

58. srečanje mladih raziskovalcev Slovenije 2024

Obstojnost in zanesljivost naravnih pH indikatorjev

Raziskovalna naloga

Raziskovalno področje: KEMIJA

Avtorja: Naja Bokan
Julija Skuhala

Mentorica: Sanja Cvar



II. GIMNAZIJA MARIBOR

Maribor, april 2024

Kazalo vsebine

1	UVOD	1
1.1	Hipoteze	1
2	TEORETIČNE OSNOVE	2
2.1	pH	2
2.2	Indikatorji	3
2.3	pH meter	5
2.4	Pufri	6
2.5	Spektrofotometer	7
3	OSREDNJI DEL NALOGE	8
3.1	Metodologija	8
3.2	Opis poteka dela in analiza rezultatov	8
3.3	Potek eksperimentalnega dela	9
3.3.1	Priprava indikatorjev	10
3.3.2	Priprava pufrov	12
3.3.3	Merjenje absorpcijskih spektrov indikatorjev pri različnih pH	14
3.3.4	Ugotovitev zanesljivosti	16
3.3.5	Polimeriziran škrob	17
3.4	Rezultati opazovanja in analiza	21
4	RAZPRAVA	24
5	DRUŽBENA ODGOVORNOST	26
6	ZAKLJUČEK	27
7	VIRI IN LITERATURA	28

SLIKOVNO KAZALO

Slika 1: plodovi octovca na stebalu (lasten vir)	10
Slika 2: octovec v acetonu pripravljen za shranjevanje v hladilniku (lasten vir)	10
Slika 4: merjenje s pH metrom (lasten vir)	13
Slika 5: pufri s pH1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 13 (lasten vir).....	14
Slika 6: absorpcijski spektri ekstraktov octovca pri različnih pH (moder vrh predstavlja vrednosti, izmerjene pri pH 13).....	14
Slika 7: absorpcijski spektri ekstraktov rdečega zelja pri različnih pH (moder vrh, na desni strani, predstavlja vrednosti izmerjene pri pH 13, rdeč vrh, na levi strani, pa predstavlja vrednosti izmerjene pri pH 1).....	15
Slika 8: absorpcijski spektri ekstraktov hibiskusa pri različnih pH (moder vrh, na desni, predstavlja vrednosti izmerjene pri pH 13, rdeč vrh, na levi, predstavlja vrednosti izmerjene pri pH 1)	15
Slika 9: barve vodnega ekstrakta hibiskusa pri različnih pH (lasten vir)	16
Slika 10: barve vodnega ekstrakta rdečega zelja pri različnih pH (lasten vir)	16
Slika 11: barve vodnega ekstrakta octovca pri različnih pH (lasten vir).....	17
Slika 12: škrob z rdečim zeljem (lasten vir).....	17
Slika 13: polimeriziran škrob po hlajenju (lasten vir)	18
Slika 14: meso z lističema škroba pod njima (lasten vir)	19
Slika 15: listič prilepljen na pokrov posodice (lasten vir)	20
Slika 16: posodici z mesom in lističema, ki sta prilepljena na pokrov (lasten vir).....	20
Slika 17: rezultat po enem dnevu na lističu iz škroba in indikatorjem iz rdečega zelja (lasten vir).....	20
Slika 18: barvana lestvica iz octovca (lasten vir).....	21
Slika 19: zgoraj: lističi prepojeni z ekstraktom rdečega zelja, spodaj: lističi, prepojeni z ekstraktom hibiskusa, po dodani kapljici pufra (lasten vir)	22
Slika 20: lističi z indikatorjem iz octovca po dodanih puffih (lasten vir).....	22
Slika 21: polimeriziran škrob (lasten vir)	23
Slika 22: listič, ki reagira na hlapec (lasten vir)	23

Tabela 1: seznam želenih in izmerjenih vrednosti pH	13
---	----

POVZETEK

Cilj raziskovalne naloge je preučiti naravne indikatorje, ki bi bili primerni za aplikacije, ki se ukvarjajo z varovanjem okolja in inteligentnim pakiranjem hrane. Preverili smo, ali so naravni indikatorji dovolj zanesljivi in obstojni.

Pripravili smo naravne indikatorje kot ekstrakte rdečega zelja, ekstrakte hibiskusa in ekstrakte cvetov octovca v različnih topilih. Primerjali smo obstojnost indikatorjev v obliki ekstraktov in v obliki suhe snovi na filtrirnem papirju. Zanesljivost in dobro zaznavo barvnih razlik smo preverjali tako, da smo indikatorje dodajali pufrom z znanim pH. Izmerili smo značilne absorpcijske spektre indikatorjev pri različnih pH.

Ugotovili smo, da sta indikatorja iz rdečega zelja in hibiskusa zanesljiva, indikator iz octovca pa ni. Naravni indikatorji se dobro obnesejo v obliki suhe snovi na filtrirnem papirju. Lahko jih primešamo v polimerni škrob in naredimo indikatorske folije, s katerimi merimo pH v pakirani hrani in s tem vidimo, ali je hrana sveža.

Ključne besede: naravni pH indikatorji, ekstrakti, pufri, obstojnost, zanesljivost, filtrirni papir, polimerni škrob

1 UVOD

Za pakirano hrano, ki jo kupimo v trgovini, ne moremo vedeti, ali je sveža ali stara. Poznamo samo datum uporabe. V embalažah, še posebej pri mesu, ki se pokvari hitreje, bi zato lahko imeli indikatorske lističe z naravnimi indikatorji. Lističi z indikatorji, kot so rdeče zelje in hibiskus, niso nevarni, pokažejo pa, če se iz mesa sprošča amonijak, kar pomeni, da se meso kvari.

Naravni pH indikatorji so bolj uporabni, saj ne sproščajo umetnih snovi, zato so lahko v stiku s hrano.

Raziskovalni problem

Zanimalo nas je, ali lahko ustvarimo tak naravni pH indikator, ki bo natančen, ga bo preprosto izdelati in bo čim dlje obstojen. Poskušali smo izdelati pH indikator, ki ga lahko naredi in uporablja vsak doma. Preizkusili smo tri naravne indikatorje.

1.1 Hipoteze

Na podlagi raziskovalnih vprašanj smo postavili naslednje hipoteze:

1. Naravni pH indikatorji bodo enako zanesljivi kot umetni.
2. Naravni pH indikatorji so manj obstojni kot umetni.
3. Naravne pH indikatorje lahko uporabljamo za določanje, ali je hrana še sveža.

