

59. DRŽAVNO SREČANJE MLADIH RAZISKOVALCEV
SLOVENIJE

OSNOVNA ŠOLA LUDVIKA PLIBERŠKA MARIBOR

UČINKOVITOST RAZLIČNIH VRST NEVTRALIZATORJEV

Interdisciplinarno področje: kemija, kemijska tehnologija, zdravstvo

Raziskovalna naloga

Mentorica: Ribana Višnar

Avtorica: Neža Dežman

Maribor, april 2025

KAZALO VSEBINE

| | |
|--|----|
| POVZETEK IN KLJUČNE BESEDE | 4 |
| SUMMARY | 5 |
| ZAHVALA | 5 |
| 1 UVOD | 6 |
| 1.1 Namen | 6 |
| 1.1.2 Opredelitev motivov | 7 |
| 1.2 Metodologija..... | 7 |
| 1.3 Hipoteze..... | 7 |
| 2 TEORIJA | 8 |
| 2.1 Prebavila..... | 8 |
| 2.2 Prehrana | 9 |
| 2.3 Encimi..... | 11 |
| 2.4 Želodec..... | 13 |
| 2.5 Hipoklorhidrija in aklorhidrija | 14 |
| 2.6 Refluks..... | 14 |
| 2.6.2 Simptomi refluksa | 15 |
| 2.6.3 Vzroki za refluks | 15 |
| 2.6.4 Zdravljenje simptomov refluksa | 16 |
| 2.7 pH lestvica | 17 |
| 2.8 pH indikatorji | 17 |
| 2.9 Nevtralizacija..... | 18 |
| 3. EKSPERIMENTALNI DEL | 19 |
| 3.1 Učinkovine..... | 19 |
| 3.2 Normalen pH..... | 20 |
| 3.2.1 Merjenje pH..... | 20 |
| 3.3 Raziskava in razprava podatkov | 21 |

| | |
|--|-----------|
| 3.4 Opredelitev hipotez glede na njihovo potrjenost..... | 24 |
| 4 DRUŽBENA ODGOVORNOST | 25 |
| 5 ZAKLJUČEK..... | 25 |
| 6 VIRI IN LITERATURA..... | 26 |
| 6.1 Viri slik | 28 |

KAZALO TABEL

| | |
|--|----|
| Tabela 1: pH po naravnem nevtralizatorju..... | 21 |
| Tabela 2: pH po kemijskem nevtralizatorju..... | 22 |
| Tabela 3: Največji kontrast v pH..... | 23 |
| Tabela 4: pH po pomaranči..... | 23 |
| Tabela 5: pH po vodi..... | 24 |
| Tabela 6: Opredelitev hipotez | 24 |

POVZETEK IN KLJUČNE BESEDE

V tej raziskovalni nalogi sem raziskala, kako lahko imajo iste učinkovine nevtralizatorjev različen vpliv na posameznike pri zaužitju iste hrane.

pH vrednost sline igra namreč ključno vlogo pri ohranjanju ustne higijene, varovanju zobne sklenine in uravnavanju različnih bioloških procesov v ustni votlini. Pri zaužitju hrane se pH sline običajno spremeni, saj različni živilski proizvodi, kot so kislila ali sladkorna živila, vplivajo na kislost sline. Ena od možnih strategij za uravnavanje pH sline po obroku je uporaba nevtralizatorjev, ki so snovi, ki lahko nevtralizirajo odvečno kislost in tako uravnajo pH vrednost v ustni votlini. Razumevanje vpliva teh nevtralizatorjev na pH sline je ključno za razvoj učinkovitih metod preprečevanja zobne gnilobe, vnetij dlesni in drugih težav, povezanih z ustno higieno.

Cilj te raziskave je bilo preučiti, kako različni nevtralizatorji vplivajo na spremembe pH vrednosti sline ob zaužitju hrane ter ugotoviti morebitne dolgoročne učinke na zdravje ustne votline. V nalogi sem raziskala različne vrste nevtralizatorjev, njihov mehanizem delovanja ter pomembnost njihove uporabe pri vsakodnevni prehrani in ustni higieni.

