjajni i goli, dok je naličje sivo-zelenkasto i dlakavo. Cvjetovi su jednospolni ili dvospolni, javljaju se u proljeće na jednogodišnjim granama. Ženski cvjetovi rastu pojedinačno, dok muški rastu u kompletima od tri cvjetića. Cvate u kasno proljeće. Plodovi su veličine do 10 centimetara u promjeru, narančaste boje i nepravilnog okruglog oblika, a nalaze se na kratkoj stabljici (Slika 9.). Dozrijevaju tijekom jeseni te ostaju na stablu sve dok svi listovi ne otpadnu [32].



Slika 9. List i plod kakija, *D. kaki* Thunb. [33].

Latinsko ime roda Diospyros potječe od grčkih riječi *dios* (Zeus, bog) i *pyros* (pšenica, vatra), što u doslovnome prijevodu dovodi do imena *Zeusova pšenica* ili *Zeusova vatra*, ali

pravilnije se prevodi kao *božanstveno voće* zbog ugodnog i finog okusa. Na engleskom je jeziku poznat kao *persimmon* što znači *suho voće.* Etimološko podrijetlo dolazi iz izumrlog indijanskog jezika naroda s istoka Sjeverne Amerike. Na kineskom jeziku je kaki poznat kao *shizi*, a na japanskom kao *kaki*, što je ustaljeno ime i u Europi [32].
Kaki je prirodno rasprostranjen u središnjoj i sjevernoj Kini gdje je bio kultivar prije više od 2000 godina, što ga čini jednom od najstarijih uzgojenih voćaka. U južnoj Europi je rasprostranjen kao sađena biljka i na tom je području sve više omiljen [32].

Tablica 4. Bioaktivni (poli)fenolni spojevi u sirovome kakiju [27-30].

KROMATOGRAFIJA		**SV**	**MIN**	**MAX**	**SD**
FLAVONOIDI					
flavonoli	(+)-katehin	0,63	0,63	0,63	0,00
	(+)-galokatehin	0,17	0,17	0,17	0,00
	procijanidin dimer B1	0,13	0,13	0,13	0,00
	procijanidin dimer B3	0,01	0,01	0,01	0,00
	procijanidin trimer EEC	0,04	0,04	0,04	0,00
	prodelfinidin dimer B3	0,30	0,30	0,30	0,00
KROMATOGRAFIJA NAKON HIDROLIZE					
LIGNANI					
lignani	sekoizolarikirezinol	0,004	0,004	0,004	0,00

Najzastupljeniji (poli)fenolni spojevi u kakiju su flavonoli (Tablica 4.). Dominiraju katehini, sekundarni biljni metaboliti jakog antioksidativnog djelovanja, dok su manje zastupljeni oligomerni procijanidini, koji bi mogli pridonijeti indikatorskom djelovanju kakija. Lignani, konkretno sekoizolarikirezinol, pronađeni su u tragovima u sirovome kakiju.

2.2.3. Kivi, *Actinidia deliciosa* Liang et Ferguson

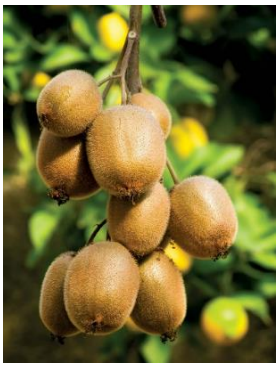
Kivi, *A. deliciosa* Liang et Ferguson, višegodišnja je listopadna biljka penjačica, dugih mladica na kojima su spiralno raspoređeni veliki tamno zeleni listovi. Izgledom je slična vinovoj lozi. Kivi traži mnogo vlage, a tlo mora biti dobro drenirano. Budući da se korijen kivija uglavnom rasprostire plitko ispod zemlje, u dubini ukorijenjivanja tlo treba biti dobro opskrbljeno hranjivim tvarima [34].

Tablica 5. Sistematska klasifikacija kivija, *A. deliciosa* Liang et Ferguson [34].

CARSTVO	Plantae
KOLJENO	Magnoliophyta
RAZRED	Magnoliopsida
RED	Ericales
PORODICA	Actinidiaceae
ROD	Actinidia
VRSTA	*Actinidia deliciosa* Liang et Ferguson

Kivi pripada porodici Actinidiaceae, aktinidijevke (Tablica 5.), i rodu Actinidia, aktinidija, koji broji oko 55 vrsta, iako je to promjenjivo obzirom na nova istraživanja i informacije. Većina se istraživanja odnosi na južnu, središnju i jugozapadnu Kinu, područje koje se smatra središtem raznolikosti roda Actinidia [34].

Stabljika kivija duga je do 8 metara, penje se i čvrsto ovija oko potpornja. Mlade grane su obložene dlakavim pokrovom. Listovi rastu naizmjenično, spiralno su raspoređeni, okruglasti su ili srcoliki. Također, rastu u dužinu do 10 centimetara, kožasti su i nazubljenih rubova. Lice listova je najčešće tamnozeleno i glatko, a naličje bjelkasto i dlakavo. Kivi je dvodomna biljka pa se razlikuju muške i ženske biljke. Cvjetovi kivija su jednospolni, pravilni, krupni, pojedinačni ili skupljeni u cvatove po najviše 3 cvjetića. Muški cvjetovi imaju mnogobrojne prašnike, a tučak im je zakržljao dok je kod ženskih cvjetova obrnuto. Plod je okruglasto izdužen, dug najviše 6 centimetara i prekriven tankom, smeđom, dlakavom kožicom (Slika 10.). Unutrašnjost ploda je zelena i sočna s mnogobrojnim sitnim, jajastim sjemenkama kojih često ima više od 1000 u jednom plodu [34].



Slika 10. Plod kivija, *A. deliciosa* Liang et Ferguson [35].

Kivi je podrijetlom iz južne Kine, gdje je proglašen nacionalnim voćem. Odatle se, početkom 20. stoljeća, proširio na Novi Zeland gdje su zasađene prve plantaže kivija. Tek 1940.-ih godina se kivi počinje uzgajati za potrebe svjetskog tržišta. Danas je najveći svjetski proizvođač kivija Italija, a slijede Novi Zeland, Čile, Francuska, Grčka i Japan [34].

Tablica 6. Bioaktivni (poli)fenolni spojevi u sirovome kiviju [26-29, 36-39].

KROMATOGRAFIJA		**SV**	**MIN**	**MAX**	**SD**
FLAVONOIDI					
flavonoli	(+)-katehin-3-*O*-galat	0,08	0,00	0,10	0,07
	(-)-epikatehin	0,29	0,10	0,60	0,22
	(-)-epigalokatehin-3-*O*-galat	0,08	0,00	0,20	0,10
	procijanidin dimer B2	0,14	0,14	0,14	0,00
	procijanidin trimer C1	0,11	0,11	0,11	0,00
KROMATOGRAFIJA NAKON HIDROLIZE					
FLAVONOIDI					
flavoni	luteolin	0,74	0,00	2,23	1,29
LIGNANI					
lignani	larikirezinol	1,03	0,01	1,7	0,97
	matairezinol	0,0193	0,00	0,004	0,00173
	mediorezinol	0,0045	0,004	0,005	0,000707
	pinorezinol	0,0036	0,00	0,01	0,00529
	sekoizolarikirezinol	3,13	0,10	11,2	4,96
	siringarezinol	0,004	0,00	0,008	0,00566

Prema literaturi, kivi ne sadrži znatnije količine flavonola (Tablica 6.) koji bi potencijalno uzrokovali kiselo-bazno indikatorsko djelovanje kivija. S druge strane, kivi sadrži znatno veće količine sekoizolarikirezinola i larikirezinola. Nikako ne treba izostaviti i prisutnost luteolina, flavona žute boje s antioksidacijskim i protuupalnim djelovanjem [40].

2.2.4. Mango, *Mangifera indica* L.

Mango, *M. indica* L., je niskokalorično tropsko voće bogato nutrijentima. Tolerira različite klimatske uvjete, ne zahtijeva posebnu obradu tla, ali finije sorte daju dobre plodove samo ako postoji dobro obilježena suha sezona koja potiče rast plodova. Za kišnih i mokrih sezona, česta je bolest koju uzrokuje gljivica koja napada cvjetiće i mlade plodove, a teško ju je kontrolirati. Produktivnost razvoja plodova ovisi o brojnim čimbenicima, uključujući

količinu prethodnih usjeva, uvjete tla, vrijeme sadnje, nadmorsku visinu, kontrolu štetočina i bolesti, oplodnju i, konačno, kultivar [41].

Tablica 7. Sistematska klasifikacija manga, *M. indica* L. [41].

CARSTVO	Plantae
KOLJENO	Magnoliophyta
RAZRED	Magnoliopsida
RED	Sapindales
PORODICA	Anacardiaceae
ROD	Mangifera
VRSTA	*Mangifera indica* L.

Mango je član porodice rujevki, Anacardiaceae (Tablica 7.), i jedan od najvažnijih i najraširenijih plodova tropskog svijeta. Porodica rujevki je raširena po cijelome svijetu, a plodovi biljaka ove porodice su koštunice [41].

Stablo je zimzeleno i često doseže visinu do 20 metara, a doživljava i veliku starost. Listovi su izduženi, na kraju zašiljeni, zeleni, izražene nervature, a rastu do 30 centimetara u dužinu. Cvjetovi su maleni, ružičasti i mirisni, skupljeni u cvatove. Neki su dvospolni, ali neki imaju i samo muške dijelove. Plodovi se uvelike razlikuju po veličini i svojstvima. Općeniti oblik je izduženo ovalan, okruglast i srcolik (Slika 11.). Najmanji poznati plodovi manga nisu veći od klasične šljive, dok plodovi drugih vrsta mogu dosegnuti masu i od dva kilograma. Koža nekih sorti je jasno obojena nijansama crvene i žute boje, dok su druge monotono zelene čak i kad su zrele. Sjemenka je spljoštena i velika, a meso koje je okružuje je žute do narančaste boje, sočno i prepoznatljivog slatkog okusa [41].



Slika 11. List i plod manga, *M. indica* L. [42].

Mango je neraskidivo povezan s folklornim i vjerskim ceremonijama Indije. Kao *mango*, voće je poznato najviše u zemljama engleskog i španjolskog govornog područja. Vjerojatno zbog teškoća pri prijevozu sjemena, stablo nije uneseno na zapadnu polutku sve do 1700. godine [41].

Stablo manga se smatra autohtonom vrstom u južnoj Aziji, posebno u Mijanmaru i indijskoj saveznoj državi Assam, a razvijeni su i brojni kultivari. Mango se uzgaja diljem cijelog područja Azije, Amerike, Europe i Afrike. Međutim, proizvodnja se smanjuje na višim nadmorskim visinama. Razne sorte se uzgajaju po cijelome svijetu, uključujući srednje velike, debele, crvene plodove, ali i zelenkasto-žute sa slatkim sočnim mesom [41].

Kemijski sastav biljke varira ovisno o lokaciji rasta, sorti i stupnju zrelosti. Kemijski sastojci uključuju alifatske spojeve, terpenoide, flavonoide, alkaloide, kumarine, terpenoidne saponine, polifenole, tanine i eterična ulja. Mango je, kao biljna vrsta, posebno bogat izvor vitamina A, C i D. Također, utvrđeno je da sirovi ekstrakt stabljike vrste *Mangifera indica* L. sadržava alkaloide, fenole, tanine, saponine i glikozide [41].

Tablica 8. Bioaktivni (poli)fenolni spojevi u sirovome mangu [26, 30, 43].

KROMATOGRAFIJA		**SV**	**MIN**	**MAX**	**SD**
FLAVONOIDI					
flavonoli	(+)-katehin	1,72	1,72	1,72	0
KROMATOGRAFIJA NAKON HIDROLIZE					
LIGNANI					
lignani	matairezinol	0,00106	0,001	0,00136	0,000255
	sekoizolarikirezinol	0,01	0,01	0,01	0,00

Kao najprisutniji spojevi u mangu, prema literaturi, se pokazuju katehini (Tablica 8.). Lignani se, u mangu, nalaze u tragovima.

2.2.5. Maslina, *Olea europaea* L.

Maslina, *O. europaea* L., jedna je od najstarijih poznatih biljaka na svijetu. Smatra se kulturnim markerom i kompasom pri istraživanju razvoja civilizacije. Maslinovo stablo ima nevjerojatnu sposobnost preživljavanja, snažno se opirući nepovoljnim uvjetima, uključujući

ekstremno toplo i ekstremno hladno vrijeme. S druge strane, potrebni su odgovarajuće okruženje i uvjeti za potpuni razvoj agronomskih karakteristika [44].

Tablica 9. Sistematska klasifikacija masline, *O. europaea* L. [44].

CARSTVO	Plantae
KOLJENO	Magnoliophyta
RAZRED	Magnoliopsida
RED	Lamiales
PORODICA	Oleaceae
ROD	Olea
VRSTA	*Olea europaea* L.

Maslina pripada porodici Oleaceae, maslinovke (Tablica 9.), a postoji u mnogo različitih sorti. Porodica se sastoji od 29 rodova koje čini 600 vrsta drveća, grmlja i, rjeđe, penjačica [44].

Maslina je stablo srednje veličine s tvrdim, izbrazdanim deblom. Općenito, listovi su sivkasto-zeleni, dugo oko 6 centimetara, uski, zašiljeni prema vrhu, omeđeni glatkim rubovima, a nalaze se na kratkoj peteljci (Slika 12.) [44].



Slika 12. List i plod masline, *Olea europaea* L. [45].

Maslinovo voće se obično sastoji od tri dijela: epikarp, mezokarp i endokarp. Epikarp, koji je koža, kora ili epidermis, prekriven je voskom, a obično ostaje zelen tijelom faze rasta. Sazrijevanjem ili kad je maslina zrela, epikarp može postati ljubičast, smeđ ili crn, ovisno o sorti. Mezokarp, koji je pulpa ili meso, obično ima sadržaj šećera 3-7,5 % i visok sadržaj ulja (15-30 %). Sastav voća uglavnom ovisi o sorti, okolišu i stupnju zrelosti. Endokarp je

tvrdi dio ploda, a izgrađen je od vlaknastog lignina. Oblik ovojnice i mjera izbrazdanosti predstavljaju sortne značajke. Endokarp zatvara sjemenku masline, koja čini ukupno 3 % mase ploda i sadrži do 4 % ukupnog ulja u plodu. Maslinovo sjeme teži 1-5 grama i ima prosječni kemijski sastav 30 % vode, 27 % ulja, 27,5 % šećera, 2 % celuloze, 10 % proteina, 1,5 % minerala i 2 % pepela [44].

Prva stabla masline su kultivirana i posađena prije 6 000 godina na području Mezopotamije, Sirije i Palestine, odakle se maslina proširila Mediteranom. Tu je, kao jedna od najstarijih i najvažnijih biljnih kultura, snažno obilježila život ljudi i postala simbolom tog područja. Na Mediteranu je maslina odigrala važnu ulogu u razvoju civilizacije, prehrane, medicine, ekonomije, mitologije, religije i umjetnosti [44].

Tablica 10. Bioaktivni (poli)fenolni spojevi u crnoj maslini [30, 37, 46-52].

		SV	MIN	MAX	SD
FLAVONOIDI					
antocijanini	cijanidin-3-*O*-glukozid	10,62	0,00	88,17	23,55
	cijanidin-3-*O*-rutinozid	72,35	0,00	320,57	86,90
flavoni	apigenin-7-*O*-glukozid	8,18	0,62	18,40	5,69
	apigenin-7-*O*-rutinozid	1,10	0,39	1,76	0,52
	luteolin	3,43	0,10	7,40	1,89
	luteolin-6-*C*-glukozid	0,22	0,03	0,56	0,23
	luteolin-7-*O*-glukozid	14,50	0,47	29,20	9,67
flavonoli	kvercetin-3-*O*-ramnozid	4,07	2,30	7,40	1,69
	kvercetin-3-*O*-rutinozid	45,36	11,12	78,70	28,93
FENOLNE KISELINE					
hidroksibenzojeve kiseline	2,4-dihidroksibenzojeva	0,21	0,15	0,28	0,07
	2,6-dihidroksibenzojeva	0,04	0,03	0,06	0,02
	4-hidroksibenzojeva kiselina	1,69	0,4	7,00	2,04
	galna kiselina	0,02	0,01	0,04	0,02
	protokatehuična kiselina	6,00	0,00	21,00	7,75
	siringična kiselina	33,10	0,00	74,40	32,13
	vanilinska kiselina	1,01	0,00	5,02	1,57
hidroksicimetne kiseline	kavena kiselina	2,10	0,43	9,00	2,80
	cimetna kiselina	0,77	0,00	3,00	1,09
	ferulična kiselina	0,21	0,00	1,00	0,33
	m-kumarinska kiselina	12,50	0,00	25,00	17,68
	o-kumarinska kiselina	0,50	0,00	1,00	0,71
	p-kumarinska kiselina	1,43	0,10	4,00	1,19

Tablica 10. Bioaktivni (poli)fenolni spojevi u crnoj maslini (nastavak) [30, 37, 46-52].