2 TEORETIČNE OSNOVE

2.1 pH

pH je kvantitativno merilo, s katerim merimo kislost ali bazičnost vodnih ali drugih tekočih raztopin. Ta izraz se uporablja v kemiji, biologiji, medicini, kmetijstvu in številnih industrijskih procesih. pH vrednost se nanaša na koncentracijo vodikovih ionov (H^+) v raztopini. Ko se v vodi raztopi kislina ali baza, se ionizira in tvori proste vodikove ione ali hidroksidne ione. Razmerje med temi ioni določa kislost raztopine. Koncentracija vodikovih ionov v vodnih raztopinah je običajno med 1 in $1 \cdot 10^{-14}$ mol/L. pH lestvica sega torej od 0 do 14. 7 je vrednost, ki označuje nevtralnost, ni niti kislo niti bazično. Pri pH 7 je koncentracija vodikovih ionov $1 \cdot 10^{-7}$ mol/L. Raztopine s pH manj kot 7 so kisle, pri čemer nižja številka kaže na močnejšo kislost. Raztopina s pH 1 je močno kislá, raztopina s pH 6 nekoliko manj kislá. Raztopine z pH večje od 7 so bazične oziroma alkalne. Pri bazičnosti velja, da večja kot je pH vrednost, bolj je snov bazična. Raztopina s pH 14 je torej zelo bazična, medtem ko je raztopina s pH 8 rahlo bazična. V industriji se pH nadzira in regulira. Najpogosteje v proizvodnji hrane, farmacevtski industriji, čiščenju vode, proizvodnji papirja, tekstila in kovin, ter tudi v proizvodnji energije. pH merimo s pH metrom (Shreiber, 2024).

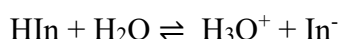
Ko določamo pH snovi s pomočjo indikatorja in lestvico pH, moramo upoštevati, da je lestvica pH logaritemska. To pomeni, da povečanje pH za eno enoto ustreza 10-kratnemu povečanju H_3O^+ . Ker pa je pH negativni logaritem koncentracije H^+ ionov neke raztopine, se koncentracija H^+ ionov povečuje z nižjo vrednostjo pH. Torej višji kot je pH, manjša je koncentracija H^+ ionov v raztopini. Na primer, raztopina s pH 3 bo imela koncentracijo H^+ desetkrat večjo kot raztopina s pH 4 (Blosse, Escobar, Nakajima, 2008).

2.2 Indikatorji

Indikatorji so šibke kisline. Obstajajo kot naravna barvila, ki se jim barva spreminja v odvisnosti od koncentracije vodikovih ionov. pH indikatorji zaznavajo spremembe in s tem pokažejo in razlikujejo med kislim in bazičnim ter nevtralnim. Obstajajo pa tudi univerzalni indikatorji, ki ne samo, da razlikujejo med kislim in bazičnim, temveč tudi med posameznimi pH. Poznamo umetne in naravne indikatorje. Indikatorje lahko pridobimo iz različnih virov. Ti vključujejo različne rastline, alge in glive. Rože, na primer, vsebujejo skupino organskih pigmentov, antocianinov, ki lahko spremenijo svojo barvo s pH. Spremembo barve lahko opazimo tudi pri nekaterih drugih rastlinskih pigmentih. Primeri nekaterih umetnih indikatorjev so metilno rdeče, metiloranž, fenolftalein, fenol rdeče, metilno rumeno, pentametoksi rdeče, bromofenol modro, timol modro... Umetne indikatorje uporabljajo velikokrat v laboratorijih. Shranjujejo jih v temnih in suhih prostorih, saj lahko svetloba poškoduje njihovo učinkovitost ter pri določenih temperaturah. Obstojejo od več mesecev do več let. Kljub njihovi natančnosti pa imajo umetni indikatorji določene slabosti, kot so visoki stroški, razpoložljivost in kemično onesnaženje, zato so indikatorji pridobljeni iz različnih delov rastlin veliko bolj ugodni ter ne onesnažujejo okolja. Nekateri umetni indikatorji so lahko za uporabnika tudi zelo strupeni, saj lahko povzročijo bolezni. Velikokrat povzročijo drisko, pljučni edem, hipoglikemijo, pankreatitis, trebušne krče, kožne izpuščaje ter epidermalno nekrozo. Zaradi teh lastnosti se povpraševanje in izdelovanje naravnih indikatorjev vse bolj povečuje. Izdelujejo jih iz različnih rastlin. Te so, na primer, vrtnica, alamanda, hibiskus, rdeče zelje, borovnice, črni čaj, rdeča pesa, rabarbara in listi paradižnika. Ti indikatorji so veliko bolj ugodni in neškodljivi (Okoduwa, Mbora, Adu, Adeyi, 2015).

Indikatorje poznamo v obliki tekočih barvil in papirnatih trakov, ki so prepojeni z barvilom. Tekoči pH indikatorji se po navadi dodajo neposredno raztopinam, papirnati lističi pa se v raztopine le potopijo ter nato odstranijo za primerjavo s ključem, ki nam pove kakšna barva je značilna za določeni pH.

Indikatorji spremenijo svojo barvo na določeni stopnji kemijske reakcije. Sprememba njihove barve je posledica disociacije iona H^+ od samega indikatorja, ki je šibka kislina. Disociacijo H^+ ionov lahko pokažemo s naslednjo enačbo:



Za to enačbo velja, da je v ravnotežju. Zanja torej velja Le Chatelierjevo načelo. To načelo pravi, da »če je dinamično ravnotežje moteno zaradi spreminjanja pogojev, se položaj ravnotežja premakne, da prepreči spremembo in ponovno vzpostavi ravnotežje« (Blosse, Escobar, Nakajima, 2008). To pomeni, da ko raztopini dodamo bazo, se poveča koncentracija OH^- , ki nevtralizirajo H_3O^+ , kar povzroči premik ravnotežja v desno (proti produktom), prevladuje konjugirana baza indikatorja In^- s svojo značilno barvo. Dodatek kisline in s tem povečanje koncentracije H_3O^+ pa povzroči premik ravnotežja v levo (proti reaktantom), prevladuje HIn s svojo značilno barvo (Blosse, Escobar, Nakajima, 2008).