Testirala sem pH vrednost v slini. Ugotovila sem, da se pH spreminja ob zaužitju citrusov ali drugih kisljih hranil ter kako to kislost v telesu nevtralizirati. V praktičnem delu sem preizkusila tudi delovanje kemijskih in naravnih nevtralizatorjev. Ob primerjanju le-teh sem opazila, da med njunim delovanjem ni velikih razlik. Poleg nevtralizatorjev sem opazovala tudi delovanje vode za nevtralizacijo kislosti v naših ustih. Ta je delovala kot delni nevtralizator. Spoznala sem tudi, da bolj zrelo sadje drugače spremeni pH v ustih kot isto manj zrelo sadje.

Ključne besede: pH, kisline, želodčna kislina, prebavni trak, prebava, refluks, hipoklorhidrija in aklorhidrija, gastroezofagealno refluksna bolezen, antacidi, kemijski in naravni nevtralizatorji ter učinkovine.

SUMMARY

In this research paper, I showed how the same active ingredients can have a different effect on different people. I also explained the digestive system and with that bodily acids. Later, I tested how acidic saliva can be. I concluded that different acidic foods and drinks have an effect on the pH of saliva, and also how to neutralize this pH. I tested the effectiveness of natural and chemical neutralisers and how water would work as a neutraliser. I found that there aren't many differences between the two, and that water does indeed neutralise the pH in our mouth, even if only partially.

Lastly, I learned that not all citruses have the same effect when it comes to lowering pH in the mouth. Those that are riper (for example oranges) don't lower the pH as much as those, which stay acidic even when ripe (for example lemons).

Keywords: pH, acids, gastric acid, digestive tract, digestion, reflux, hypochlorhydria, achlorhydria, gastroesophageal reflux disease, antacids, chemical neutralizers, natural neutralizers, active ingredients.

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorici, ki mi je svetovala in skozi čas moje raziskave pomagala. Vedno je bila dosegljiva in je odgovorila na vsa moja morebitna vprašanja.

Zahvaljujem se tudi vsem družinskim članom, sosedom in prijateljem, ki so si vzeli čas in bili del te raziskovalne naloge kot vzorci navedeni v tabelah. S tem so mi pomagali doseči ključni del moje naloge.

1 UVOD

V letošnjem šolskem letu smo se pri kemiji posvetili temi kislin, baz, pH vrednostim in nevtralizatorjem. Za te sem se še posebej začela zanimati, ko smo naše znanje o pH vrednostih začeli povezovati z našim znanjem o človeškem telesu. Moja radovednost je postala tako velika, da sem se tudi v prostem času začela ukvarjati s tem vprašanjem. To sem naredila s pomočjo literature, raznih socialnih platform in pogovorih z mojo mamo, ki je farmacevtski tehnik in posledično ve veliko o tej temi. Skozi radoveden pogovor sem tudi prvič slišala o različnih učinkovinah, ki jih uporabljajo pri izdelavi nevtralizatorjev in bolj podroben opis naloge nevtralizatorja. Izvedela sem več podrobnosti o želodčni kislini in njeni nalogi, prav tako pa o škodi, ki jo lahko povzroči, če zaide v požiralnik. Preden sem se sploh zavedala, sem začela raziskovati o kislinah v človeškem telesu. Še vedno pa me je najbolj pritegnilo delovanje želodca, čeprav moram priznati, da je mlečna kislina, najdena v mišicah, bila na drugem mestu.

Tema želodčne kisline, povezana z delovanjem nevtralizatorjev, me je pritegnila deloma tudi zato, ker ima nekaj mojih družinskih članov težave povezane z gastroezofagealno refluksno boleznijo.

»Kako pride do gastroezofagealne refluksne bolezni«, »Kaj so njeni simptomi« in »Kaj je regurgigatica«; so bila le ena izmed vprašanj, ki sem si jih postavila, ko sem prvič slišala za GERD.