		SV	MIN	MAX	SD
FENOLNE KISELINE	sinapična kiselina	10,82	0,01	40,00	17,40
hidroksicimetne kiseline	verbaskozid	68,08	0,00	320,21	92,07
hidroksifeniloctene kiseline	3,4-dihidroksifeniloctena	0,25	0,00	1,00	0,32
	4-hidroksifeniloctena	0,5	0,00	0,90	0,37
	homovanilinska kiselina	1,50	0,00	3,00	2,12
	homoveratrična kiselina	0,04	0,02	0,09	0,04
OSTALI POLIFENOLI					
tirosoli	3,4-DHPEA-EA	9,00	1,00	17,00	11,31
	dimetiloleuropein	22,55	1,33	60,03	21,15
	hidroksitirozol	65,93	0,00	413,30	81,22
	oleuropein	72,02	3,58	240,62	76,40
	oleuropein-aglikon	81,82	2,00	199,06	80,70
	tirozol	14,42	0,90	118,6	22,01
KROMATOGRAFIJA NAKON HIDROLIZE					
FENOLNE KISELINE					
hidroksibenzojeve	4-hidroksibenzojeva kiselina	8,50	7,00	10,00	2,12
hidroksicimetne kiseline	protokatehuična kiselina	58,50	43,00	74,00	21,92
	siringična kiselina	24,00	0,00	48,00	33,94
hidroksifeniloctene kiseline	vanilinska kiselina	24,50	17,00	32,00	10,61
	5-kafeoil kininska kiselina	21,00	2,00	40,00	26,87
	kavena kiselina	7,00	5,00	9,00	2,83
	cimetna kiselina	9,50	9,00	10,00	0,71
	ferulična kiselina	8,00	5,00	11,00	4,24
	m-kumarinska kiselina	12,50	0,00	25,00	17,68
	o-kumarinska kiselina	9,00	1,00	17,00	11,31
	p-kumarinska kiselina	13,00	12,00	14,00	1,41
	sinapična kiselina	27,00	14,00	40,00	18,38
	3,4-dihidroksifeniloctena	2,00	0,00	4,00	2,83
	4-hidroksifeniloctena	3,50	0,00	7,00	4,95
	homovanilinska kiselina	73,50	36,00	111,00	53,03
	metoksifeniloctena kiselina	4,50	0,00	9,00	6,36
hidroksifenilpropanske	dihidrokavena kiselina	1,50	0,00	3,00	2,12
LIGNANI					
lignani	larikirezinol	0,03	0,03	0,03	0,00
	matairezinol	0,00562	0,00	0,009	0,00636
	pinorezinol	0,03	0,03	0,03	0,00
	sekoizolarikirezinol	0,00575	0,005	0,007	0,00141

U crnoj maslini, prema literaturi (Tablica 10.), zastupljena je velika količina antocijanina cijanidin-3-*O*-rutinozida, spoja jakog antioksidativnog i protuupalnog učinka. Uz njega, u većim količinama se javljaju kvercetin-3-*O*-rutinozid, verbaskozid i hidroksitirozol. Metodom kromatografije nakon hidrolize, utvrđena je prisutnost protokatehuične kiseline u velikim količinama (Tablica 10.). Dakako, treba napomenuti da su u tablicama prikazani (poli)fenolni spojevi u svježoj maslini, dok su u provedenom istraživanju korištene ukiseljene crne masline. Pretpostavlja se da je proces kiseljenja mogao utjecati na (poli)fenolni profil ploda, ali se smatra da je većina aktivnih tvari ipak ostala prisutna.

2.2.6. Nar, *Punica granatum* L.

Nar, *P. granatum* L., je listopadni grm ili niže stablo koje naraste do 4 metra visine. Optimalni uvjeti za uzgoj nara postoje u mediteranskim, sušnim podnebljima. Ti uvjeti podrazumijevaju visoku izloženost suncu, godišnje ukupne padaline 170-560 milimetara, blage zime s minimalnom temperaturom te duga, vruća i suha ljeta bez oborina tijekom posljednjih faza razvoja plodova. Biljka se, u kombinacijama sa suhim vjetrovima, lako može oduprijeti temperaturama i do 48 °C. Hladne sezone štetno utječu na kvalitetu plodova. Oborine tijekom završnih faza zrenja mogu uzrokovati pucanje plodova. Nar dobro uspijeva u raznim vrstama tla, od glinenog do vapnenačkog, iako mu najbolje odgovara plodno tlo, bogato humusom i dobro drenirano [53].

Tablica 11. Sistematska klasifikacija nara, *P. granatum* L. [53].

CARSTVO	Plantae
KOLJENO	Spermatophyta
RAZRED	Magnoliopsida
RED	Myrtales
PORODICA	Punicaceae
ROD	Punica
VRSTA	*Punica granatum* L.

Nar pripada porodici Punicaceae, mogranji (Tablica 11.). Autohtona je vrsta u središnjoj Aziji i jedna od najstarijih jestivih vrsta plodova. Raste kao grm ili niže listopadno stablo. Grane su uspravne i razgranate, ponekad trnovite. Kora na granama je u početku crvenkaste boje, kasnije postane siva i ljušti se u tankim trakama. Korijen je dobro razvijen i urasta

duboko u zemlju. Pupovi su sitni, dugi do 1,5 centimetar, ušiljeni i najčešće tamno smeđi. Listovi su nasuprotni, smješteni na kratkim peteljkama, obrnuto jajasti, tupi na vrhu, cjelovitih rubova, sjajni i dugi do 8 centimetara [53].

Cvjetovi su dvospolni, jednodomni, crveni i veliki oko 3 centimetra, skupljeni u cvatove do 3 cvijeta. Ocvijeće je dvostruko, vjenčić čini 5-8 velikih, jarko crvenih latica, a čašku čini 5-8 kratkih lapova. Plodnica je podrasla i ima mnogo sjemenih zametaka, prašnici su mnogobrojni. Plod je velik, okruglast, kožastog omotača, a sadrži brojne crvenkaste, tupo bridaste sjemenke koje su skupljene u gromadama i međusobno ograđene bijelom tankom pregradom (Slika 13.) [53].



Slika 13. Plod nara, *P. granatum* L. [54].

Naziv roda Punica je nastao kada je Plinije, antički pisac i ugledan znanstvenik, izjavio da su najbolji plodovi nara iz Punije (područje današnjeg Tunisa). U antičko doba, nar se nazivao *malum punicum,* što znači *puniška jabuka*. Ime vrste *granatum*, u prijevodu s latinskog, znači *zrnato* [53].

Podrijetlom s prostora današnjeg Irana i Afganistana, nar se širi istočno u Indiju i Kinu te zapadno u mediteranske zemlje kao što su, među ostalima, Turska, Egipat, Tunis, Maroko i Španjolska. Španjolski misionari su donijeli nar u Ameriku oko 1500. godine. Područja rasta današnjeg primarnog, komercijalnog nara su Bliski istok, Indija i okolne zemlje te južna Europa [53].

Nar je i prirodni lijek. Poznat je njegov antioksidativni, protuupalni, antitumorski i antidijabetički učinak. Uz to, konzumiranje nara štiti živčani sustav od oštećenja te sprječava bolesti i anomalije kardiovaskularnog sustava. Proizvodi od nara (sok, sjeme, cvijet i ekstrakt kore) su bogat izvor bioaktivnih fitokemikalija, uključujući elaginsku kiselinu, punikalin, punikalagin, pedunkulagin, puninsku kiselinu i velik broj flavonoida [53].

Tablica 12. Bioaktivni (poli)fenolni spojevi u sirovom naru [27, 30].

KROMATOGRAFIJA		**SV**	**MIN**	**MAX**	**SD**
FLAVONOIDI					
flavonoli	(+)-katehin	0,40	0,40	0,40	0,00
	(+)-galokatehin	0,17	0,17	0,17	0,00
	(-)-epikatehin	0,08	0,08	0,08	0,00
	(-)-epigalokatehin	0,16	0,16	0,16	0,00
	procijanidin dimer B1	0,13	0,13	0,13	0,00
	procijanidin dimer B3	0,16	0,16	0,16	0,00
KROMATOGRAFIJA NAKON HIDROLIZE					
LIGNANI					
lignani	matairezinol	0.009	0,009	0,009	0,00
	sekoizolarikirezinol	0.29	0,29	0,29	0,00

Najzastupljeniji spojevi u naru su (+)-katehin i sekoizolarikirezinol (Tablica 12.). Uz njih, prisutan je procijanidin dimer B3. Procijanidin dimer B3 je flavonol koji se može naći u crvenom vinu, ječmu, pivu ili breskvi. Ima ulogu antioksidansa i protuupalnog agensa [55].

3. MATERIJALI I METODE

3.1. Ispitivani biljni materijal

U eksperimentalnom dijelu rada korišten je svježi i obrađeni biljni materijal koji se, agronomski i botanički, može klasificirati kao tropsko, odnosno (sup)tropsko voće. Nijedna se od ispitivanih vrsta voća ne može strogo klasificirati kao tropska, odnosno suptropska biljka, jer tropske biljke često rastu u suptropskim područjima i obrnuto. Ispitivane vrste voća su avokado (*P. americana* Mill.), kaki (*D. kaki* Thunb.), kivi (*A. deliciosa* Liang et Ferguson), mango (*M. indica* L.), maslina (*O. europaea* L.) i nar (*P. granatum* L.). U slučaju avokada, manga i nara je promatrana reakcija mesa i kore s otapalima kako bi se utvrdio njihov indikatorski potencijal. S druge strane, u slučaju svježeg kakija i kivija je korišteno samo meso plodova voća. Treba napomenuti da su, u slučaju maslina, meso i kora promatrani zajedno, ali nisu korištene svježe već ukiseljene masline.

3.2. Kemikalije i pribor

Kemikalije korištene u eksperimentalnom dijelu istraživanja su analitičke čistoće, a voda korištena za pripremu otopina zadane pH vrijednosti i otopina uzoraka je demineralizirana i deionizirana. Popis korištenih kemikalija čine:

- klorovodična kiselina, HCl (M = 36.36 g/mol, Kemika)
- natrijev hidroksid, NaOH (M = 39.99 g/mol, Kemika)
- ultračista voda
- aceton, C_3H_6O (M = 58.08 g/mol, Kemika)
- etanol, C_2H_5OH (M = 46.07 g/mol, Kemika)
- metanol, CH_3OH (M = 32.04 g/mol, Kemika)

Pribor korišten u istraživanju čine: nož, škare, pinceta, kapalice, jažice, stakleni štapići, keramički tarionik s tučkom, staklene čaše (250 mL, 100 mL, 50 mL, 10 mL), odmjerne tikvice (100 mL), pipete (10 mL i 5 mL), staklene bočice s ubrušenim čepom, epruvete, stalak za epruvete i parafilm.

Od uređaja je korišteno električno grijaće tijelo, analitička vaga, magnetska mješalica, uređaj za ultračistu vodu (TKA, WASSERAUFBEREITUNGSSYSTEME), pH metar (808 Titrando, Metrohm) i vortex mješalica.

3.3. Priprema otopina zadanih pH vrijednosti

Otopine određene, zadane pH vrijednosti su pripremljene iz koncentrirane klorovodične kiseline i krutog natrijevog hidroksida. Za otopinu neutralne pH vrijednosti (pH = 7) je upotrijebljena ultračista voda, čija je pH vrijednost prethodno provjerena i potvrđena pH metrom.

Za pripremu otopina kiselog pH, izračunati volumen koncentrirane klorovodične kiseline je kvantitativno uliven u odmjernu tikvicu s destiliranom vodom, u koju se dodalo ultračiste vode do oznake, prema pravilima priređivanja otopina u odmjernom posuđu. Otopine pH = 1 i pH = 2 su pripremljene istim postupkom. Preostale otopine, tj. otopine pH = 3-6, su priređene razrjeđivanjem otopine pH = 1, prema formuli (4):

$$c_1V_1 = c_2V_2 \qquad (4)$$

Po pripremi, svim je otopinama određena i utvrđena točna pH vrijednost pomoću pH metra, a tolerirano odstupanje u pH vrijednosti je smjelo iznositi ± 0.1.

Otopine bazičnog karaktera su pripremljene otapanjem natrijeva hidroksida u ultračistoj vodi. Otopine pH = 11-14 su priređene kvantitativnim dodatkom odgovarajuće mase natrijeva hidroksida u odmjernu tikvicu. U tikvicu je, potom, dodana ultračista voda do oznake, prema pravilima pripremanja otopina u odmjernom posuđu. Otopine pH = 10-8 su pripremljene razrjeđivanjem prema formuli (4). Po pripremi, svim je otopinama određena i utvrđena točna pH vrijednost pomoću pH metra, a tolerirano odstupanje u pH vrijednosti je smjelo iznositi ± 0.1.

3.4. Priprema biljnog materijala i postupak

U porculanski tarionik je dodan 1 g biljnog materijala i 5 mL otapala te je potom sadržaj tarionika zgnječen tučkom dok se ne dobije kašasta masa. Plan i protokol izvođenja eksperimentalnog dijela je prikazan u Tablicama 13. i 14. Nakon pripreme indikatora,

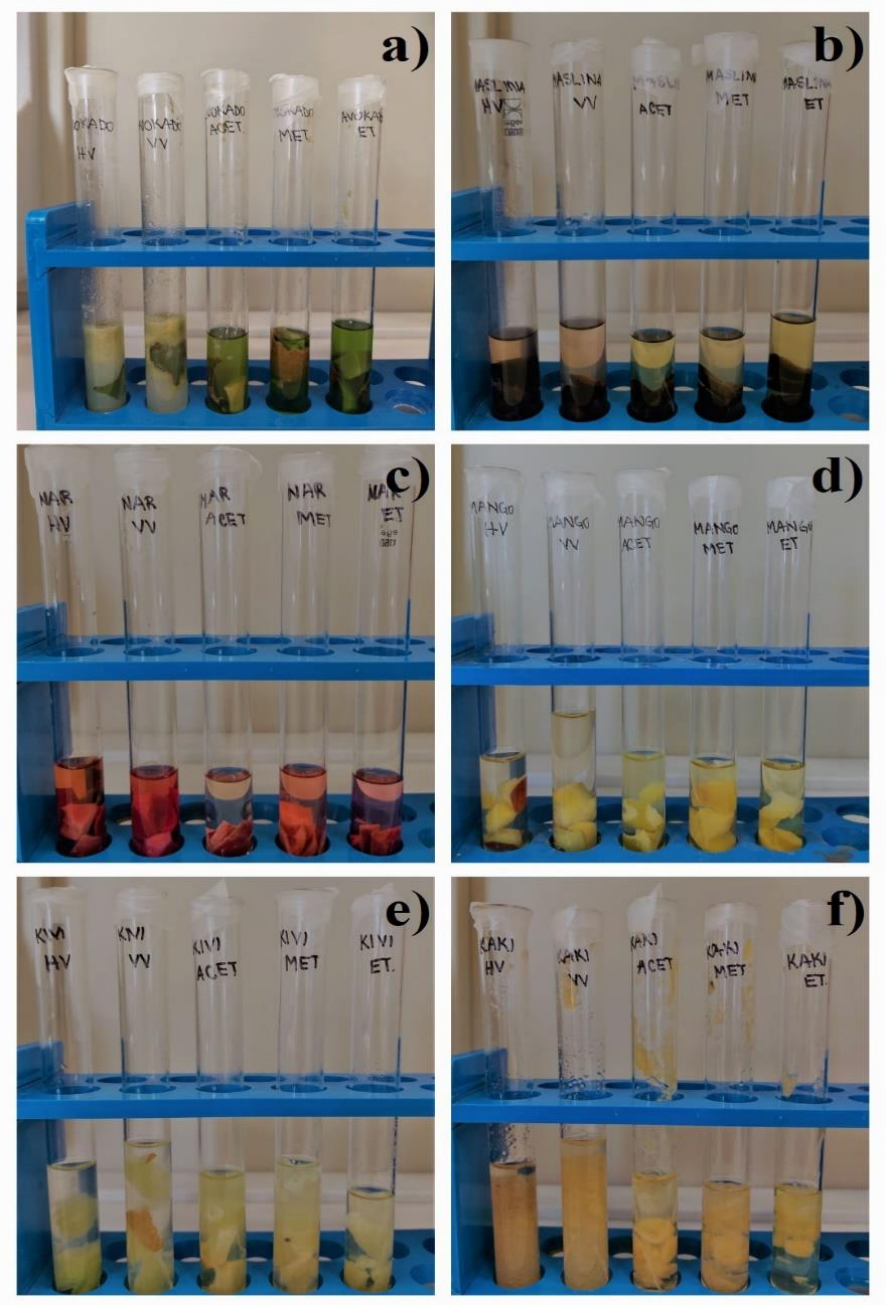
ispitana je promjena boje indikatora pri pH = 1-14, odnosno procijenjen je indikatorski potencijal odabranog (sup)tropskog voća.