2.3 pH meter

pH lahko merimo z elektronsko napravo, ki se imenuje pH meter. S stekleno elektrodo pH meter meri električno napetost, ki je odvisna od koncentracije vodikovih ionov. pH meter moramo pred uporabo umeriti z raztopinami, katerih pH je znan. Take raztopine imenujemo pufri. Za merjenje pH raztopin pa je pomembna tudi temperatura. Naloga pH metra je merjenje potencialne razlike, ki je nastala med dvema elektrodama, ter njeno nadaljnje prikazovanje v obliki napetosti ali na ustrezni pH lestvici. Pričetki merjenja pH vrednosti snovi so temeljili na merjenju z pH papirjem, ki se je obarval na ustrezno barvo ter primerjal z barvno lestvico. Problem takšnih meritev je bila natančnost.

Danes pH metre uporabljamo predvsem v kemični industriji, biokemiji, v živilski in tekstilni industriji (Vidrih, Toplikar, 2011) .

2.4 Pufri

Pufri so snovi, ki uravnavajo kislost oziroma bazičnost raztopin oz. se upirajo spremembi pH.

Pufri so snovi z znano pH vrednostjo. Običajno so to zmesi:

- šibkih kislin in soli njihovih konjugiranih baz,
- šibkih baz in soli njihovih konjugiranih kislin.

Pufri kljub dodatku močne kisline ali močne baze ohranjajo začetni pH zmesi. To se zgodi zato, ker pufri lahko sproščajo protone ali pa vežejo oksonijeve ione. Pufer ima sposobnost sprejemanja protonov (v primeru dodatka kisline) in oddajanja protonov (v primeru dodatka baze). Posamezni pufri imajo omejeno področje, v katerem lahko uravnovešajo spremembe pH. Območja, znotraj katerega lahko pufri kompenzirajo spremembe pH, imenujemo pufrsko območje. Pufri so izrednega pomena v bioloških sistemih, saj reakcije znotraj našega telesa in v celicah rastlin in živali delujejo samo pri določenih pH. Potreben pH se vzdržuje prav s pomočjo pufrov. pH pufri so ključni tudi za zagotavljanje natančnih meritev pH vrednosti (Bogdan, 2014, Čevdek, 2024).

Mi smo pufre potrebovali, da smo jim dodali naš indikator ali jih po kapljicah dali na indikatorski listič, ki smo ga izdelali in preverili, ali indikatorji delujejo in ali se raztopina in listič pravilno obarvata.

2.5 Spektrofotometer

Spektrometer je laboratorijski instrument. Z njim se meri količina svetlobe, ki jo absorbira vzorec. Spektrofotometrijo uvrščamo med molekulsko absorpcijsko spektrometrijo. V to skupino sodita tudi kolorimetrija in fotometrija. Spektrofotometrija temelji na merjenju absorpcije svetlobe pri prehodu skozi raztopino vzorca. Molekulam, ki jih vzbujamo, se spremenijo elektronska stanja. Med spektrofotometrijo uvrščamo UV, vidno in IR spektrofotometrijo. Raztopine spojin so lahko bistre, vendar absorbirajo v območju UV. Takšne spojine imajo običajno dvojne vezi ali aromatične obroče. Včasih pride do enega ali več zaznavnih vrhov, ko je stopnja absorpcije prikazana glede na valovno dolžino. Če je tako, lahko to pomaga pri identifikaciji nekaterih spojin s primerjavo oblike ploskve z obliko znanih referenčnih ploskev. Merilno območje običajno vključuje vidno območje z valovno dolžino 380-780 nm in ultravijolično območje z valovno dolžino 200-380 nm. Različni viri svetlobe imajo lastne emisijske spektre, zato se različni svetlobni oddajniki lahko uporabljajo kot svetlobni viri za instrument. Volframova emisijska spektroskopija: svetlobo valovnih dolžin 380 do 780 nm, ki jo oddaja svetlobni vir volframa, uklonimo s prizmo in dobimo kontinuirni spekter, sestavljen iz rdečega, oranžnega, rumenega, zelenega, modrega in vijoličnega; spekter se lahko uporabi kot vidna svetloba. Spektrofotometri se največ uporabljajo za raziskave v laboratorijih fizike, molekularne biologije, kemije in biokemije (Uredniki MN, 2023, Xiao, 2019, Tianmushan, 2018).

3 OSREDNJI DEL NALOGE

3.1 Metodologija

Uporabili smo naslednje metode dela:

- metodo preučevanja pisnih virov,
- metodo eksperimentiranja,
- metodo analize podatkov in interpretacijo.

3.2 Opis poteka dela in analiza rezultatov

Pripravili smo ustrezen pribor:

- čaše za pripravo pufrov,
- tehtnica $\pm 0,01$ g,
- pH meter,
- rotacijski vakuumski uparjalnik,
- 100 ml merilni valj,
- kapalke,
- pipeta,
- mikropipeta 10 - 100 μ l,
- plošča za kuhanje.

Uporabili smo naslednje snovi:

- rdeče zelje (*Brassica oleracea*)
- octovec (*Rhus typhina*)
- hibiskus (*Hibiscus sabdariffa*)
- 0,2 mol/L HCl
- 0,1 mol/L NaCH₃OO
- 0,1 mol/L NaOH
- 0,1 mol/L CH₃COOH
- 0,1 mol/L NH₃
- KH₂PO₄
- KCl
- aceton
- etanol
- destilirana voda
- škrob
- glicerol

3.3 Potek eksperimentalnega dela

Najprej smo na podlagi proučevanja raznih virov izbrali rastlinske materiale, s katerimi smo kasneje naredili indikatorje. Izbrali smo si octovec, rdeče zelje in hibiskus.

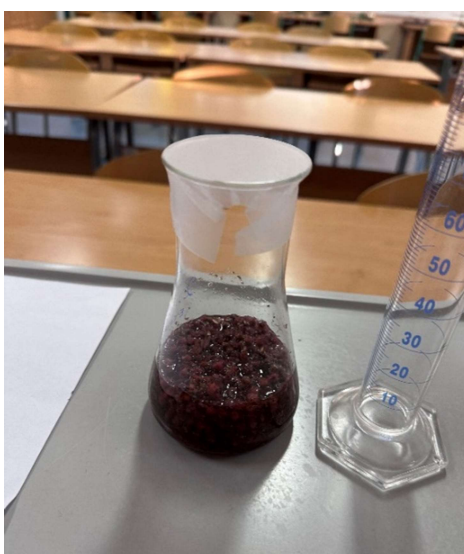
3.3.1 Priprava indikatorjev

Začeli smo s pripravo indikatorja iz octovca. Plodove octovca smo najprej oluščili s stebela ter jih zato stehali.