1.1 NAMEN

Cilj raziskovalne naloge je, da ugotovim ali dajejo različni nevtralizatorji različne rezultate. Prav tako želim ugotoviti, ali ima lahko isti nevtralizator različen učinek na različnih ljudeh (deluje boljše za eno osebo kot pa za drugo). Zanima me tudi učinkovitost naravnih nevtralizatorjev v primerjavi s kemijskimi in kaj je razlika med njimi.

Skozi pogovore sem opazila, da veliko starejših ljudi sploh ne ve, kaj je pH, tudi če imajo ti težave z želodčno kislino in podobnim. Menim, da bi morale več ljudi vedeti, kaj se dogaja v njihovem telesu in kako si pri tem pomagati. Tudi iz tega razloga sem se odločila za raziskovalno nalogo, v kateri lahko preizkusim delovanje

različnih nevtralizatorjev. V primeru, da jih bom jaz ali pa moji bližnji potrebovali, želim biti bolj izobrazena o tem, kaj le-ti sploh so in kateri delujejo najboljše.

1.1.2 Opredelitev motivov

Motivi za izbiro moje teme so bili:

- seznaniti ljudi o pH in nevtralizatorjih,
- ugotoviti, če so razlike med naravnimi in kemijskimi nevtralizatorji in kakšne so le-te, če se bo seveda izkazalo, da razlike so.

1.2 METODOLOGIJA

Pri raziskovalni nalogi sem uporabila različne metode dela:

- pisni viri (literatura),
- splet,
- praktično delo (merjenje pH vrednosti sline).

Pri izdelani moje raziskovalne naloge sem si pomagala z raznimi viri iz spleta, literaturo ter s testiranjem pH nivojev v slini. Praktično delo sem opravila s pomočjo moje družine in sosedov ter nekaterih prijateljev, kateri so mi dovolili izmeriti pH njihove sline. Za to nalogo sem se odločila, saj želim vedeti, kateri nevtralizatorji delujejo boljše, če bi jih kdaj potrebovala.

1.3 HIPOTEZE

H1: pH sline se bo spremenil glede na zaužito hrano in pijačo.

H2: Kislost sline se bo zvišala po zaužitju citrusov, kateri vsebujejo vitamin C.

H3: Kislost sline se bo zmanjšala po nevtralizaciji.

H4: Voda ne bo tako dobro uravnala pH nivojev v slini, kot bodo nevtralizatorji.

H5: pH v slini se bo po zaužitju hrane ali pijače in kasneje nevtralizatorjev spremenil le za eno enoto.

H6: Naravni nevtralizatorji bodo manj močni kot kemijski nevtralizatorji.

H7: Isti nevtralizatorji bodo imeli različni učinek na različnih ljudeh.

2 TEORIJA

2.1 Prebavila

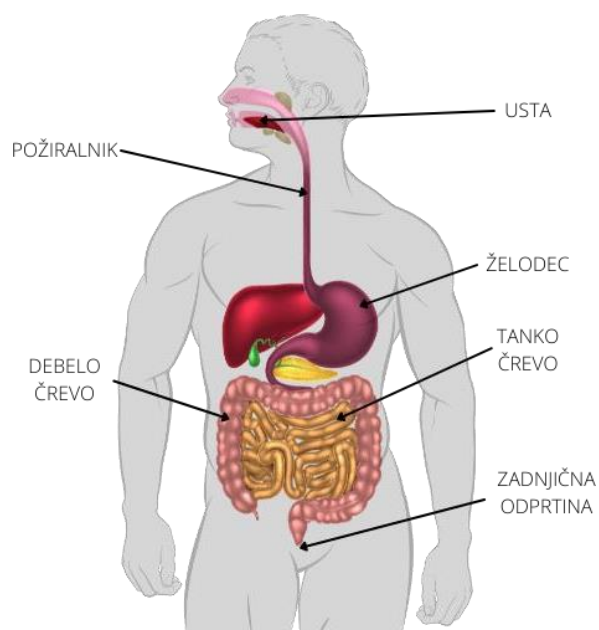
Prebava je mehanski in kemični proces, pri katerem se zaužita hrana pretvori v manjše molekule. S pomočjo prebave se hrana tako spremeni v obliko, ki organizmu omogoča pridobitev potrebne energije. Poznamo znotrajcelično in zunajcelično prebavo. Znotrajcelična prebava je tista, ki poteka v vakuoli celice. Takšna prebava nastopi pri enoceličarjih. Zunajcelična prebava pa je tista, ki poteka izven celice, v svetlini prebavil. Pri tem procesu celice sproščajo encime, da razgradijo zunanje molekule, da lahko dostopajo do virov hrane ali uničijo posebne celice ali tkiva. Za razgradnjo beljakovin, ogljikovih hidratov in drugih sestavin zunaj ali znotraj celice so odgovorni lizosomski encimi, katere proizvajajo lizosomi.