Tablica 13. Plan rada.

1 – KORA AVOKADA	
kora + ultračista hladna voda	kora + etanol
kora + aceton	kora + metanol
2 – MESO AVOKADA	
meso + ultračista hladna voda	meso + etanol
meso + aceton	meso + metanol
3 – MESO KAKIJA	
meso + ultračista hladna voda	meso + etanol
meso + aceton	meso + metanol
4 – MESO KIVIJA	
meso + ultračista hladna voda	meso + etanol
meso + aceton	meso + metanol
5 – KORA MANGA	
kora + ultračista hladna voda	kora + etanol
kora + aceton	kora + metanol
6 – MESO MANGA	
meso + ultračista hladna voda	meso + etanol
meso + aceton	meso + metanol
7 – KORA I MESO CRNIH MASLINA	
kora + meso + ultračista hladna	kora + meso + etanol
kora + meso + aceton	kora + meso + metanol
8 – KORA NARA	
kora + ultračista hladna voda	kora + etanol
kora + aceton	kora + metanol
9 – MESO NARA	
meso + ultračista hladna voda	meso + etanol
meso + aceton	meso + metanol

Drugi dio ispitivanja bio je ispitati indikatore nakon 24 h stajanja na sobnoj temperaturi. U ovom slučaju, u epruvete je dodan 1 g biljnog materijala na koji je dodano 5 mL odabranog otapala (Slika 18., Tablica 14.). U slučaju avokada (Slika 18. a)), manga (Slika 18. d)) i maslina (Slika 18. b)) ispitani su i meso i kora, u slučaju nara (Slika 18. c)) samo kora, dok je u slučaju kakija (Slika 18. f)) i kivija (Slika 18. e)) ispitano samo meso plodova. Nakon

pripreme, epruvete su kratko vorteksirane, i ostavljene 24 h na sobnoj temperaturi (tijekom kojih su epruvete u nekoliko navrata vorteksirane). Nakon 24 h ispitan je indikatorski potencijal ovako pripremljenih indikatora. Prije ispitivanja, sadržaj epruveta je još jednom vorteksiran.



Slika 14. Indikatori pripremljeni za drugi dio ispitivanja: a) avokado, b) crna maslina, c) nar, d) mango, e) kivi i f) kaki.

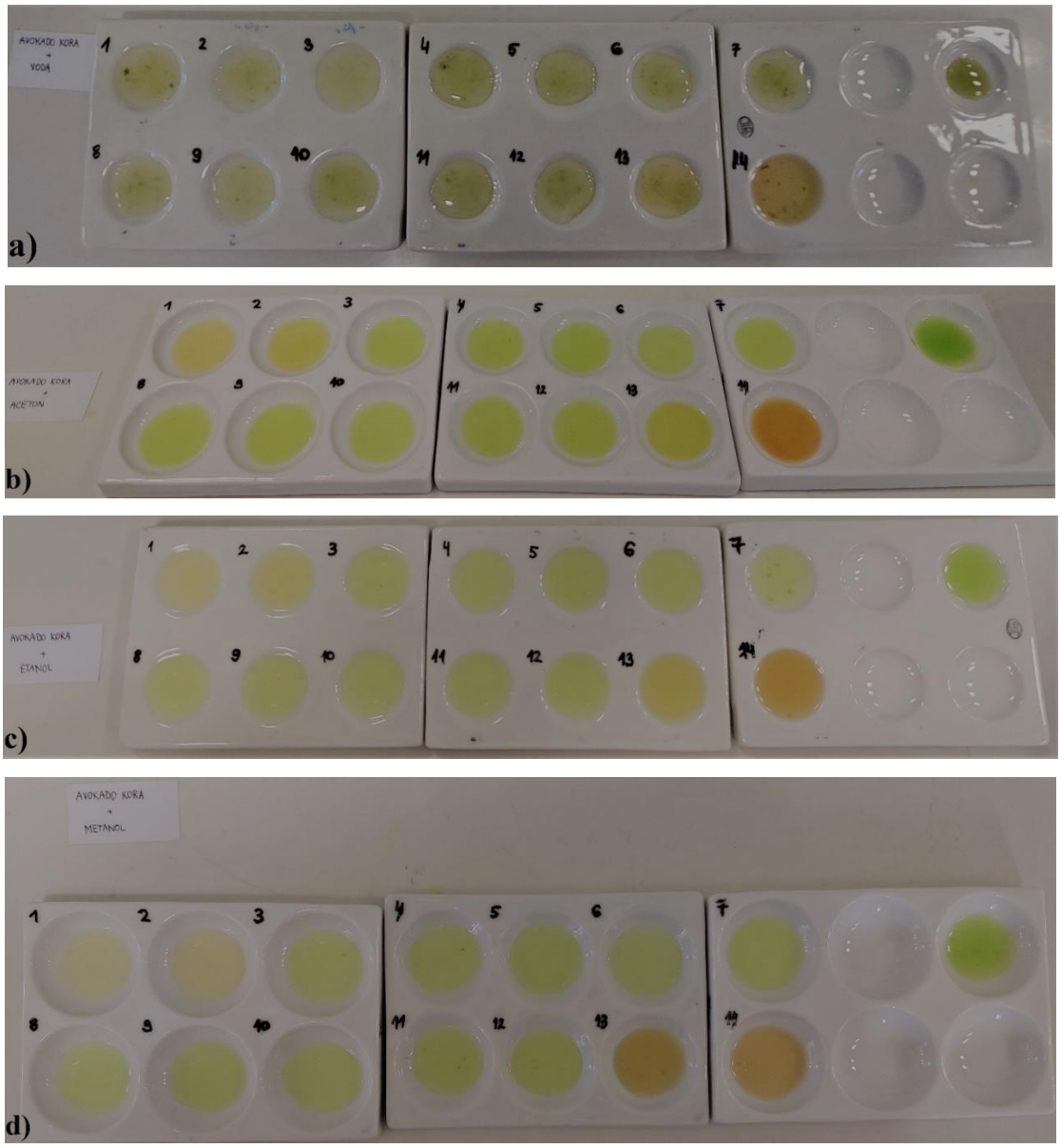
Tablica 14. Plan rada s voćem nakon 24 h stajanja u otapalima.

KORA I MESO AVOKADA	**MESO KAKIJA**
kora + meso + ultračista hladna voda	meso + ultračista hladna voda
kora + meso + ultračista topla voda	meso + ultračista topla voda
kora + meso + aceton	meso + aceton
kora + meso + etanol	meso + etanol
kora + meso + metanol	meso + metanol
MESO KIVIJA	**KORA I MESO MANGA**
meso + ultračista hladna voda	kora + meso + ultračista hladna voda
meso + ultračista topla voda	kora + meso + ultračista topla voda
meso + aceton	kora + meso + aceton
meso + etanol	kora + meso + etanol
meso + metanol	kora + meso + metanol
KORA I MESO CRNIH MASLINA	**KORA NARA**
kora + meso + ultračista hladna voda	kora + ultračista hladna voda
kora + meso + ultračista topla voda	kora + ultračista topla voda
kora + meso + aceton	kora + aceton
kora + meso + etanol	kora + etanol
kora + meso + metanol	kora + metanol

4. REZULTATI I RASPRAVA

4.1. Avokado, *Persea americana* Mill.

Rezultati istraživanja primjene avokada, njegove kore i mesa, kao prirodnog kiselo-baznog indikatora u kombinaciji s odabranim otapalima prikazani su na Slikama 15.-17.



Slika 15. Indikator od kore avokada i a) vode, b) acetona, c) etanola i d) metanola.

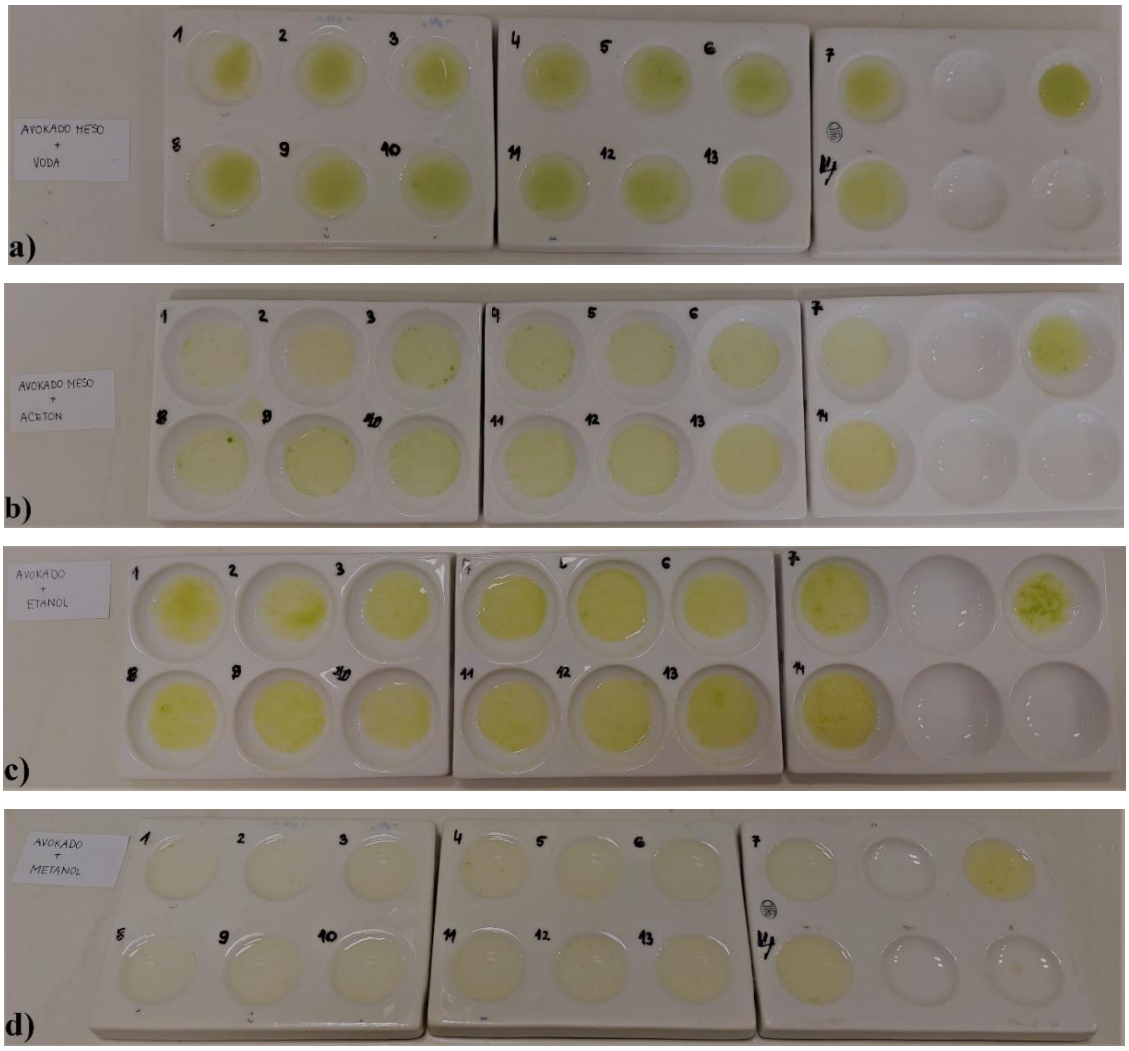
Prema dobivenim rezultatima, indikator pripremljen od kore avokada i vode je u jako kiselom mediju, pH = 1-3, imao blijedo žuto-zelenu boju (Slika 15. a)). Pri pH = 4-11, ovaj

indikator daje intenzivniju nijansu zelene boje, ali promjena boje nije zamjetna. U jako bazičnom mediju, pri pH = 13, boja je blijedo narančasta, a pri pH = 14 je intenzivno narančasta.

Indikator pripremljen s acetonom daje jasnije (intenzivnije) rezultate nego u vodi. U izrazito kiselim uvjetima, pri pH = 1 i pH = 2, otopine poprimaju blijedo narančastu boju (Slika 15. b)). U intervalu pH = 3-12, otopine su obojene jednako zeleno, promjena boje u navedenom intervalu nije zamjetna. Pri pH = 13, otopina ima narančaste tonove, koji su pri pH = 14 intenzivniji.

Prema dobivenim rezultatima, etanol kao otapalo za pripremu indikatora se ne razlikuje znatno od acetona. U slučaju indikatora pripremljenog s etanolom, kora avokada pri iznimno kiselim uvjetima, pH = 1 i pH = 2, daje blijedo narančasto obojenje (Slika 15. c)). Nadalje, pri pH = 3-12, otopine su blijedo zelene, pri pH = 12 otopina ima nijanse žute boje. U iznimno bazičnim uvjetima, pri pH = 13, otopina je blijedo narančasta, ali intenzivnija nego u slučaju kiselog medija. Pri pH = 14, otopina ima intenzivno narančasto obojenje.

U slučaju indikatora pripremljenog s metanolom, iznimno kisele otopine, pH = 1 i pH = 2 su blijedo narančaste (Slika 15. d)). Otopina pH = 3 je blijedo zelena, a otopine pH = 4-12 su intenzivnije zeleno obojene. Iznimno bazične otopine, pH = 13 i pH = 14, poprimile su narančastu boju, pri čemu je otopina pH = 14 tamnije obojena.



Slika 16. Indikator od mesa avokada i a) vode, b) acetona, c) etanola i d) metanola.

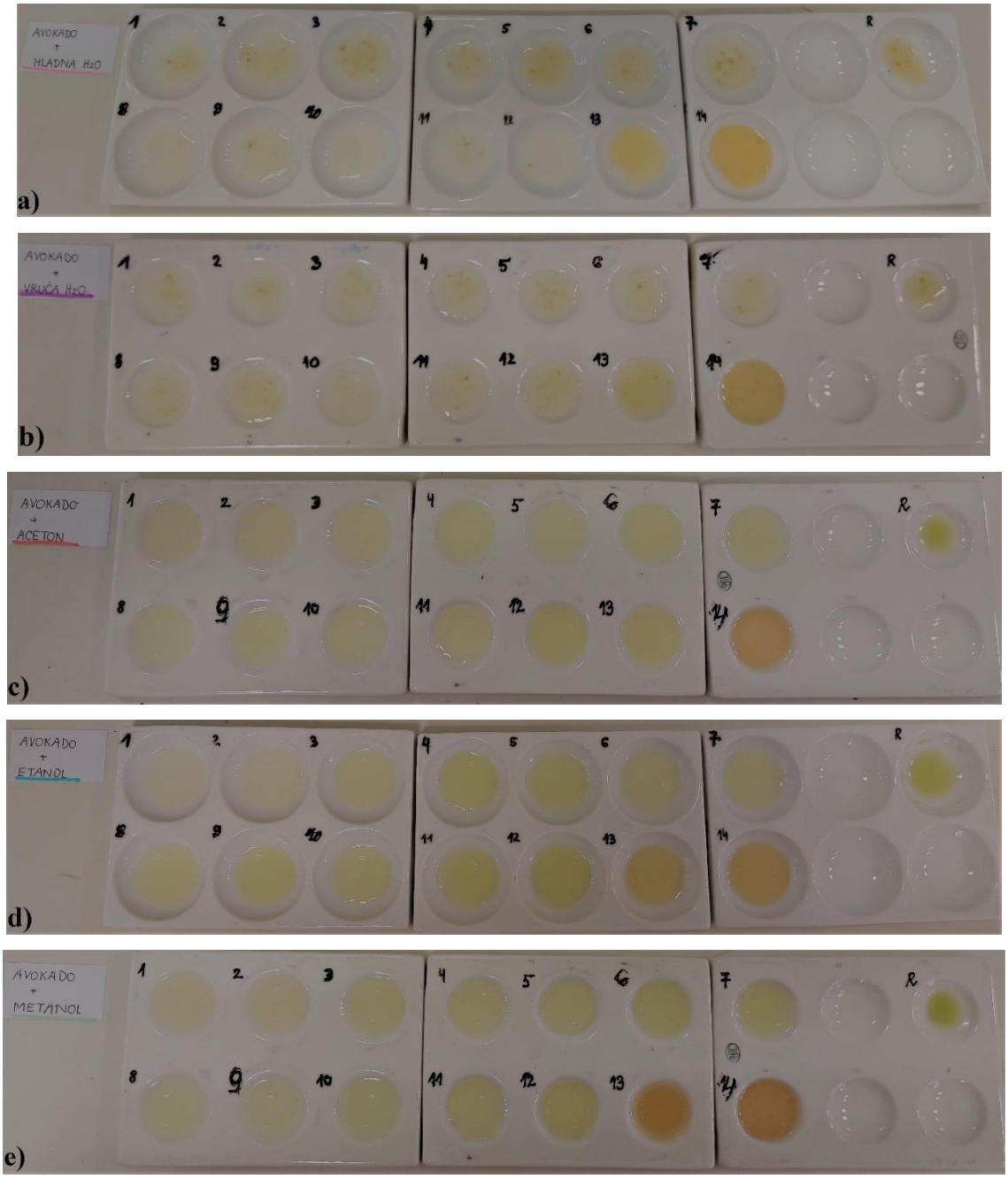
Indikator pripremljen od mesa avokada i vode pokazuje indikatorski potencijal u iznimno bazičnim medijima. Naime, otopine pH = 1-12 su zelene, dok su, u iznimno bazičnim uvjetima, pri pH = 13 i pH = 14, otopine bljeđe zelene i vremenom postaju sve žuće do, konačne, zagasito žute nijanse (Slika 16. a)).