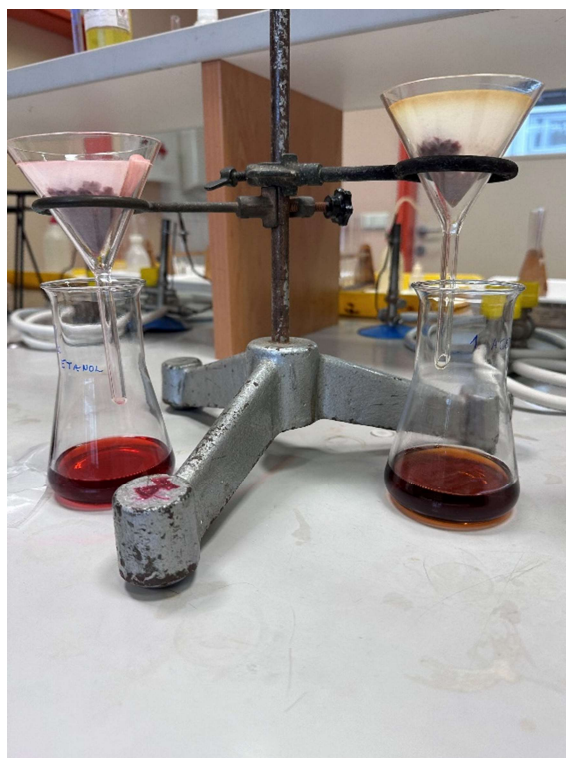
Slika 1: plodovi octovca na steblu (lasten vir)

V dve erlenmajerici smo dali po 20 g plodov octovca ter nato v prvo erlenmajerico, na plodove nalili etanol in klorovodikovo kislino, v drugo erlenmajerico pa smo na octovec nalili aceton ter tudi klorovodikovo kislino, ju zaprli s parafilmom in pustili stati en dan v hladilniku.



Slika 2: octovec v acetonu pripravljen za shranjevanje v hladilniku (lasten vir)

Naslednji dan smo vsebino iz obeh erlenmajeric skozi filtrirni papir odfiltrirali v dve čaši. Dobili smo ekstrakt octovca v etanolu in ekstrakt v acetonu. Ker smo hoteli pokazati obstojnost naravnih indikatorjev, smo ju pustili 29 dni v hladilniku.



Slika 3: levo: etanolni ekstrakt octovca, desno: acetonski ekstrakt (lasten vir)

Lotili smo se priprave indikatorjev iz rdečega zelja in hibiskusa. Rdeče zelje smo narezali in ga zavreli v vodi. Tekočino smo precedili. Za indikator iz hibiskusa smo uporabili hibiskusov čaj, ki smo ga dali v vrelo vodo in nato precedili. Ponovno smo naredili svež etanolni in acetonski ekstrakt octovca, nekaj plodov pa smo porabili za indikator, ki smo ga naredili z vodo.

3.3.2 Priprava pufrov

Lotili smo se tudi priprave pufrov s pH 2, 5, 6, 8 in 12. Pufri s pH 3, 4, 7, 9, 10 in 13 so bili že na voljo med šolskimi kemikalijami. Pripravo pufrov smo pričeli s tehtanjem različnih snovi iz katerih smo izdelale pufre. Za vsak pufer smo si podatke o snoveh, ki jih naj dodamo zbrali iz različnih virov.

Za pH 5 smo najprej natehtali 0,41 g NaCH_3COO . To smo raztopili v vodi ter v 50 ml bučki zmešali z 10,0 mL, 0,1 mol/L očetne kisline in dopolnili z vodo do oznake.

Za pH 2 smo natehtali 0,19 g KCl , ki smo mu dodali 3,3 ml, 0,2 mol/L HCl ter destilirano vodo, tako da smo dobili 50 mL pufra.

Za pH 6 smo najprej raztopili 0,681 g, trdnega KH_2PO_4 v destilirani vodi in dopolnili v bučki do 50 mL. Nato smo 25,0 mL te raztopine dodali 2,85 mL 0,1 M NaOH ter toliko destilirane vode, da smo dobili 50 mL pufra s pH 6.

Tudi za pH 8 smo uporabili 25,0 ml, 0,1 mol/L KH_2PO_4 ter mu dodali 23,5 ml, 0,1 mol/L NaOH in destilirano vodo.

Za pH 12 pa smo 5 ml, 0,1 mol/L NaOH razredčili s 45,0 ml destilirane vode.

Ko smo se pufre naredili, smo njihove dejanske pH vrednosti izmerili s pH metrom. Ugotovili smo, da vsi pufri nimajo pH, ki bi ga naj imeli. Te vrednosti niso veliko odstopale od predvidenih. PH meter je izmeril, da so vrednosti pH:

Tabela 1: seznam želenih in izmerjenih vrednosti pH

ŽELENA VREDNOST pH	IZMERJENA VREDNOST pH
1	1,23
2	2,01
3	2,75
4	4,00
5	5,03
6	5,98
7	7,00
8	8,14
9	9,00
10	10,00
12	11,12
13	12,44



Slika 3: merjenje s pH metrom (lasten vir)

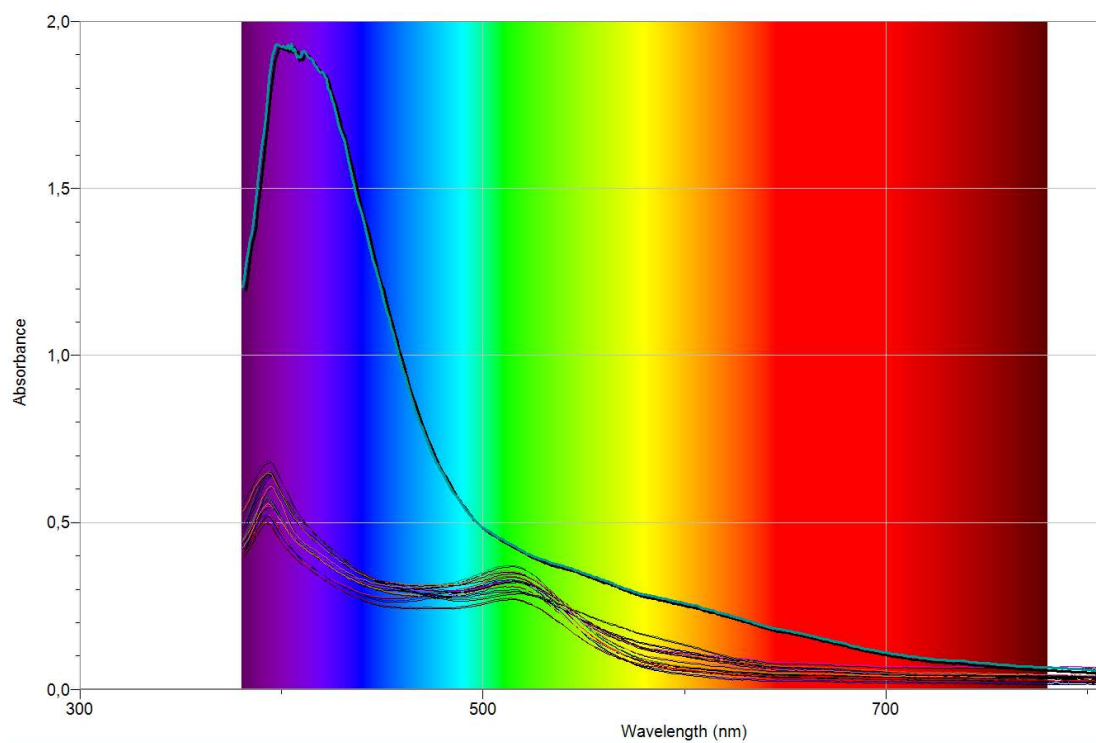
3.3.3 Merjenje absorpcijskih spektrov indikatorjev pri različnih pH