Prebavna pot se začne v ustni votlini, kjer hrano prežvečimo z zobmi in premažemo s slino, kar hrano zmehča.

Ko pogoltnemo, gre hrana na poti do požiralnika tudi po žrelu, ki je križišče dihalne in prebavne poti. Hrana po požiralniku, ki je 20 centimetrov dolga mišičasta cev, do želodca potuje okoli 6 sekund. To je možno, saj se mišičaste stene požiralnika krčijo proti želodcu. Tako gibanje imenujemo peristaltika. Ko hrana pride do želodca, se zmeša s prebavnimi sokovi in klorovodikovo kislino, katero tvori močno nagubana sluznica v notranjosti želodca. Ti sokovi hrano delno razgradijo. V želodcu se hrana zadržuje okoli 4 ure, lahko pa tudi več, odvisno od tega, kaj jemo.

Delno prebavljena hrana nato potuje skozi krožno mišico, imenovano vratar, v dvanajstnik, ki je začetni del 4 metre dolgega tankega črevesa. Tam se hranilne snovi izločijo v kri. Hranilne snovi s krvjo potujejo do jeter in vseh telesnih celic.

Preostanek hrane, ki se ni razgradil, potuje v debelo črevo. Tam se zgosti in nastane blato, katerega izločimo skozi zadnjično odprtino ali danko. Presnova ali metabolizem je skupek procesov v telesu, pri katerih se snovi v organizmu razgrajujejo ter procesi, pri katerih organizem pridobiva potrebno energijo.



Slika 1: Prebavna pot

Vir: <https://nasetelo.splet.arnes.si/files/2022/01/PRSNI-KOS2.png> (6. 1. 2025)

2.2 Prehrana

Zdrava prehrana je tista, pri kateri uživamo raznolika živila v pravih količinah. Ko pride do količine užitja hrane na osebo, se to seveda razlikuje od posameznika do posameznika. Na to lahko vpliva več dejavnikov, na primer aktivnost in starost posameznika. Na splošno pa se svetuje, da odrasli na obrok zaužijejo okoli 250 gramov, otroci pa 150 gramov hrane. Pri zdravi prehrani je ključno tudi energijsko ravnotežje. Pomembno je, da je količina vnosa energije usklajena s porabo energije. Če je vnos prehranske energije večji od porabe energije, se ostanek energije v telesu shrani v obliki maščobnega tkiva. Če je vnos prehranske energije manjši od porabe energije, se v telesu začnejo porabljati zaloge ogljikovih hidratov, ki so omejene. Ob dlje trajajočem pomanjkanju energije se začnejo porabljati še maščobne zaloge in mišična masa.