U indikatoru pripremljenom s acetonom, indikator daje blijedo žutu boju u kiselim uvjetima, pH = 1 i pH = 2 (Slika 16. b)). Pri pH = 3-12, otopine su zelene. U iznimno bazičnim uvjetima, pH = 13 i pH = 14, otopine poprimaju intenzivna žuta obojenja.

Indikator pripremljen od mesa avokada i etanola se ne iskazuje kao kiselo-bazni indikator jer ne dolazi ni do kakve promjene boje ni u jednom pH području (Slika 16. c)).

U slučaju indikatora pripremljenog s metanolom, meso avokada pokazuje indikatorski potencijal samo u iznimno bazičnim uvjetima (Slika 16. d)). Naime, otopine pH = 1-13

poprimaju blijedo narančasto obojenje dok u iznimno bazičnim uvjetima, pri pH = 14, otopina poprima intenzivnije narančasto obojenje.



Slika 17. Indikator od kore i mesa avokada i a) hladne vode, b) vruće vode, c) acetona, d) etanola i e) metanola, nakon 24 h.

Indikator pripremljen od mesa i kore avokada i hladne vode, boji otopine pH = = 1-12 u blijedo žutu boju (Slika 17. a)). Iznimno bazične otopine, pH = 13 i pH = 14, poprimaju

izrazito žutu boju, pri čemu treba napomenuti da je žuta boja u otopini pH = 14 tamnija. Indikator od mesa i kore avokada i vruće vode daje gotovo identične rezultate kao i u slučaju hladne vode, ali su boje izraženije pri korištenju vruće vode (Slika 17. b)).

Pri korištenju indikatora pripremljenog s acetonom, iznimno kisele otopine, u rasponu pH = = 1-3, boje u blijedo narančaste nijanse (Slika 17. c)). Nadalje, otopine pH = 4-11 poprimaju blijedo žute nijanse. Bazični mediji, pH = 12 i pH = 13, poprimaju blijedo narančastu boju dok otopina pH = 14 poprima izraženu narančastu boju.

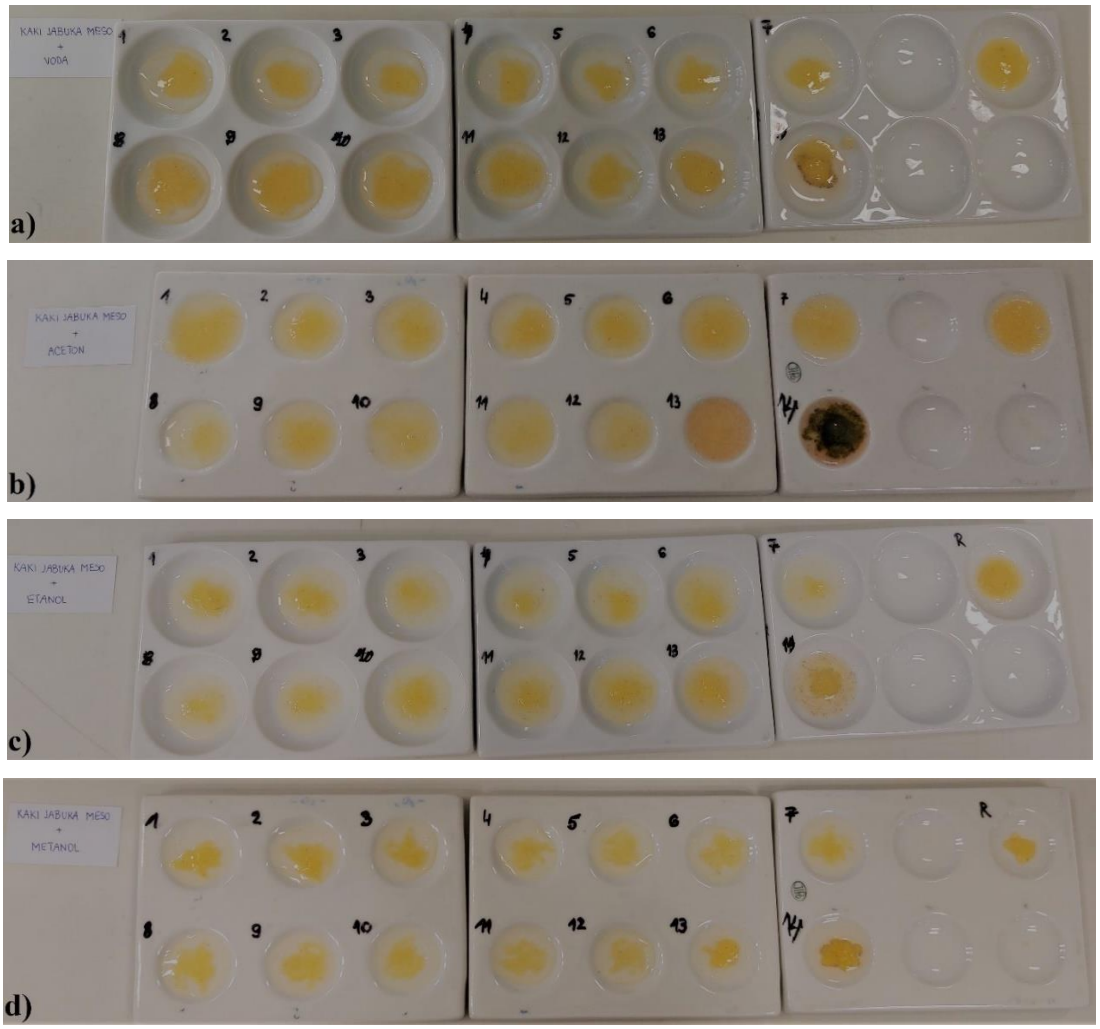
U slučaju indikatora pripremljenih s etanolom i metanolom, dobivaju se gotovo identični rezultati (Slika 17. d) i e)). Otopine u rasponu pH = 1-3 poprimaju blijedo narančasto obojenje, a otopine pH = 4-10 su obojene žuto. Otopine pH = 11 i pH = 12 su obojene blijedo narančasto, a one čiji je pH = 13 i pH = 14 poprimaju žarko narančasto obojenje. Bitno je spomenuti da su, u slučaju metanola, obojenja tamnija, ali istih nijansi kao i u slučaju etanola.

Kao što se može vidjeti u Tablici 2., u svježem avokadu utvrđeni su flavonoli i lignani. Utvrđene koncentracije dosta su niske, međutim ovi spojevi su više odgovorni za pozitivne učinke prehrane bogate avokadom na zdravlje nego za promjene boje. Iznimka je spoj procijanidin dimer B2, koji je jedan od flavola utvrđenih u svježem avokadu, samo u niskim koncentracijama, što je mogući razlog dobivenih rezultata. Ipak, sumarno gledano možemo reći da avokado može poslužiti kao kiselo-bazni indikator, ali u kojoj mjeri, to ovisi o korištenom otapalu. Primjerice, indikator pripremljen od kore avokada i acetona pokazuje tri boje – svijetlo narančastu (jako kiseli medij), zelenu (blago kiseli medij, preko neutralnog, do blago bazičnog medija) i tamno narančastu (jako bazični medij). Iako se među sintetskim indikatorima mogu naći oni koji pokazuju različitu boju za svaki pH, ipak indikator od kore avokada i acetona nije manjkav u usporedbi s, primjerice, lakmus papirom. Osim toga, moguće da bi upotreba drugih otapala ili metoda ekstrakcije dali bolje rezultate od onih u ovom radu.

Dakle, kao najpogodnije otapalo za pripremu indikatora od svježe kore avokada se pokazao aceton. Svježa kora avokada, od svih ispitanih opcija, ima najbolji kiselo-bazni indikatorski potencijal. Meso avokada daje najjasnije rezultate u metanolu i može služiti kao indikator za iznimno bazične uvjete. Indikator pripremljen kombinacijom neoguljenog mesa avokada i metanola daje najjasnije rezultate od svih indikatora ispitanih 24 h nakon pripreme. Indikator pripremljen s vrućom vodom pokazao se boljim u odnosu na indikator pripremljen s hladnom vodom.

4.2. Kaki, *Diospyros kaki* Thunb.

Rezultati istraživanja primjene mesa kakija kao prirodnog kiselo-baznog indikatora u kombinaciji s odabranim otapalima prikazani su na Slikama 18. i 19.

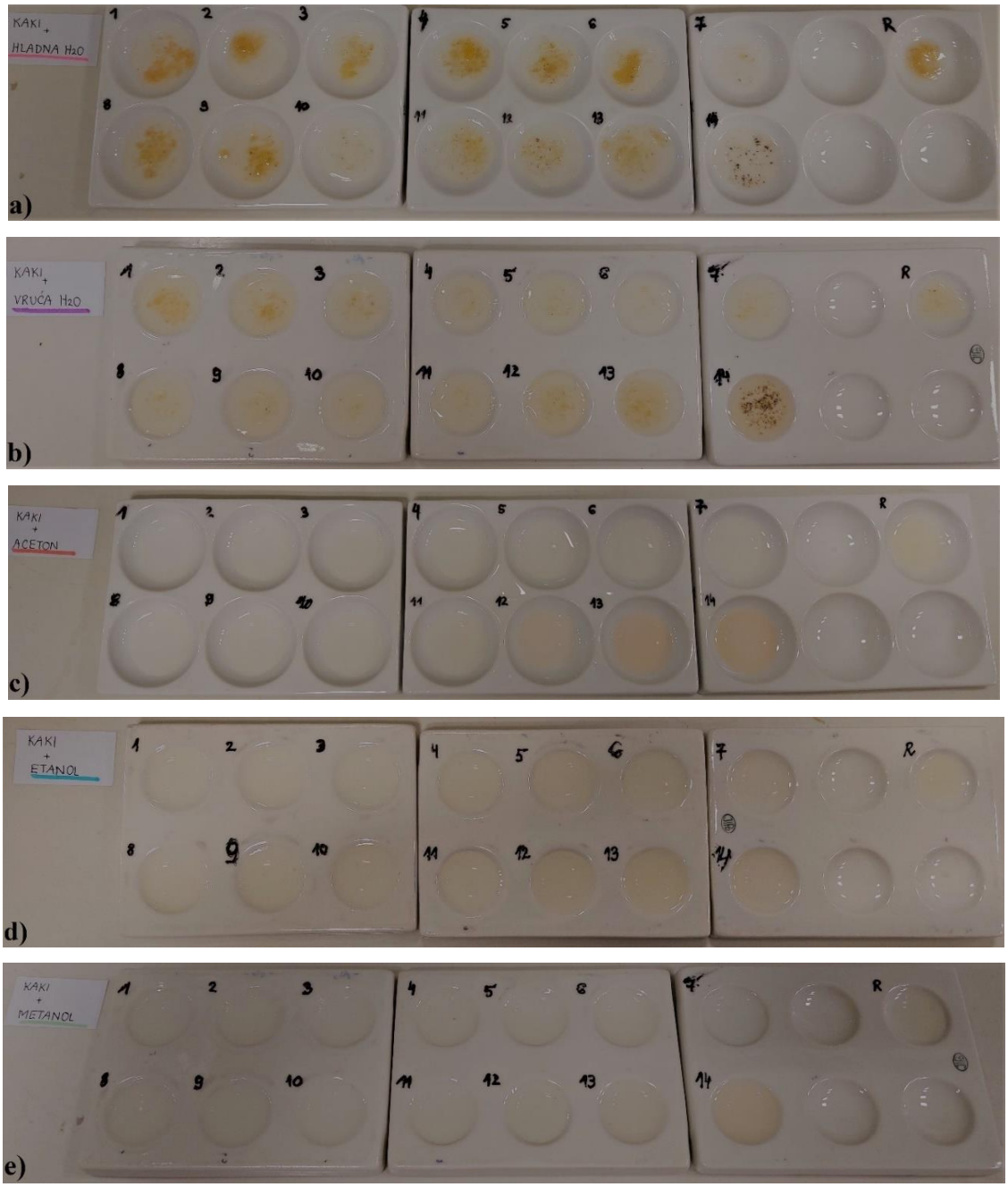


Slika 18. Indikator od mesa kakija i a) vode, b) acetona, c) etanola i d) metanola.

Prema dobivenim rezultatima, indikator pripremljen kombinacijom mesa kakija i vode pokazuje indikatorski potencijal u bazičnim uvjetima (Slika 18. a)). U otopinama pH = 1-12 indikator daje blijedo žutu boju. U bazičnim uvjetima, pH = 13, otopina se boji narančasto, a pri pH = 14 otopina postaje narančasta, a meso smeđe.

U slučaju indikatora s acetonom, otopine indikatora poprimaju žutu boju u rasponu pH = 1--5 (Slika 18. b)). Pri pH = 6 i pH = 7, otopine poprimaju intenzivno narančaste nijanse.

Otopine u rasponu pH = 8-12 su blijedo žute, pri pH = 13 je otopina tamno narančasta. Otopina je tamno narančasta i pri pH = 14, pri čemu još meso tamni do tamno smeđe boje.
Kada govorimo o etanolu, meso kakija ne pokazuje znatne razlike od rezultata dobivenih pomoću indikatora pripremljenog s vodom. U rasponu pH = 1-11, otopine su svijetlo žute boje (Slika 18. c)). Promjena boje je primjetna pri pH = 12 i pH = 13, gdje otopina poprima narančastu boju i pri pH = 14 gdje se otopina boji narančasto, a meso tamni do smeđe boje.
Meso kakija u metanolu pokazuje promjenu boje samo pri pH = 14, odnosno samo u izrazito bazičnim uvjetima (Slika 18. d)). U rasponu pH = 1-13, otopine su blijedo žute dok se pri spomenutoj pH = 14 javlja narančasto obojenje i tamnjenje mesa kakija do smeđe boje.
Indikator pripremljen stajanjem mesa kakija u hladnoj vodi tijekom 24 h, pri pH = 1-2 daje blijedu narančastu boju (Slika 19. a)). Otopine u rasponu pH = 3-11 su providne i nema promjene boje u navedenom pH području. Otopine pH = 12-14 poprimaju blijedu narančastu boju pri čemu, u otopini pH = 14, meso kakija postaje smeđe i raspada se.
U slučaju indikatora pripremljenog s vrućom vodom, otopine u rasponu pH = 1-4 su blijedo narančaste (Slika 19. b)). Otopine pH = 5 i pH = 6 poprimaju blijede žute nijanse. U rasponu pH = 7-11, u otopinama su primjetne blijede narančaste nijanse. Bazične otopine, pH = 12--14 se boje u narančastu boju, pri čemu je otopina pH = 12 najsvjetlija, a otopina pH = 14 najtamnija. Uz to, u otopini pH = 14 dolazi do tamnjenja i raspadanja mesa kakija.
U slučaju indikatora od mesa kakija i acetona, otopine u rasponu pH = 1-11 ostaju providne i ne dolazi do promjene boje (Slika 19. c)). Otopina pH = 12 poprima blijedu narančastu boju, dok se izrazito bazične otopine, pH = 13 i pH = 14, poprimaju intenzivnije narančaste nijanse.
Indikator pripremljen kombinacijom mesa kakija i etanola ne djeluje u iznimno kiselim uvjetima, pH = 1-3, pa te otopine postaju providne (Slika 19. d)). Otopine pH = 4-11 postaju blijedo žute, a otopine pH = 12-14 postaju blijedo narančaste.
Korištenjem metanola za pripremu indikatora, otopine pH = 1-13 ostaju providne, dok se otopina pH = 14 boji narančasto (Slika 19. e)).
Bioaktivni (poli)fenolni spojevi u kakiju su prikazani u Tablici 4. Količinski najzastupljeniji flavonol (+)-katehin ima niz pozitivnih učinaka na zdravlje, a za promjene boje su vjerojatno su zaslužni procijanidin dimer B1 i B3, procijanidin trimer EEC te prodelfinidin dimer B3. Međutim, ovi su spojevi prisutni u jako niskim koncentracijama, što bi mogao biti razlog dobivenih rezultata.