Količino pufra in določene ga indikatorja v kivetah smo prilagodili na podlagi koncentracije oz. intenzivnosti barve indikatorja.



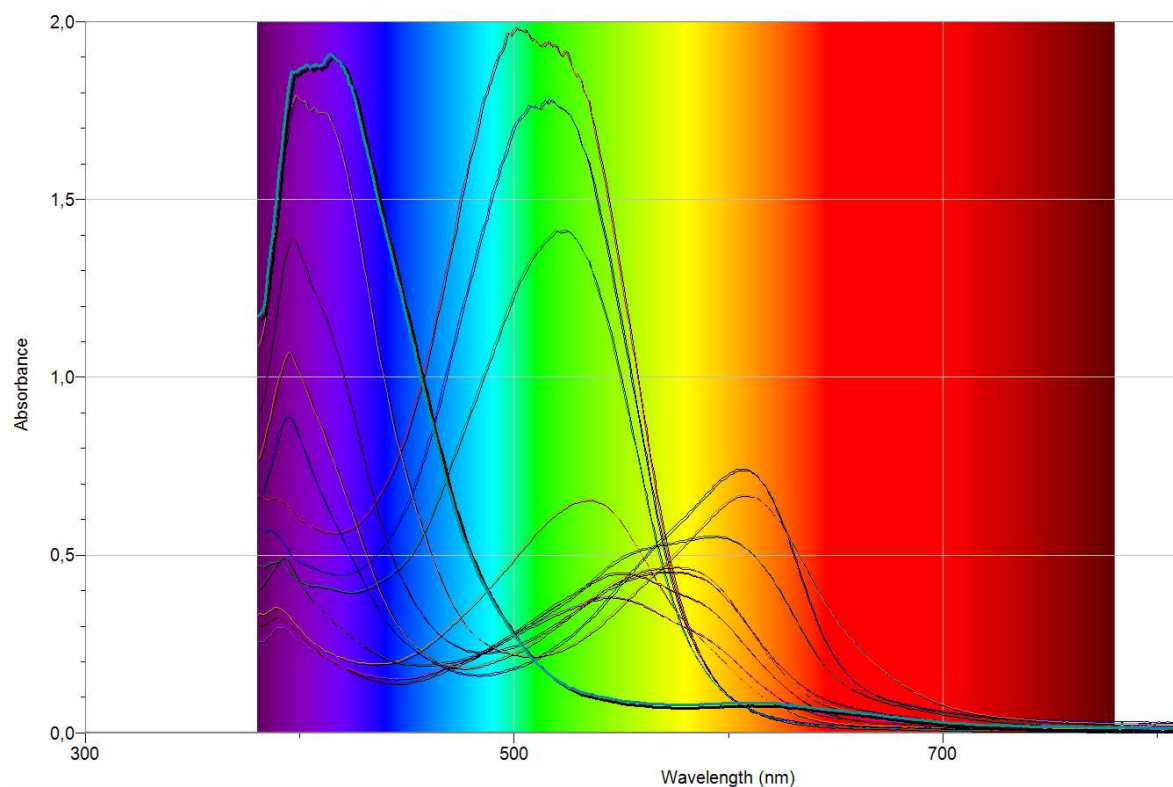
Slika 4: pufri s pH1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 13 (lasten vir)

Na računalniku so se tako pokazali zanesljivi in primerni podatki, ki jih je izmeril spektrofotometer. Rezultati, ki smo jih dobili, prikazujejo, kako se indikatorjem s spreminjanjem pH spreminjajo valovne dolžine svetlobe, ki je največ absorbirajo.

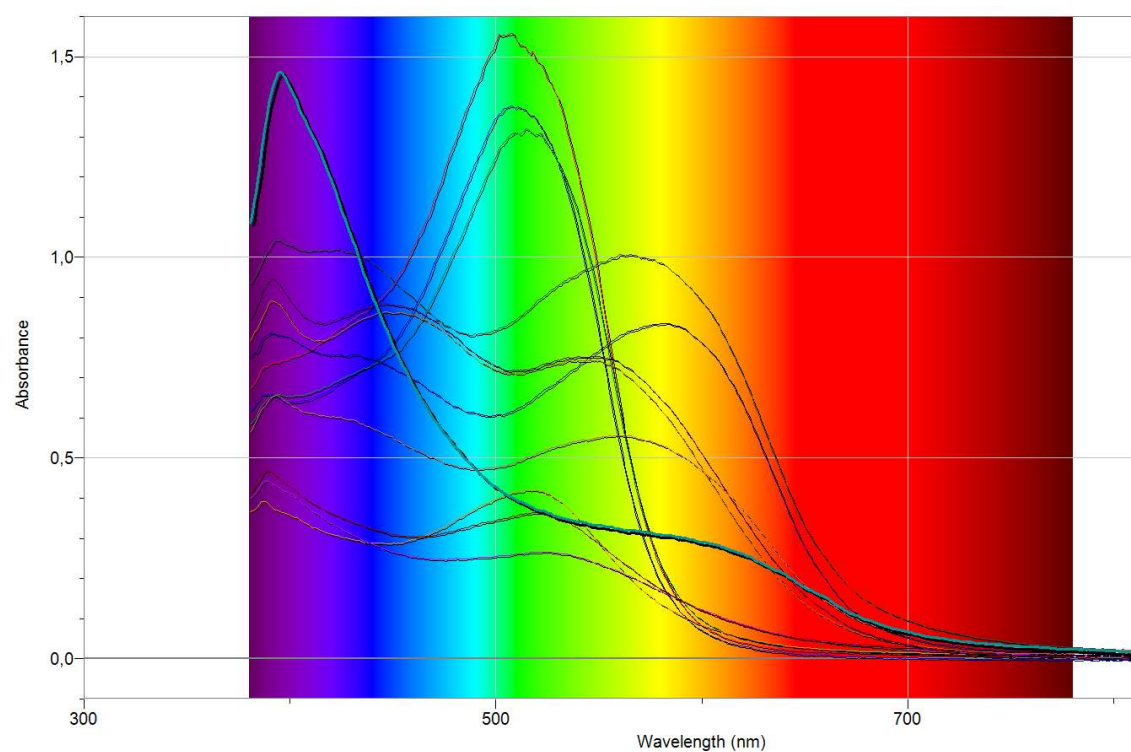


Slika 5: absorpcijski spektri ekstraktov octovca pri različnih pH (moder vrh predstavlja vrednosti, izmerjene pri pH

13)



Slika 6: absorpcijski spektri ekstraktov rdečega zelja pri različnih pH (moder vrh, na desni strani, predstavlja vrednosti izmerjene pri pH 13, rdeč vrh, na levi strani, pa predstavlja vrednosti izmerjene pri pH 1)



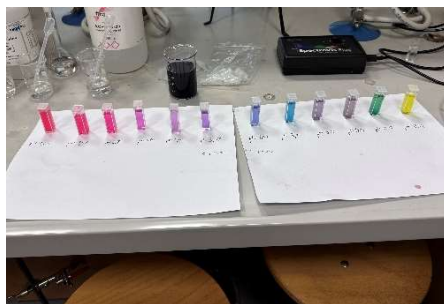
Slika 7: absorpcijski spektri ekstraktov hibiskusa pri različnih pH (moder vrh, na desni, predstavlja vrednosti izmerjene pri pH 13, rdeč vrh, na levi, predstavlja vrednosti izmerjene pri pH 1)

3.3.4 Ugotovitev zanesljivosti

Ugotovili smo, da je indikator iz octovca lahko primeren le za določanje, če so snovi zelo bazične, saj so barve v kislih in nevtralnih pufrih zelo podobne oz. enake. Pri indikatorju iz octovca, ki smo ga naredili s koncentriranjem etanolnega in acetonskega ekstrakta na rotacijskem vakuumskem uparjalniku pa so bili rezultati slabi, saj je indikator, ko smo ga dodali v pufer, postal moten in se barva ni razločila. Vodna ekstrakta iz rdečega zelja in hibiskusa pa sta kot indikatorja pokazala zelo dobre rezultate. Torej bi z njima lahko določili pH neke snovi. Najbolje se je obnesel indikator iz rdečega zelja, s katerim smo lahko ustvarili lepo barvno paleto, pri kateri smo lahko opazovale spreminjanje barve od pufra z nizkim pH do pufra z visokim pH.



Slika 8: barve vodnega ekstrakta hibiskusa pri različnih pH (lasten vir)



Slika 9: barve vodnega ekstrakta rdečega zelja pri različnih pH (lasten vir)



Slika 10: barve vodnega ekstrakta octovca pri različnih pH (lasten vir)

3.3.5 Polimeriziran škrob

Zastavili smo si tudi vprašanje, ali bi bilo možno indikatorske ekstrakte vstaviti v polimerni škrob in tak material uporabiti kot indikatorske lističe. 8 ml indikatorja iz rdečega zelja oz. hibiskusa v 100 ml čaši, zmešali s 2,5 g škroba, ki smo ga zmešali tudi z 2 ml glicerola in 2 ml, 5% CH_3COOH . To mešanico smo se grevali, dokler se ni spremenila v želatinasto snov. To smo razmazali po papirju za peko ter ga postavili v sušilnik. Ko se je snov utrdila in posušila, smo jo odstranili s peki papirja in poskusili, če se barva tega indikatorja tudi spremeni, če nanj nakapljamo kapljico kisline oz. močne baze. Reakcija je bila pozitivna predvsem pri rdečem zelju. S tem poskusom smo hoteli prikazati, da bi na podoben način lahko tudi v vsakodnevnem življenju preverjali ali je hrana, na primer meso, ki ga kupimo v trgovini oz. ga hranimo doma, sveže ali ne.



Slika 11: škrob z rdečim zeljem (lasten vir)



Slika 12: polimeriziran škrob po hlajenju (lasten vir)

To smo preverili z pH indikatorjem iz polimeriziranega škroba z rdečim zeljem oziroma hibiskusom. Na podlagi znanja, da se iz mesa po določenem času začnejo izločati bazične spojine, podobne amonijaku, smo sklepali, da se mora listič indikatorja obarvati v zeleno ali modro barvo, torej barvo značilno za bazo. Po naših sklepanjih smo v dve majhni posodici dali košček svinjskega mesa, ki je bilo pred tem v zamrzovalniku. Na pokrovček posodice smo na prvi pokrovček z lepilnim trakom nalepile listič škroba z rdečim zeljem na drugi pokrovček pa listič škroba s hibiskusom. Lističa smo tako, da se ta ni dotikal mesa ter da lepilni trak ni zavzemal prevelike površine samega lističa indikatorja. Lističe smo dali tudi na meso. Posodici smo nato postavili v hladilnik za en dan. Po 24 urah smo posodici odprli in naš eksperiment je bil uspešen. Listič z zeljem se je samo po enem dnevu stika z hlapi, ki so se ustvarili in izhlapevali iz mesa, obarval rahlo modro. Na žalost pri lističu s hibiskusom eksperiment ni uspel. Lističa, ki pa sta bila z neposrednim stikom z mesom pa sta zbledela.