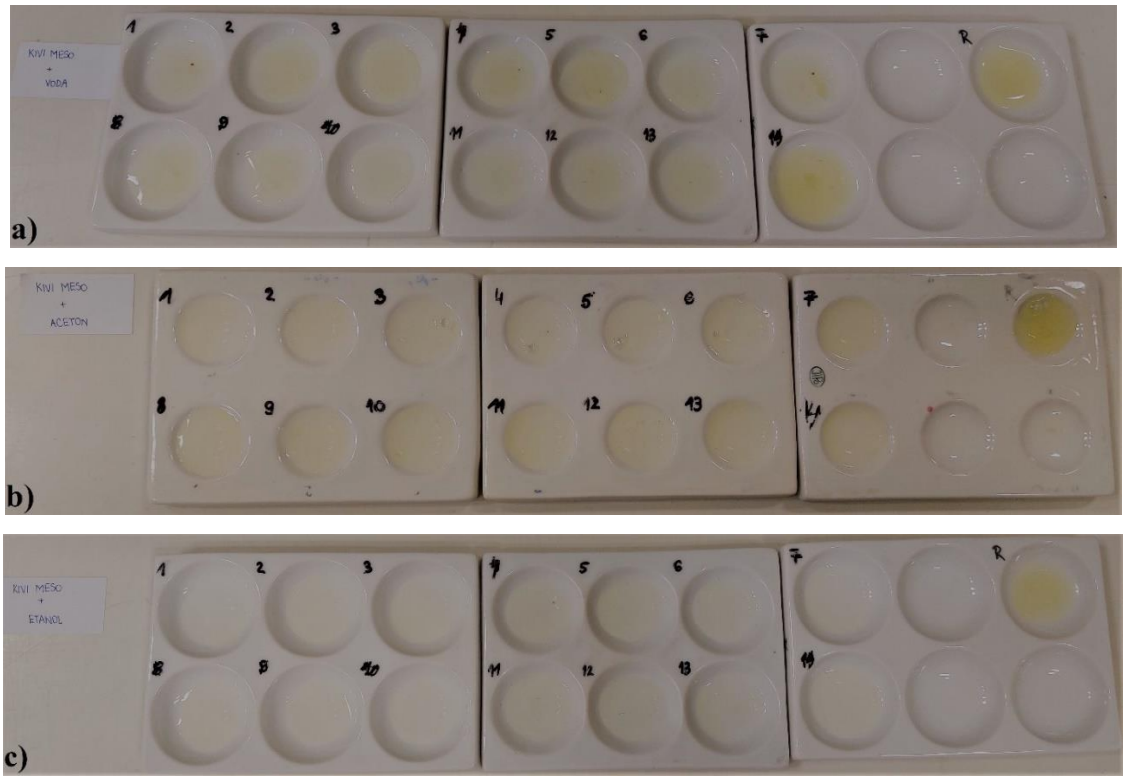


Slika 19. Indikator od mesa kakija i a) hladne vode, b) vruće vode, c) acetona, d) etanola i e) metanola, nakon 24 h.

Indikator od svježeg mesa kakija daje najbolje rezultate pripremljen u kombinaciji s acetonom, s kojim daje indikator za jako bazični medij i najbolju opciju od svih ispitanih. U slučaju indikatora koji su stajali 24 h, najboljim se pokazao onaj pripremljen s acetonom, koji ukazuje na jako bazičan medij. Uspoređujući rezultate dobivene korištenjem hladne i vruće vode za pripremu indikatora, boljom se pokazala vruća voda.

4.3. Kivi, *Actinidia deliciosa* Liang et Ferguson

Rezultati istraživanja primjene mesa kivija kao prirodnog kiselo-baznog indikatora u kombinaciji s odabranim otapalima prikazani su na Slikama 20. i 21.

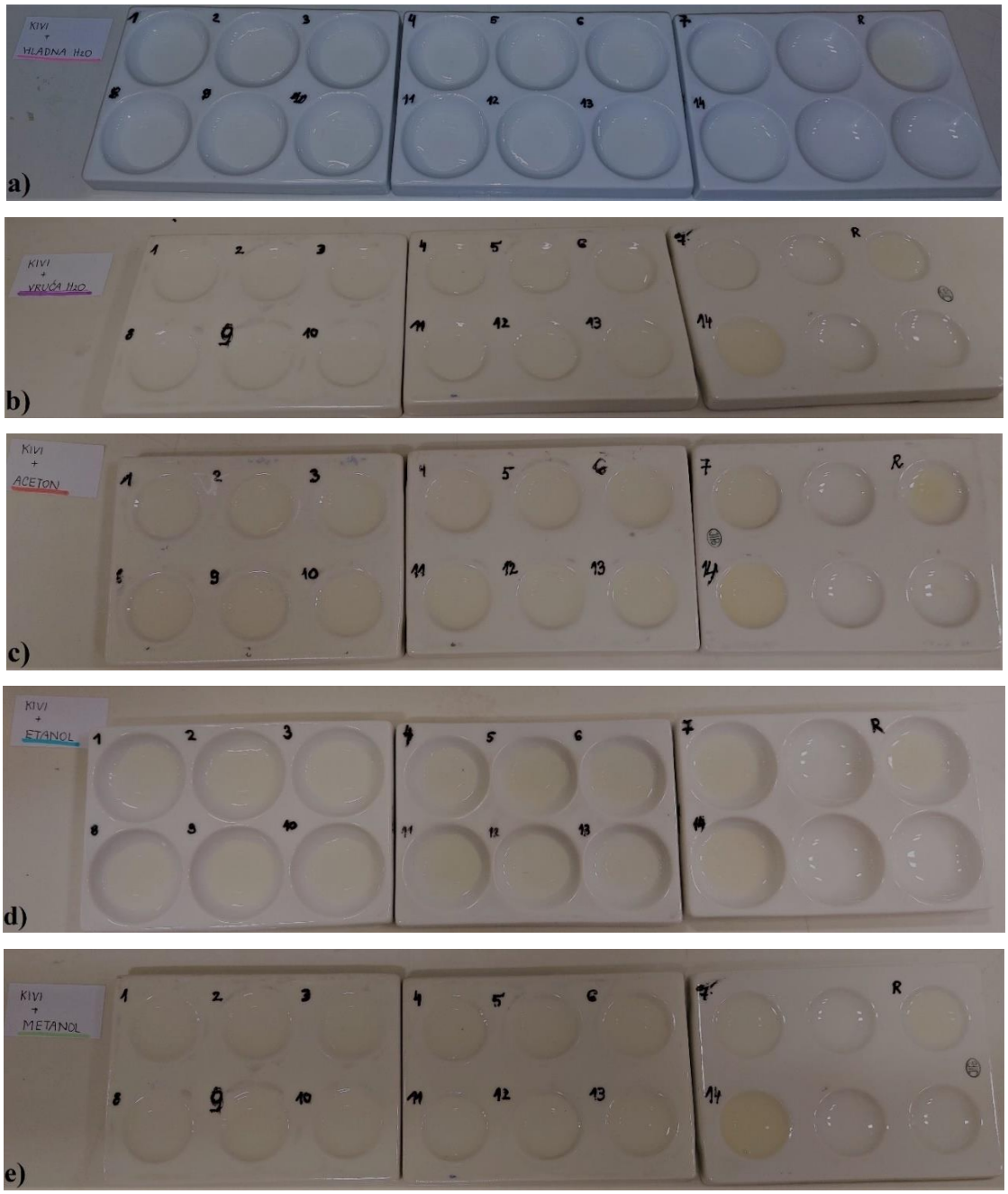


Slika 20. Indikator od mesa kivija i a) vode, b) acetona i c) etanola.

Indikator pripremljen od mesa kivija i vode, u rasponu pH = 1-4 i pH = 6-13, poprimile su blijedo žuto obojenje (Slika 20. a)). Pri pH = 5 se javlja intenzivnije žuto obojenje, dok se pri pH = 14 javlja najintenzivnije žuto obojenje.

Aceton se ne pokazuje kao prikladno otapalo za pripremu indikatora s mesom kivija. Naime, ni u jednom pH području u rasponu pH = 1-14 ne dolazi do promjene boje otopine, a sve otopine su blijedo narančaste (Slika 20. b)).

Indikatori pripremljeni pomoću etanola (Slika 20. c)) i metanola s mesom kivija ne pokazuju povoljan kiselo-bazni indikatorski potencijal. Otopine u rasponu pH = 1-14 su blijedo narančaste i u promatranome pH području nije došla do promjene boje.



Slika 21. Indikator od mesa kivija i a) hladne vode, b) vruće vode, c) acetona, d) etanola i e) metanola, nakon 24 h.

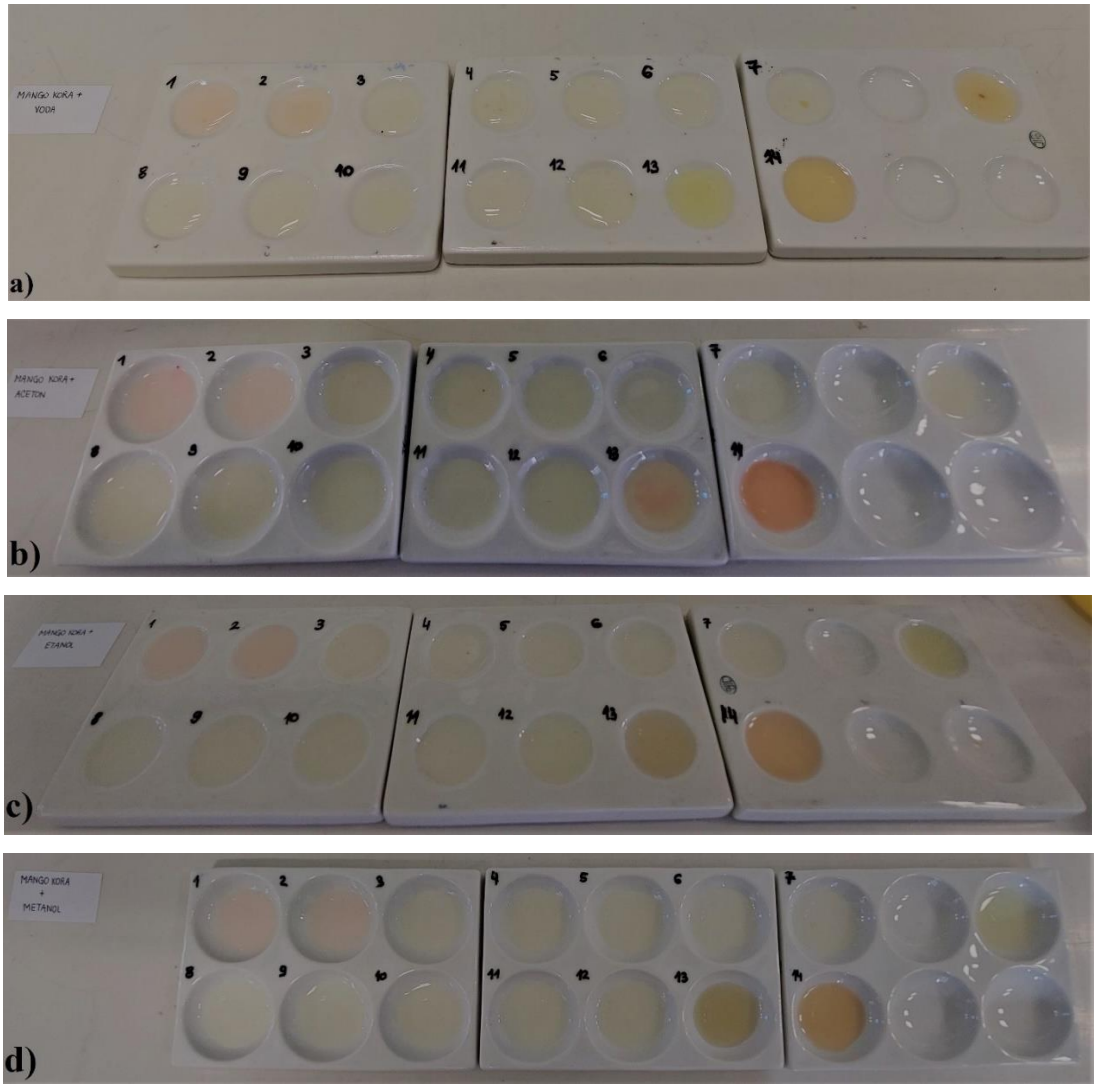
Indikator pripremljen kombinacijom mesa kivija i hladne vode ne pokazuje povoljan kiselo--bazni indikatorski potencijal (Slika 21. a)). Naime, ne dolazi do promjene boje ni u jednom pH području, a otopine pH = 1-14 ostaju providne. U slučaju korištenja vruće vode, acetona i metanola, otopine u rasponu pH = 1-13 ostaju providne, dok se pri pH = 14 boje u blijedo narančaste nijanse (Slika 21. b)). Korištenjem acetona (Slika 21. c)) i metanola (Slika 21. e))

za pripremu indikatora, otopine pH = 1-13 ostaju providne, dok se otopina pH = 14 boji blijedo narančasto.
Indikator pripremljen pomoću etanola boji otopine pH = 1-13 u blijedu žutu boju, dok je otopina pH = 14 blijedo narančasto obojena (Slika 21. d)).
Bioaktivni spojevi, odnosno (poli)fenoli detektirani u svježem kiviju su prikazani u Tablici 6. U mesu kivija se, prema literaturi, u najvećoj koncentraciji nalaze pojedini lignani, prvenstveno sekoizolarikirezinol i larikirezinol, potom flavon luteolin (žuta boja) te od flavonola (-)epikatehin. Uočene boje mogle bi biti posljedica pristunosti luteolina te procijanidin dimera B2 i procijanidin trimera C1.
Zaključno, indikator od svježeg mesa kivija daje najbolje rezultate u kombinaciji s vodom. U slučaju indikatora ispitanih nakon 24 h, najučinkovitijim se ukazao indikator pripremljen s metanolom. Usporedivši rezultate dobivene korištenjem ultračiste hladne i vruće vode, nema uočenih razlika u rezultatima. U sva tri navedena slučaja, indikator od kivija se iskazalo kao indikator za izrazito bazičan medij.

4.4. Mango, *Mangifera indica* L.

Rezultati istraživanja primjene manga, njegove kore i mesa, kao prirodnog kiselo-baznog indikatora u kombinaciji s odabranim otapalima prikazani su na Slikama 22.-24.
Indikator pripremljen kombinacijom kore manga i vode u iznimno kiselom mediju, pH = 1 i pH = 2, daje blijedo ružičaste nijanse (Slika 22. a)). U rasponu pH = 3-12, otopine su blijedo narančaste. U izrazito bazičnim uvjetima, pH = 13 i pH = 14, se javljaju intenzivnije narančaste nijanse. Pri pH = 13, otopina je intenzivnije narančasta, dok je otopina pH = 14 tamno narančasta.
U slučaju acetona, pri pH = 1 i pH = 2, otopine poprimaju blijedo ružičastu boju (Slika 22. b)). U rasponu pH = 3-12 se otopine boje žuto. U izrazito bazičnom području, otopina pri pH = 13 poprima žuto-narančastu boju, dok je otopina pH = 14 intenzivne narančaste boje.
Indikator pripremljen kombinacijom kore manga i etanola, otopine pH = 1 i pH = 2 boji u blijedo ružičastu boju (Slika 22. c)). Otopine u rasponu pH = 3-12 su blijedo narančaste. Otopina pH = 13 postaje svijetlo smeđa, dok otopina pH = 14 poprima intenzivno narančasto obojenje.
Prema dobivenim rezultatima, indikator pripremljen od kore manga i metanola je u izrazito kiselim uvjetima, pH = 1 i pH = 2, blijedo ružičaste boje (Slika 22. d)). Otopine u rasponu

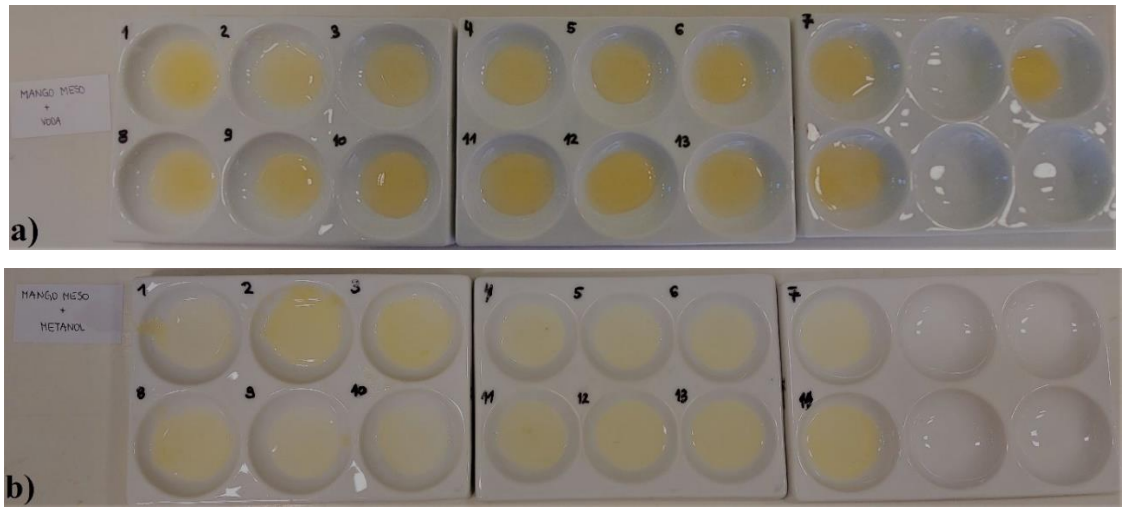
pH = 3-12 su blijedo žute. Otopina pH = 13 je svijetlo smeđe boje, a otopina pH = 14 je intenzivno narančastog obojenja.