Slika 13: meso z lističema škroba pod njima (lasten vir)



Slika 14: listič prilepljen na pokrov posodice (lasten vir)



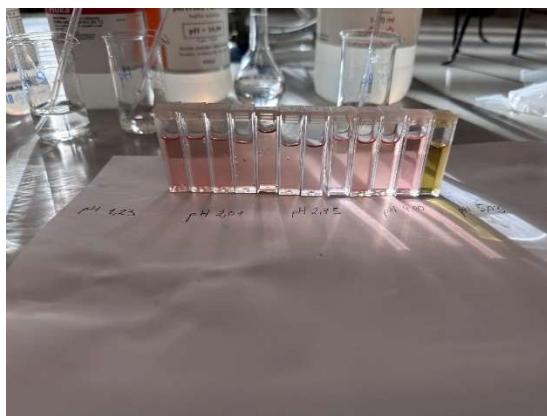
Slika 15: posodici z mesom in lističema, ki sta prilepljena na pokrov (lasten vir)



Slika 16: rezultat po enem dnevu na lističu iz škroba in indikatorjem iz rdečega zelja (lasten vir)

3.4 Rezultati opazovanja in analiza

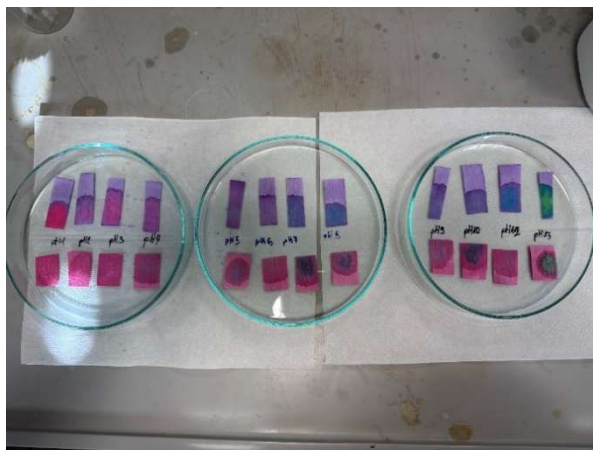
Naredili smo tri različne indikatorje. Najprej smo naredili etanolni in acetonski ekstrakt iz octovca. Ko smo ekstrakte dodajali vodnim raztopinam pufrov, smo dobili motne zmesi, kjer barvne spremembe niso bile dobro vidne, zato smo iz ekstrakta z rotacijskim vakuumskim uparjalnikom odstranili etanol. Dobili smo koncentriran ekstrakt, ki smo ga nato v dodali v raztopine pufrov. Zmes je spet postala motna, vendar ne tako kot v prvem poskusu. Smo pa ugotovili, da octovec ni primeren za indikator, saj je svojo barvo izrazito spremenil le pri pH 13.



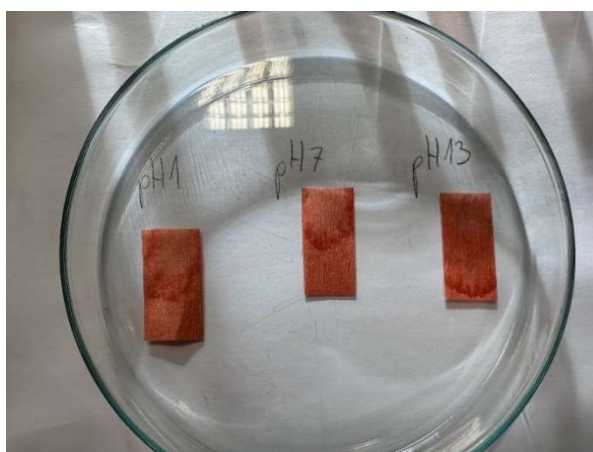
Slika 17: barvana lestvica iz octovca (lasten vir)

Ker ekstrakti iz octovca niso delovali, smo naredili še vodne ekstrakte iz rdečega zelja, hibiskusa in octovca. V vodi smo skuhali sestavine in jih odcedili. Dobili smo lepo obarvane vodne ekstrakte, ki smo jih uporabili kot indikator. Indikatorje smo najprej dali v pufre in ugotovili, da se indikator rdečega zelja in hibiskusa zelo lepo obneseta. Barve se lepo stopnjujejo in tvorijo barvno lestvico od kislin proti bazam.

Ekstrakte smo nato prelili na papir in naredili indikatorske lističe. Lističe smo narezali na 13 delov in na njih dali kapljico pufra. Pri indikatorjih iz rdečega zelja in hibiskusa so se lističi lepo obarvali, pri indikatorju iz octovca pa ne.



Slika 18: zgoraj: lističi prepojeni z ekstraktom rdečega zelja, spodaj: lističi, prepojeni z ekstraktom hibiskusa, po dodani kapljici pufra (lasten vir)



Slika 19: lističi z indikatorjem iz octovca po dodanih pufrih (lasten vir)

Ker sta se indikatorja iz rdečega zelja in hibiskusa dobro obnesla, smo iz njiju naredili polimerni škrob.



Slika 20: polimeriziran škrob (lasten vir)

Na teh dveh smo pa poskusili, če lističa zaznata močno bazo že samo po hlapih. Lističa smo podržali nad 0,1 mol/L raztopino amonijaka in takoj sta se obarvala. Ker smo želeli poskusiti, če indikatorji na polimernem škrobu zaznajo hlape pri starem mesu, smo ju zaprli v posodo z mesom in počakali en dan. Polimerni škrob se je pobarval in s tem smo dokazali, da bi ga lahko uporabljali v hrani za preverjanje starosti.



Slika 21: listič, ki reagira na hlape (lasten vir)

4 RAZPRAVA

Na podlagi naših rezultatov smo hipoteze, ki smo si jih zastavili na začetku naloge, lahko potrdili oziroma ovrgli.

1. hipoteza: Naravni pH indikatorji bodo enako zanesljivi, kot umetni.

Ta hipoteza ni potrjena, saj se zanesljivost pH ni pokazala pri vseh naravnih indikatorjih, ki smo jih preizkusili. Z indikatorjem iz rdečega zelja smo dokazali, da se s pomočjo njega lahko določi pH določene snovi. Tudi indikator iz hibiskusa se je dobro odnesel, čeprav se z njim vmesni pH ne bi mogli tako dobro razločevati. Rezultati, ki smo pa jih dobili pri indikatorju iz octovca pa se nikakor ne bi moglo razločevati med pH od 1 do 12, saj se razlika v barvi pojavi le pri zelo visokem pH. S pomočjo tega indikatorja bi lahko zgolj vedeli ali je snov močno bazična.

2. hipoteza: Naravni indikatorji so manj obstojni kot umetni.

Ta hipoteza je potrjena. Na podlagi različnih virov smo ugotovili, da so umetni indikatorji, kot sta fenolftalein in metiloranž, pod določenimi pogoji shranjevanja, lahko obstojna od več mesecev do več let. Pri naših naravnih pH indikatorjih pa smo usedline in zbledelost barve indikatorja opazile že po nekaj tednih. Vodni ekstrakti rdečega zelja in hibiskusa so neprimerni za shranjevanje, saj se v njih hitro razvijejo mikroorganizmi. Primernejši so etanolni ekstrakti. Obstojen je tudi filtrirni papir, prepojen z vodnimi ekstrakti naravnih indikatorjev in posušen. Obstojen je tudi polimerni škrob, v katerega vgradimo ekstrakt rdečega zelja ali hibiskusa

3. hipoteza: Naravne pH indikatorje lahko uporabljamo za določanje ali je hrana še sveža.