Slika 22. Indikator od kore manga i a) vode, b) acetona, c) etanola i d) metanola.

Indikator pripremljen kombinacijom mesa manga i vode ne pokazuje povoljan kiselo-bazni indikatorski potencijal. Otopine svih pH su žute (Slika 23. a)) i ne dolazi do promjene boje ni u jednom pH području.

Korištenjem metanola kao otapala za pripremu indikatora, meso manga boji otopine u različite nijanse žute boje. Otopina pH = 1 je svijetlo žuta, kao i otopine u rasponu pH = 4--10 (Slika 23. b)). Otopine pH = 2 i pH = 3 su intenzivnije žuto obojene, a isti boja se javlja i u rasponu pH = 11-14.



Slika 23. Indikator od mesa manga i a) vode te b) metanola.

Indikatori pripremljeni kombinacijom mesa manga s acetonom i etanolom daju identične rezultate kao i pri korištenju vode kao otapala za pripremu indikatora. Odnosno, i u tim slučajevima, otopine svih pH, pH = 1-14, su žute boje.

Indikator pripremljen kombinacijom kore i mesa manga i vode, nakon 24 h, daje identične rezultate u slučaju hladne (Slika 24. a)) i vruće vode (Slika 24. b)). Otopine u rasponu pH = 1-12 su providne, dok otopine pH = 13 i pH = 14 poprimaju blijedo narančastu boju.

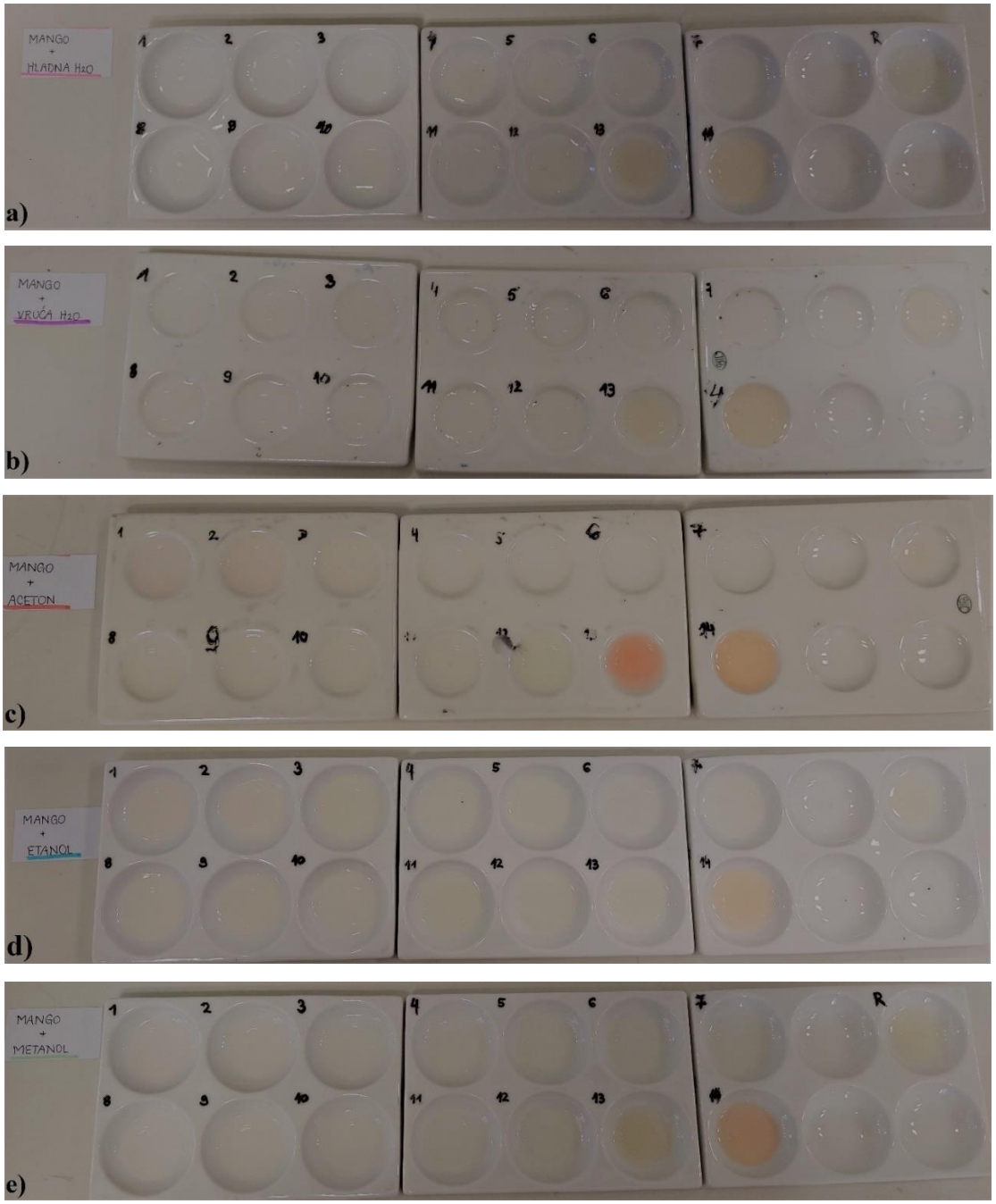
U slučaju acetona, otopine pH = 1 i pH = 2 poprimaju blijedu ružičastu boju (Slika 24. c)). Otopine u rasponu pH = 3-11 ostaju providne. Otopine pH = 12 je poprimila žuto, pH = 13 ružičasto, a otopina pH = 14 intenzivno narančasto obojenje.

Indikator pripremljen od kore i mesa manga i etanola boji izrazito kisele otopine, pH = 1 i pH = 2, u ružičaste nijanse. Otopine u rasponu pH = 3-13 poprimaju blijedu žutu boju (Slika 24. d)). Otopina pH = 14 poprima intenzivnu narančastu boju, što je čini najuočljivijom od navedenih.

Indikator pripremljen kombinacijom kore i mesa manga i metanola boji izrazito kisele otopine, pH = 1 i pH = 2 u blijede ružičaste nijanse (Slika 24. e)). Otopine u rasponu pH = = 3-12 postaju blijedo žute, otopina pH = 13 blijedo narančasta, a otopina pH = 14 narančasta.

Bioaktivni (poli)fenolni spojevi u mangu su prikazani u Tablici 8. Najzastupljeniji spoj je (+)-katehin, koji je odgovoran za pozitivan učinak ovog voća na zdravlje. Moguće je da su u mangu prisutni drugi spojevi koji nisu prikazani u *Phenol-Explorer* bazi a koji doprinose ili se odgovorni za ovdje uočene boje. Nedostatak poliefnolnih pigmenata, vidljiv već po

samoj boji voća, također je razlog manjka spektakularnijih promjena boja u ovisnosti o pH medija. Ipak mango ima određeni potencijal, kao indikator jako bazičnog medija.



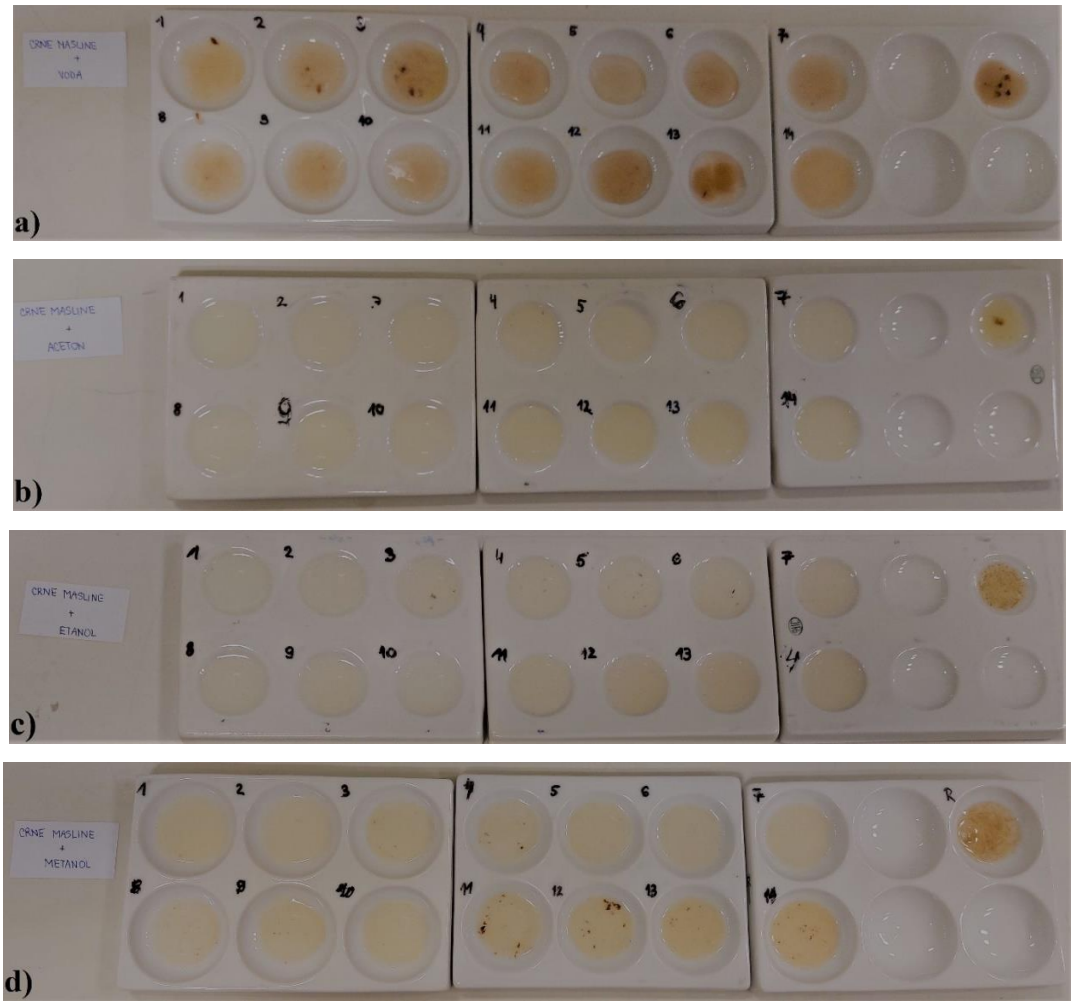
Slika 24. Indikator od kore i mesa manga i a) hladne vode, b) vruće vode, c) acetona, d) etanola i e) metanola, nakon 24 h.

Kora manga svoj najjači kiselo-bazni indikatorski potencijal pokazuje korištenjem acetona za pripremu indikatora i predstavlja najbolju opciju od svih ispitanih. U slučaju svježeg mesa

manga, metanol je najbolje otapalo. Kada promatramo rad indikatora nakon 24 h, najboljim se pokazao onaj s acetonom. Uspoređujući rezultate dobivene korištenjem hladne i vruće vode, nema uočenih razlika u rezultatima.

4.5. Maslina, *Olea europaea* L.

Rezultati istraživanja primjene crnih maslina kao prirodnog kiselo-baznog indikatora u kombinaciji s odabranim otapalima prikazani su na Slikama 25. i 26.

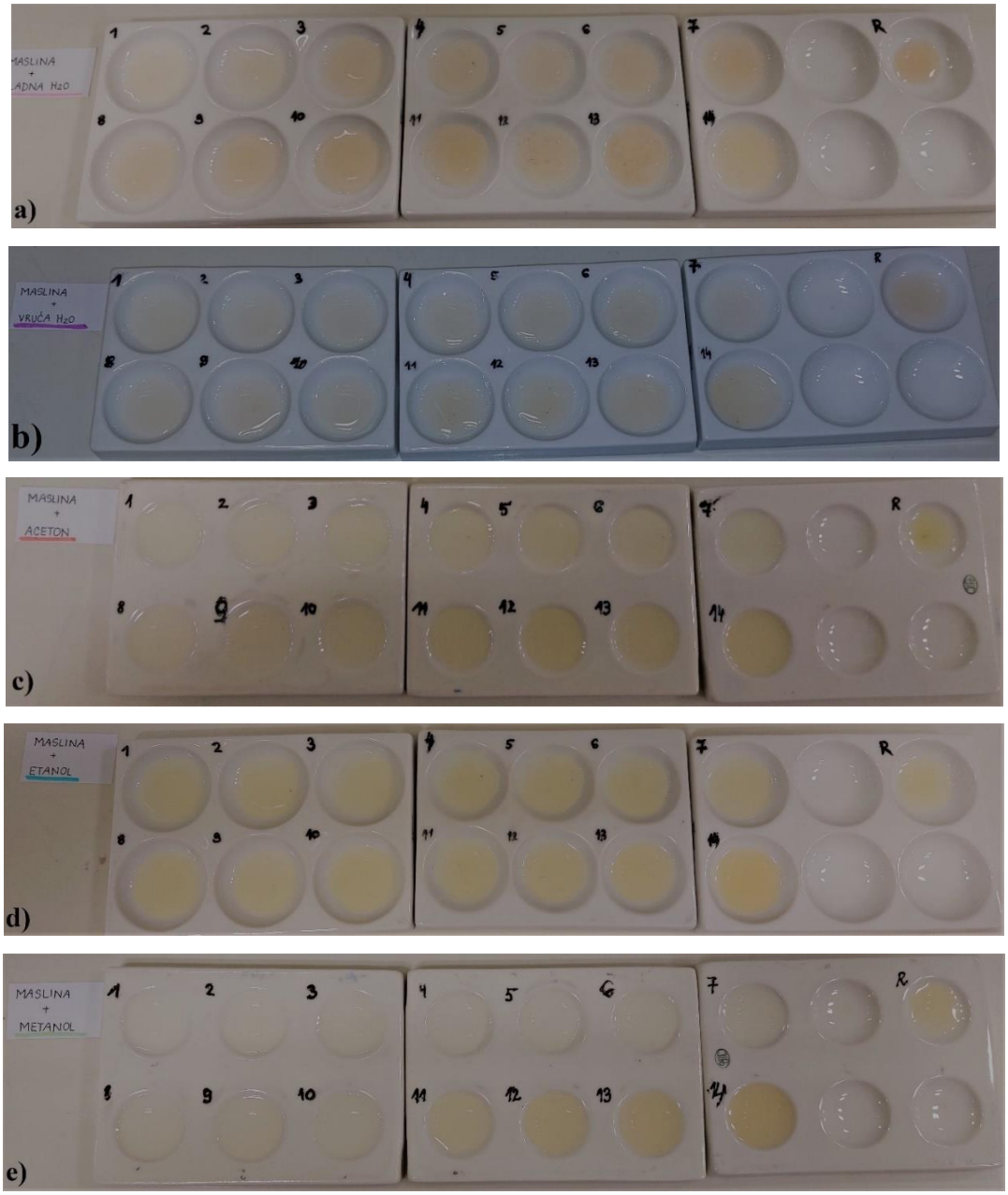


Slika 25. Indikator od crnih maslina i a) vode, b) acetona, c) etanola i d) metanola.

Indikator pripremljen kombinacijom crnih maslina i vode, u jako kiselom mediju, pH = 1 i pH = 2, poprima blijedu narančastu boju (Slika 25. a)). Otopine u rasponu pH = 3-7 su smeđe. Otopine pH = 8-11 poprimile su blijedu narančastu boju. Iznimno bazične otopine, pH = 12

i pH = 13 su tamno smeđe, dok je otopina pH = 14 intenzivno narančasta. Korištenjem acetona za pripremu indikatora ne dolazi do povoljnih rezultata (ne dolazi do promjene boje ni u jednom pH području, Slika 25. b)).

Indikator s etanolom i s metanolom daju gotovo identične rezultate (Slika 25. c) i d)) – otopine pH = 1-10 boje u blijedu narančastu boju, a pH = 11-14 su intenzivnije narančaste.



Slika 26. Indikator od crnih maslina i a) hladne vode, b) vruće vode, c) acetona, d) etanola i e) metanola, nakon 24 h.

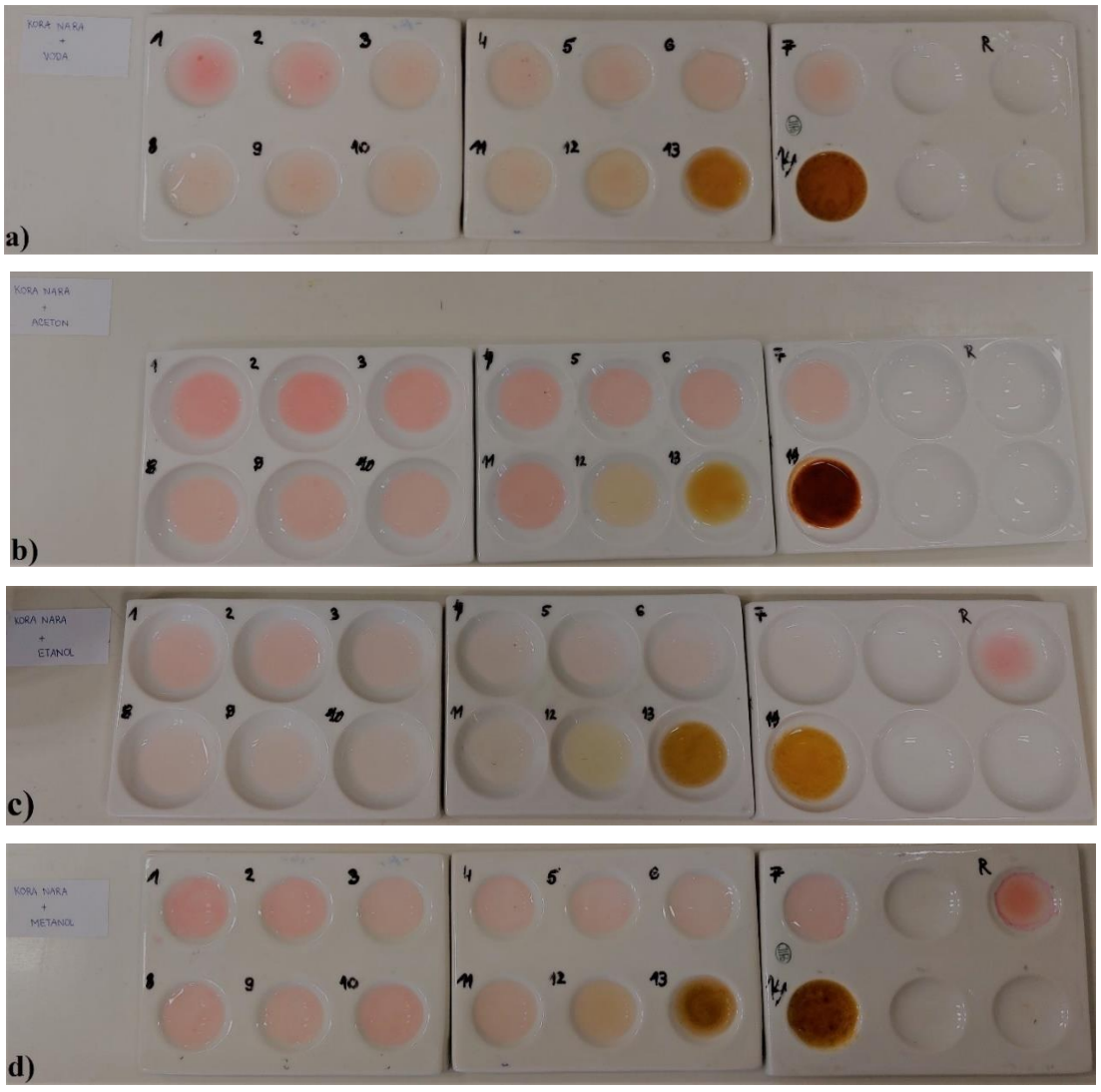
Indikator pripremljen s hladnom vodom, izrazito kisele otopine, pH = 1 i pH = 2, boji u blijedo narančastu boju (Slika 26. a)). Otopine u rasponu pH = 3-14 poprimaju nešto tamnije nijanse narančaste boje.
U slučaju vruće vode, otopine u rasponu pH = 1-13 poprimaju blijedu narančastu boju (Slika 26. b)), dok je otopina pH = 14 nešto tamnijeg narančastog obojenja.
Indikator pripremljen s acetonom boji otopine u rasponu pH = 1-10 u narančastu boju (Slika 26. c)). Nadalje, u otopinama u rasponu pH = 11-14 se javlja tamnije narančasto obojenje.
Prema dobivenim rezultatima, etanol kao otapalo daje identične rezultate kao i vruća voda (Slika 26. d)).
U slučaju metanola, otopine pH = 1-10 ostaju providne i u navedenom rasponu ne dolazi do promjene boje (Slika 26. e)). Otopine u rasponu pH = 11-13 poprimaju blijedu narančastu boju, dok je otopina pH = 14 nešto tamnijeg narančastog obojenja.
Bioaktivni (poli)fenolni spojevi u crnoj maslini su prikazani u Tablici 10. Spojevi koji bi mogli biti povezani s promjenom boje su antocijanini cijanidin-3-*O*-rutinozid i cijanidin-3-*O*-glukozid. Pregledom literature, uočeno je kako se radi o spojevima koji su termolabilni [56] te se njihova koncentracija u konzerviranim maslinama, zbog obrade biljnog materijala, mogla znatno smanjiti što je moglo dovesti o ovdje prikazanih rezultata. Zaključno, najboljim otapalom za pripremu indikatora od crne masline se pokazao metanol, a uz to nema uočenih razlika u korištenju hladne i vruće vode za pripremu indikatora.

4.6. Nar, *Punica granatum* L.

Rezultati istraživanja primjene nara, njegove kore i mesa, kao prirodnog kiselo-baznog indikatora u kombinaciji s odabranim otapalima prikazani su na Slikama 27.-29.
Indikator pripremljen kombinacijom kore nara i vode, jako kisele otopine, pH = 1 i pH = 2, boja u ružičastu boju (Slika 27. a)). Otopine u rasponu pH = 3-11 poprimile su narančasto-ružičastu boju, a pH = 12 je poprimila istu narančasto-ružičastu boju, ali intenzivniju. Izrazito bazične otopine, pH = 13 i pH = 14, obojene su smeđe. Međutim, u otopini pH = 13 je nijansa svjetlija.
U slučaju acetona, kora nara boji otopine pH = 1-3 u intenzivnu ružičastu boju (Slika 27. b)). Otopine pH = 3-11 su svijetlo žute boje. Kora nara je otopinu pH = 12 obojila žuto, a otopinu pH = 13 intenzivno narančasto. Izrazito bazična otopina, pH = 14, obojena je tamno crveno.

Indikator pripremljen kombinacijom kore nara i etanola boji izrazito kisele otopine, pH = 1 i pH = 2 blijedo ružičasto (Slika 27. c)). Otopine u rasponu pH = 3-11 su poprimile svijetlu narančastu boju, a otopina pH = 12 je postala svijetlo žuta. Otopina pH = 13 je poprimila smeđu boju, a otopina pH = 14 žarko narančasto obojenje.

Prema rezultatima, kora nara u metanolu boji izrazito kisele otopine, pH = 1 i pH = 2 u intenzivnu ružičastu boju (Slika 27. d)). Otopine u rasponu pH = 3-11 poprimaju svijetlu ružičastu boju. Otopina pH = 12 je narančasta, a pH = 13 svijetlo smeđa. Najbazičnija otopina, pH = 14 je poprimila tamnu, intenzivno smeđu boju.



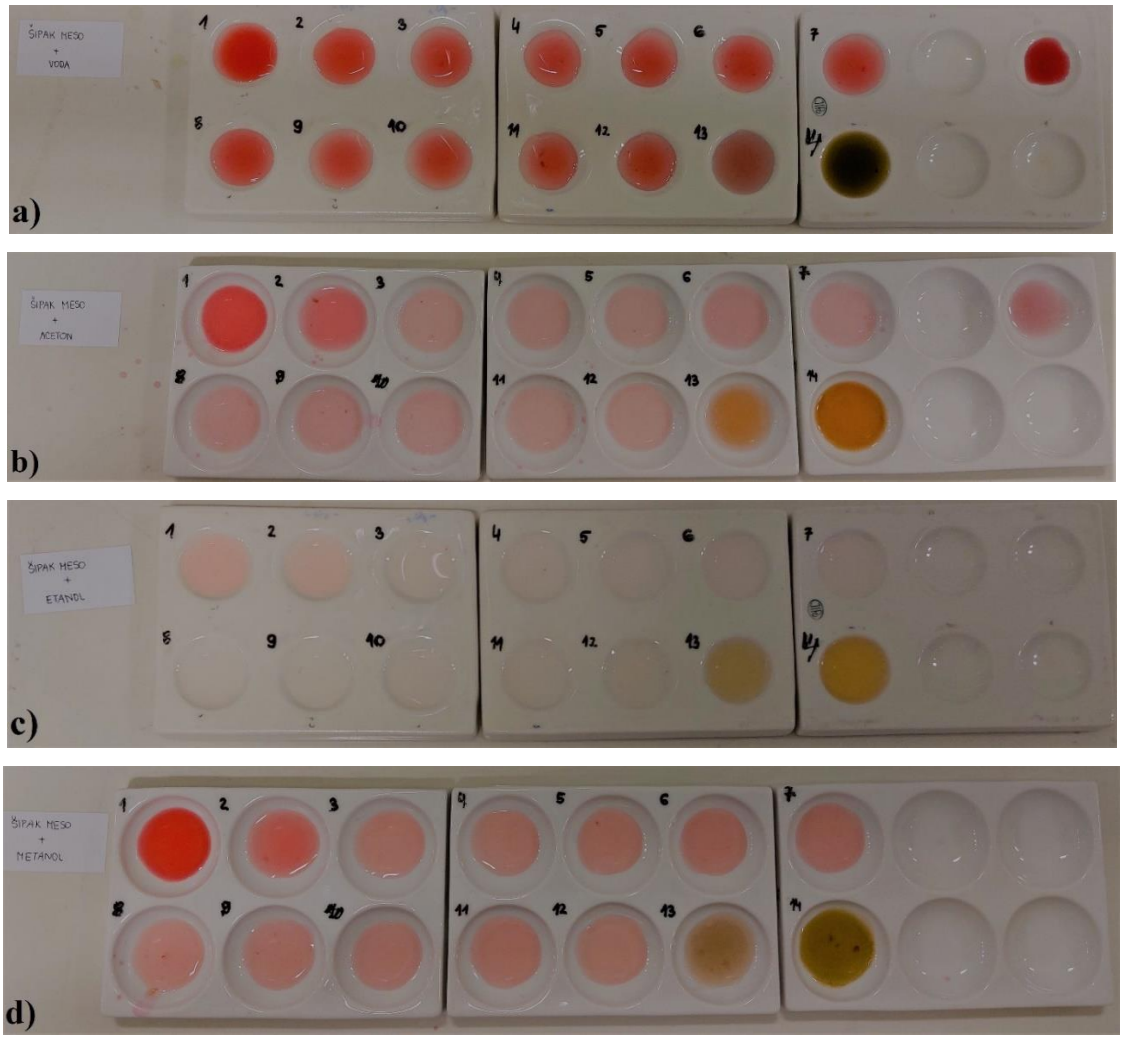
Slika 27. Indikator od kore nara i a) vode, b) acetona, c) etanola i d) metanola.

Indikator pripremljen kombinacijom mesa nara i vode boji otopinu pH = 1 u intenzivnu crvenu boju (Slika 28. a)). Svjetliju nijansu crvene boje poprimaju otopine pH = 2-11.

Otopina pH = 12 poprima crveno obojenje sa smeđim nijansama, a otopina pH = 13 postaje ljubičasta. Otopina pH = 14 poprima tamnu smeđu gotovo crnu boju.

U slučaju acetona, meso nara boji otopinu pH = 1 u žarku ružičastu boju (Slika 28. b)). Otopina pH = 2 je poprimila svjetliju nijansu ružičastog obojenja. Otopine pH = 3-12 su blijedo ružičaste. Izrazito bazične otopine, pH = 13 i pH = 14, poprimaju narančastu boju, pri čemu je intenzitet boje pri pH = 13 slabiji.

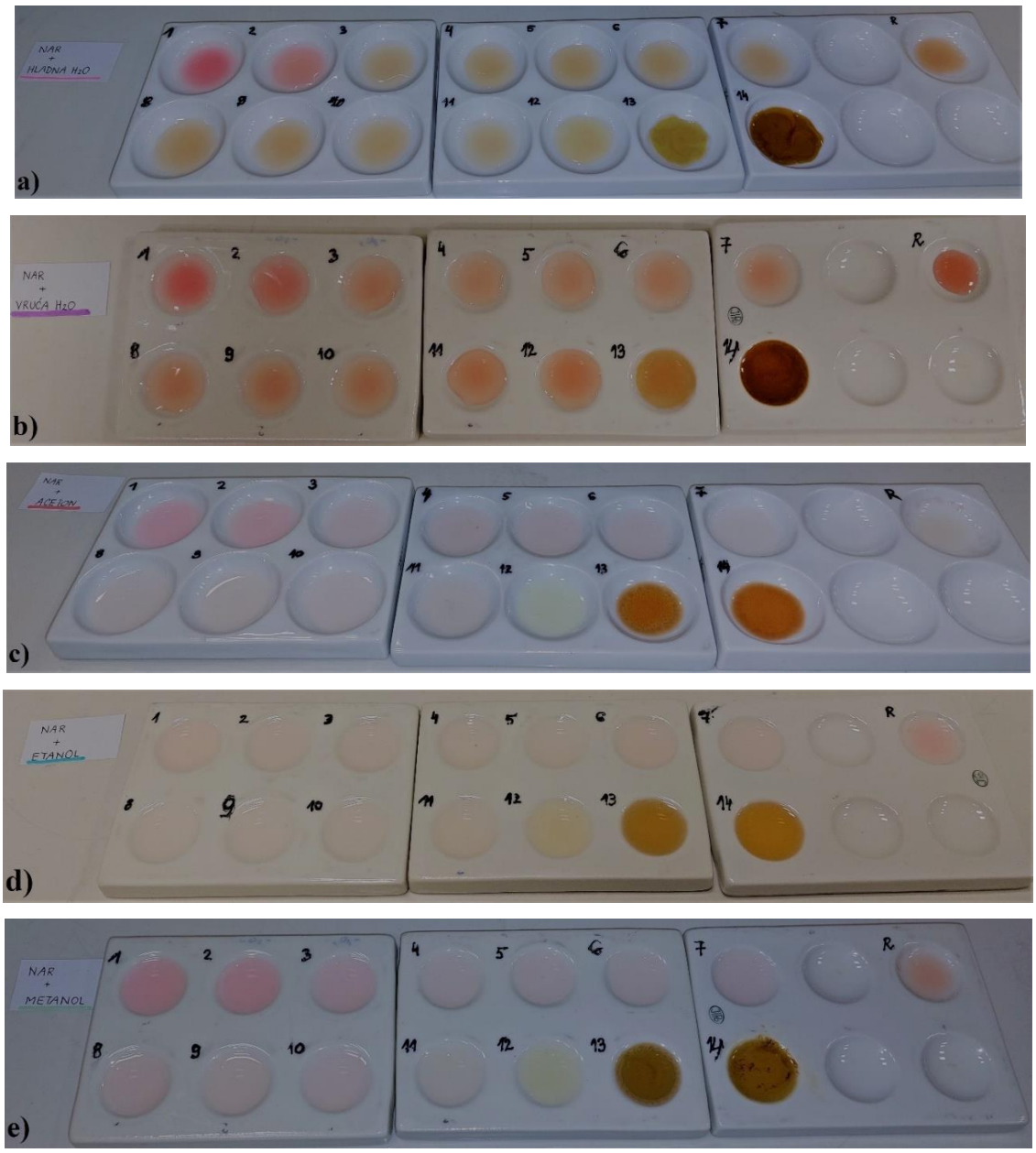
Indikator koji sadrži meso nara i etanol boji izrazito kisele otopine, pH = 1 i pH = 2, u blijedu ružičastu boju, dok su otopine u rasponu pH = 3-12 providne (Slika 28. c)). Otopina pH = = 13 je svijetlo smeđa, a otopine pH = 14 intenzivno narančaste boje.