Ta hipoteza je potrjena. S pozitivnim rezultatom pri eksperimentu s svinjskim mesom smo hipotezo potrdili, predvsem zaradi kratkega časovnega intervala, v katerem je bil indikator izpostavljen le hlapom, ki so izhajali iz mesa. Zaradi tega sva mnenja, da bi se s takšnimi indikatorji lahko preverjala svežina mesa in ali lahko v trgovinah kupimo meso brez strahu po ne svežem in starem mesu.

5 DRUŽBENA ODGOVORNOST

Z našo raziskovalno nalogo smo hoteli predstaviti tudi, kako bi lahko z naravnimi indikatorskimi trakovi, ki bi jih prilepili na pokrov embalaže, preverjali užitnost vsakodnevnih hranil oziroma njihovo stanje. Osredotočili smo se na meso, saj se nama je to zdelo najbolj primerno za eksperiment, s katerim smo preverili ali lahko z naravnim pH indikatorjem preverimo ali je hrana sveža ali ne. Pri rdečem zelju se je pojavil pozitiven rezultat samo po enem dnevu stika lističa s mesom. Meniva, da bi lahko na podoben način uporabljali takšne indikatorje za preverjanje ali je meso, ki ga kupimo v trgovini oziroma hranimo v zamrzovalniku, še sveže ali več ni užitno, predvsem na podlagi njegovih hlapov. Meniva tudi, da bi se tako ljudje lažje odločali pri nabavljanju mesnih izdelkov, ter bi zaupali trgovcem, ki svoje meso prodajajo pod nazivom, da je sveže. Tako več ne bi prihajalo do bolezni oziroma zastrupitev z ne svežim mesom, kot je na primer salmoneloza.

6 ZAKLJUČEK

Naša raziskovalna naloga je na začetku izgledala enostavna, vendar se je na koncu izkazala za kar velik izziv, saj se nam niso vsi poskusi izšli tako, kot smo si želeli.

Ugotovili smo, da se kot naravna indikatorja najbolje obnese rdeče zelje in hibiskus. Kljub večkratnim ponovitvam poskusov ne moremo trditi, da bi octovec lahko bil dober naravni indikator, saj se barva njegovega ekstrakta ne spremeni opazno v kislem in bazičnem okolju, izjema je le zelo bazično okolje.

Ekstrakti rdečega zelja in hibiskusa se najbolje obnesejo na posušeni indikatorskih lističih, ki smo jih izdelali iz filtrirnega papirja. Barvne razlike pri različnih pH so dobro vidne in posušeni lističi so obstojni, če niso izpostavljeni svetlobi. Vodni ekstrakti naravnih indikatorjev so uporabni le sveži, v njih se hitro začnejo množiti mikroorganizmi. Etanolni ekstrakti so sicer obstojni, a manj uporabni, saj z raztopinami, katerih pH želimo izmeriti, tvorijo motne zmesi, zato barvne razlike niso dobro vidne,

Ugotovili smo tudi, da lahko z naravnimi indikatorji, ujetimi v polimerni škrob, naredimo indikatorske folije, s katerimi lahko merimo pH v pakirani hrani in s tem vidimo, ali je hrana sveža ali stara.

Vse te ugotovitve nas vodijo k dodatnemu razmišljanju in novim idejam. Ali bi ljudje želeli imeti take lističe v pakirani hrani? Ob raziskovanju smo se naučili veliko novega. Obenem pa smo se sprostili in odkrivali nove ideje.

7 VIRI IN LITERATURA

Blazekovic Alan Ivan, 2024, YSI

<https://www.ysi.com/parameters/ph> (pridobljeno 10.2.2024)

Blosse Solesne, 2008, chemistry,

[https://chem.libretexts.org/Bookshelves/Physical_and_Theoretical_Chemistry_Textbook_Maps/Supplemental_Modules_\(Physical_and_Theoretical_Chemistry\)/Acids_and_Bases/Acid_and_Base_Indicators/PH_Indicators](https://chem.libretexts.org/Bookshelves/Physical_and_Theoretical_Chemistry_Textbook_Maps/Supplemental_Modules_(Physical_and_Theoretical_Chemistry)/Acids_and_Bases/Acid_and_Base_Indicators/PH_Indicators) (pridobljeno 10.2.2024)

Čevdek Ana, 2024, openprof

https://si.openprof.com/wb/hidroliza_soli_in_pufri?ch=645#Pufri (pridobljeno 10.2.2024)

Environmental Protection Agency, 2024, EPA

<https://www.epa.gov/goldkingmine/what-ph> (pridobljeno 10.2.2024)

Jasim Zia, 2021, Sciencedirect

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1385894720325018> (pridobljeno 11.1.2024)

Lotha Gloria, 2024, Britannica

<https://www.britannica.com/science/pH> (pridobljeno 2.2.2024)

Okoduwa, Mbora, Adu, Adeyi, 2015, National Library of Medicine

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4706852/#B8> (pridobljeno 10.2.2024)

Schreiber Barbara A., 2024, Britannica

[PH | Definition, Uses, & Facts | Britannica](#) (pridobljeno 10.2.2024)

Tianmushan Rd.xihu, 2018, Sumerlab,

<http://si.labsumer.com/news/what-is-a-spectrophotometer-14587568.html> (pridobljeno 9.2.2024)

Toplikar Primož, 2011, pH – meter, Univerza v Ljubljani fakulteta za elektrotehniko
https://lrtme.fe.unilj.si/lrtme/slo/UNIVSS/meri_pret/seminar%202011/Primož_Toplikar_Seminar.pdf (pridobljeno 10.2.2024)

uredniki MN, 2023, Mikrobiološke opombe
https://microbiologynote.com/sl/spectrophotometer-principle/?utm_content=cmp-true
(pridobljeno 10.2.2024)

Xiaqiao Yinling, 2019, Allight,
<http://si.chiplend-zd.com/info/what-is-a-spectrophotometer-37886007.html> (pridobljeno 9.2.2024)

Zakrajšek Nejc, 2024, Kemija.net
<https://kemija.net/slovarcek/1316> (pridobljeno 27.1.2024)