Slika 28. Indikator od mesa nara i a) vode, b) acetona, c) etanola i d) metanola.

U slučaju metanola, meso nara boji izrazito kisele otopine, pH = 1 i pH = 2, u ružičastu boju, pri čemu je otopina pH = 1 intenzivnije obojena (Slika 28. d)). Otopine pH = 3-12 su

poprimile blijedo ružičastu boju. Izrazito bazično područje, pH = 13 i pH = 14, je poprimilo smeđu boju, pri čemu je otopina pH = 13 svjetlija.



Slika 29. Indikator od kore nara i a) hladne vode, b) vruće vode, c) acetona, d) etanola i e) metanola, nakon 24 h.

Prema dobivenim rezultatima, indikator pripremljen kombinacijom kore nara i hladne vode ružičasto boji izrazito kisele otopine, pH = 1 i pH = 2. Otopine pri pH = 3-12 su narančaste boje (Slika 29. a)). Otopina pH = 13 je poprimila žuto-smeđu boju, a otopina pH = 14 tamno smeđe obojenje. Indikator pripremljen s vrućom vodom daje iste rezultate (Slika 29. b)), kao

i onaj pripremljen s hladnom, u smislu obojenja, ali ne i u smislu intenziteta obojenja. Treba napomenuti da su razlike u obojenjima otopina jače izražene u slučaju hladne vode.

Indikator od kore nara i acetona, nakon 24 h, boji izrazito kisele otopine, pH = 1 i pH = 2, u ružičastu boju (Slika 29. c)). Otopine u rasponu pH = 3-11 su poprimile blijedu narančastu boju. Otopina pH = 12 je obojena žuto. Izrazito bazične otopine, pH = 13 i pH = 14, su poprimile smeđu boju.

Korištenjem etanola, otopine pri pH = 1-7 su blijedo ružičaste boje (Slika 29. d)). Otopine u rasponu pH = 8-11 poprimaju blijedo narančasto obojene, a otopina pH = 12 postaje narančasta. Bazične otopine, pH = 13 i pH = 14, poprimaju smeđu boju.

Indikator pripremljen kombinacijom kore nara i metanola, nakon 24 h, boji kisele otopine, pH = 1 i pH = 2, u ružičastu boju (Slika 29. e)). Otopine u rasponu vrijednosti pH = 3-11 poprimaju blijedu ružičastu boju. Otopina pH = 12 postaje žuta, a otopine pH = 13 i pH = 14 postaju smeđe obojene.

Bioaktivni (poli)fenolni spojevi u naru su prikazani u Tablici 12. Najzastupljeniji je flavonol (+)-katehin, ali se pretpostavlja da su procijanidin dimer B1 i procijanidin dimer B3 odgovorni za indikatorski potencijal i uočene promjene boje u ovom istraživanju.

Indikator pripremljen od kore i mesa nara, odmah po pripremi daje najbolje rezultate ukoliko je kombiniran s acetonom. Kora nara i aceton, odmah po pripremi indikatora, daju najbolje rezultate od svih ispitanih opcija. Indikator pripremljen kombinacijom kore i mesa nara s acetonom daje najbolje rezultate i nakon 24 h. Uspoređujući rezultate korištenja hladne i vruće vode za pripremu indikatora, hladna voda daje jasnije rezultate.

5. ZAKLJUČAK

U ovome je radu ispitan kiselo-bazni indikatorski potencijal odabranih vrsta voća. Istraženi biljni materijal je bilo (sup)tropsko voće, a istražene vrste su bile avokado, kaki, kivi, mango, masline i nar. Biljni materijal bio je ispitan u svježem obliku i kao prerađevina, a pripremljeni indikatori ispitani su odmah po pripremi i nakon 24 h stajanja na sobnoj temperaturi (kako bi utvrdili hoće li stajanje indikatora dati bolje rezultate, budući da se ekstrakcija pigmenata odvija u dužem vremenskom periodu). Za pripremu indikatora korištena su četiri otapala – voda (hladna i vrela), aceton, etanol i metanol, pa je cilj rada bio i utvrditi koje je od odabranih otapala bolje za pripremu ovakvih indikatora. Na primjeru vode ispitano je hoće li viša temperatura dati bolje rezultate.

Dobiveni rezultati su pokazali kako su, od ispitivanog materijala, mango i nar pokazali najrazličitije i najizraženije promjene boja za pojedine pH vrijednosti. Mango i nar su se pokazali dobrim kiselo-baznim indikatorima jer dodatkom ovih indikatora postoji jasna razlika u boji između kiselog i bazičnog medija.

Indikator pripremljen od kore avokada se pokazao kao dobar kiselo-bazni indikator, a najbolje je rezultate davao u kombinaciji s acetonom. Mesu avokada je isto najbolje odgovara kombinacija s acetonom, ali se meso pokazalo kao indikator bazičnog medija. Indikator pripremljen od kore i mesa je, nakon 24 h stajanja, davao najbolje rezultate pripremljen s metanolom. Generalno, najboljim indikatorom od avokada se pokazala kombinacija svježe kore avokada i acetona.

Indikator pripremljen od svježeg mesa kakija je pokazao najbolje rezultate s acetonom. Rezultati ispitivanja su pokazali kako meso kakija ima indikatorski potencijal kao indikator bazičnog medija. Meso kakija je, nakon 24 h stajanja, dalo najbolje rezultate kombinirano s vrelom vodom. Potonji ujedno predstavlja i najefikasniji indikator od mesa kakija ispitan u istraživanju.

Meso kivija se također pokazalo kao indikator bazičnog medija. Svježe meso je najbolje rezultate dalo s vodom, a isti predstavlja i najefikasniji indikator pripremljen s mesom kivija. Kao najefikasniji indikator, nakon 24 h, pokazao onaj nastao kombinacijom s metanolom.

Kada govorimo o rezultatima dobivenima proučavanjem svježe kore manga, najbolji rezultati su primijećeni u acetonu. Aceton je najpogodnije otapalo i za ispitivanje indikatorskog potencijala svježeg mesa manga, koje se pokazalo kao indikator bazičnog medija. Indikator pripremljen od kore i mesa manga, nakon 24 h, najbolje rezultate daje s

acetonom. Općenito, najefikasniji indikatori od manga su pripremljeni od njegove svježe kore.

Indikator od crnih maslina, odmah po pripremi, daje najbolje rezultate ukoliko je kombiniran s metanolom. Crne masline su se pokazale kao indikator izrazito bazičnih uvjeta. Indikator pripremljen u kombinaciji s metanolom se, nakon 24 h, pokazao kao najefikasniji indikator. Ukoliko promatramo rezultate dobivene proučavanjem indikatorskog potencijala nara, može se primijetiti izniman kiselo-bazni indikatorski potencijal. Svježa kora nara, kao i njegovo svježe meso, daju najbolje rezultate kombinirani s acetonom. Indikator pripremljen od kore nara, nakon 24 h, najbolje rezultate pokazuje kombiniran s acetonom. Najefikasnijim indikatorom pripremljenim s narom, sumarno, pokazao se onaj pripremljen od njegove svježe kore.

Promatramo li utjecaj temperature, kod avokada i kakija se efikasnijom pokazala vrela voda. U slučaju nara, to je bila hladna voda, dok kod ostalih vrsta voća nisu primijećene razlike.

Kao najbolje otapalo, prema ukupnim rezultatima istraživanja, pokazao se aceton. Naime, u acetonu je došlo do pojave najviše različitih boja i one su bile najizraženije. Kore spomenutog voća su se pokazali kao dobar kiselo-bazni indikator.

Provedeno istraživanje pokazuje velik potencijal primjene odabranih vrsta voća u pripremi alterantivnih kiselo-baznih indikatora. Rezultati provedenog istraživanja su pokazali da se materijal iz svakodnevne upotrebe može koristiti kao alternativa skupim i ponekad nedostupnim kemijskim tvarima. Ovi, alternativni kiselo-bazni indikatori imaju više prednosti korištenja. Naime, niska cijena i dostupnost gotovo cijele godine, jednostavnost pripreme bez štetnih međuprodukata (po okoliš ili ljudsko zdravlje), mogućnost pripreme u malim količinama čini ove voćne vrste isplativima i praktičnima za korištenje u pripremi alternativnih kiselo-baznih indikatora. Olakotnu okolnost predstavlja i činjenica da je (sup)tropsko voće danas pronašlo svoje mjesto u trgovinama, ali i vrtovima gotovo svih zemalja svijeta.

6. LITERATURNA VRELA

[1] J. Barbosa, *Encyclopedia of Analytical Science (2nd Edition)*, Elsevier, Amsterdam, 2005.

[2] Z. K. Sharaiha, J. W. Sackman, D. Y. Graham, *Dig Dis Sci* **28** (1983), 827-832.

[3] L. Yu, W. W. Li, M. H. V. Lam, H. Q. Yu, *Appl. Microbiol. Biotechnol.* **90** (2011), 1119-1127.

[4] T. G. Taik, B. Ciubini, F. Frascella, U. Jonas, *Polym. Chem.* **13** (2022), 1186-1214.

[5] P. Smith, *J. Neonatal N.* **12** (2006), 86-90.

[6] A. S. Arabath Ali, V. Sindhu, A. G. Srinivasan, *Optik* **126** (2015), 962-966.

[7] https://www.toppr.com/guides/science/acids-bases-and-salts/natural-indicators-around-us/ (18. 8. 2022.)

[8] https://www.thoughtco.com/making-red-cabbage-ph-indicator-603650 (12. 9. 2022.)

[9] http://os-davorin-trstenjak-cadjavica.skole.hr/?news_id=288 (12. 9. 2022,)

[10] D. N. Karunaratne, G. Pamunuwa, *Food Additives*, IntechOpen, London, 2017.

[11] S. Supharoek, K. Ponhong, W. Siriangkhawut, K. Grudpan, *J. Food Drug. Anal.* **26** (2018), 583-590.

[12] https://www.mdpi.com/1420-3049/19/12/20091/pdf (12. 9. 2022.)

[13] https://www.profil-klett.hr/system/files/repozitorij/pdf/biljke_kao_kiselo_bazni_indikatori.pdf (18. 8 2022.)

[14] N. Misawa, *Comprehensive Natural Products II*, Elsevier, Amsterdam, 2010.

[15] J. Martin, M. J. Navas, A. M. Jimenez-Moreno, A. G. Asuero, *Phenolic Compounds - Natural Sources, Importance and Applications*, IntechOpen, London, 2017.

[16] J. Šic Žlabur, M. Skendrović Babojelić, A. Galić, J. Družić, T. Jurković, S. Voća, *Pomol. Croat.* **24** (2020), 3-14.

[17] A. R. Tapas, D. M. Sakarkar, R. B. Kakde, *Trop. J. Pharm. Res.* **7** (2008), 1089-1099.

[18] Pietta, P., Minoggio, M., & Bramati, L. *Stud. Nat. Prod. Chem.* **28** (2003), 257-312.

[19] J. M. Landete, *Int. Food Res. J.* **46** (2012), 410-424.

[20] S. A. Heleno, A. Martins, M. J. R. P. Queiroz, I. C. F. R. Ferreira, *Food Chem.* **173** (2015), 501-513.

[21] http://phenol-explorer.eu/cite_us (14. 8. 2022.)

[22] M. D. Nikolić, M. D. Radulović, *Suptropske i tropske voćke*, Naučno voćarsko društvo Srbije, Beograd, 2010.

[23] A. A. Kader, E. M. Yahia, *Postharvest Biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruits*, 14. poglavlje, Woodhead Publishing, Sawston, 2011.
[24] E. Hurtado-Fernández, A. Fernández-Gutiérrez, A. Carrasco-Pancorbo, *Exotic Fruits,* Elsevier, Cambridge, 2018.
[25] https://www.britannica.com/plant/avocado (27. 8. 2022.)
[26] I. C. W. Arts, B. van de Putte, P. C. H. Hollman, *J. Agric. Food Chem.* **48** (2000), 1746-1751.
[27] S. de Pascual-Teresa, C. Santos-Buelga, J. C. Rivas-Gonzalo, *J. Agric. Food Chem*. **48** (2000), 5331-5337.
[28] J. M. Harnly, R. F. Doherty, G. R. Beecher, J. M. Holden, D. B. Haytowitz, S. Bhagwat, S. Gebhardt, *J. Agric. Food Chem.* **54** (2006), 9966-9977.
[29] J. L. Penalvo, H. Adlercreutz, M. Uehara, A. Ristimaki, S. Watanabe, *J. Agric. Food Chem.* **56** (2008), 401-409.
[30] G. G. C. Kuhnle, C. Dell'Aquila, S. M. Aspinall, S. A. Runswick, A. M. C. P. Joosen, A. A. Mulligan, S. A. Bingham, *Food Chem.*, **116** (2009), 542-554.
[31] C. Mu, Y. Sheng, Q. Wang, A. Amin, X. Li, Y. Xie, *J. Funct. Foods* **77** (2021), 104-149.
[32] A. B. Woolf, R. Ben-Arie, *Postharvest Biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruits*, 9. poglavlje, Woodhead Publishing, Sawston, 2011.
[33] https://www.britannica.com/plant/persimmon (27. 8. 2022.)
[34] J. Burdon, N. Lallum, *Postharvest Biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruits,* 14. poglavlje, Woodhead Publishing, Sawston, 2011.
[35] https://www.britannica.com/plant/kiwi-fruit (27. 8. 2022)
[36] A. Lugasi, J. Hovari, *Acta Aliment.* **36** (2002), 63-71.
[37] J. L. Penalvo, K. M. Haajanen, N. Botting, H. Adlercreutz, *J. Agric. Food Chem.* **53** (2005), 9342-9347.
[38] I. E. J. Milder, I. C. W. Arts, B. van de Putte, D. P. Venema, P. C. H. Hollman, *Br. J. Nutr.* **93** (2005), 393-402.
[39] L. M. Valsta, A. Kilkkinen, W. Mazur, T. Nurmi, A. M. Lampi, M. L. Ovaskainen, T. Korhonen, H. Adlercreutz, P. Pietinen, *Br. J. Nutr.* **89** (2003), S31-S38.
[40] R. Shukla, V. Pandey, G. P. Vadnere, S. Lodhi, *Bioactive Food as Dietary Interventions for Arthritis and Related Inflammatory Diseases (2ond Edition)*, 18. poglavlje, Elsevier, Cambridge, 2019.

[41] S. Derese, E. M. Guantai, Y. Souaibou, V. Kuete, *Medicinal Spices and Vegetables for Africa*, 21. poglavlje, Elsevier, Cambridge, 2017.
[42] https://www.britannica.com/plant/mango-plant-and-fruit (28. 8. 2022.)
[43] G. G. C. Kuhle, C. Dell'Aquila, S. M. Aspinall, Y. L. Low, M. Kussmaul, S. A. Bingham, *Anal. Chem.* **79** (2007), 9234-9239.
[44] A. Zeb, M. Murković, *Nuts and Seeds in Health and Disease Prevention*, 100. poglavlje, Elsevier, Cambridge, 2011.
[45] https://www.britannica.com/plant/olive-plant (29. 8. 2022.)
[46] A. Romani, N. Mulinacci, P. Pinelli, F. F. Vincieri, A. Cimato, *J. Agric. Food Chem.* **47** (1999), 964-967.
[47] G. Vlahov, *J. Sci. Food Agric.* **58** (1992), 157-159.
[48] G. Blekas, C. Vassilakis, C. Harizanis, M. Tsimidou, D. G. Boskou, *J. Agric. Food Chem.* **50** (2002), 3688-3692.
[49] A. Bianco, F. Buiarelli, G. Cartoni, F. Coccioli, R. Jasionowska, P. Margherita, *J. Sep. Sci.* **26** (2003), 409-416.
[50] G. Boskou, F. N. Salta, S. Chrysostomou, A. Mylona, A. Chiou, N. K. Andrikopoulos, *Food Chem.* **94** (2006), 558-564.
[51] A. Bianco, N. Uccella, *Int. Food Res. J.* **33** (2000), 475-485.
[52] A. Gomez-Rico, G. Fregapane, M. D. Salvador, *Int. Food Res. J.* **41** (2008), 433-440.
[53] M. R. Loizzo, F. Aiello, M. C. Tenuta, M. Leporini, T. Falco, R. Tundis, *Nonvitamin and Nonmineral Nutritional Supplements*, 3.46 poglavlje, Elsevier, Cambridge, 2019.
[54] https://www.britannica.com/plant/pomegranate (28. 8. 2022.)
[55] M. Mizuno, I. Nakanishi, K. Matsumoto, K. Fukuhara, *Bioorg. Med. Chem. Lett.* **27** (2017), 5010-5013.
[56] M. Nikolić, A. Pavlović, M. Mitić, S. Tošić, E. Pecev-Marinković, J. Mrmošanin, *Adv. Technol.* **7** (2018), 20-27.