Slika 2: Prehranska piramida

Vir: <https://cukerblog.si/wpcontent/uploads/2020/08/zuj6zjz6z-1.png> (5. 1. 2025)

V prehranski piramidi imamo slikovno prikazana različna živila. Razporejena so po tem, koliko katerih živil naj bi zaužili na dan (koliko v tem primeru pomeni, česa naj bi zaužili več in česa manj). Na vrhu piramide je prikazan sladkor (katerega naj bi zaužili najmanj), sledijo mu maščobe, beljakovine ter mleko in mlečni izdelki, ogljikovi hidrati in na dnu se nahajata sadje in zelenjava (živila, ki bi jih naj zaužili največ). Prehranska piramida nas opozarja, katera živila so boljša za naše zdravje in katera živila najpogosteje vključujemo v svojo prehrano. To ne pomeni, da ne smemo uživati tistih živil, ki so na skrajnem vrhu in istočasno ne pomeni, da lahko uživamo le tiste na skrajnem dnu.

Prehranjevanje po prehranski piramidi pa kljub vsemu ni primerno za vse. Ni primerno za dojenčke, male otroke in bolne posameznike. Primerno je torej le za odrasle in otroke, starejše od dveh let, ter v primeru, da so ti zdravi.

Poleg prehranske piramide obstaja še zdrav krožnik. Ta je slikovni graf, ki prikazuje, kakšne naj bi bile razmere med živila na krožniku. Grafični prikazi se med seboj nekoliko razlikujejo v količinah živil, toda na vseh največ prostora na krožniku zavzamejo sadje in zelenjava, sledijo ogljikovi hidrati, beljakovine, mleko in mlečni izdelki ter na koncu maščobe, katerim občasno sledijo še sladkarije. Prav tako je poleg krožnika najpogosteje narisana kozarec z vodo.



Slika 3: Zdrav krožnik

Vir:

https://si.izzi.digital/DOS/510928/datastore/17/publication/510928/pictures/2023/07/31/fd366ba8d9b0c213b7ee48ecee367c77_nit5_m1u1_kroznik.png (5. 1. 2025)

Prehrana lahko vpliva na zdravje človeka, imunski sistem, prebavo in pri otrocih tudi na razvoj in rast. Zdrava prehrana pomaga pri vzdrževanju telesne teže, povečanju možnosti dolgega življenja in zniža možnost pojava nekaterih bolezni, kot so druga stopnja diabetesa, nekatere oblike raka in srčno-žilna bolezen.

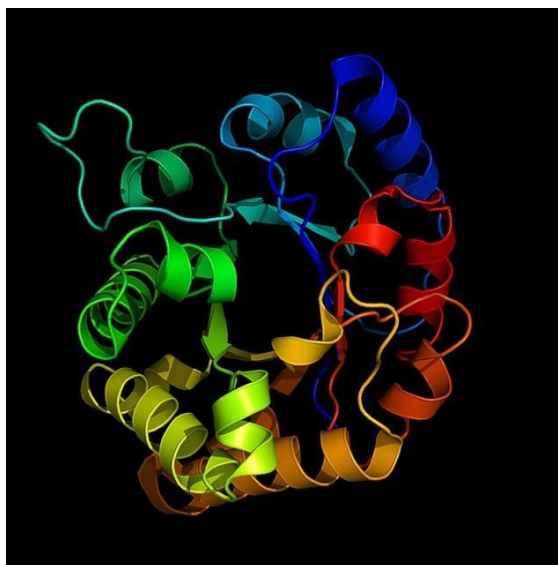
Prehrana ima vpliv tudi na želodčni pH, saj spodbuja izločanje kisline pri ljudeh in živalih. Beljakovine specifično, takoj po zaužitju zvišajo želodčni pH, saj so učinkoviti blažilci in močni stimulanse izločanja kisline. Hrana lahko vpliva tudi na refluks kisline. Dr. Khaitan pravi, da je najboljša dieta za tiste, ki imajo težave z reflukso sestavljena iz sadja, zelenjave in proteinov. Hrane, ki slabo vplivajo na refluks so vse, ki so mastne, vsebujejo veliko količino kislin (so kisle) in vsebujejo veliko količino kofeina.

Vir: <https://www.uhhospitals.org/blog/articles/2014/04/best-and-worst-foods-for-acid-reflux> (5. 1. 2025)

2.3 Encimi

Encimi so beljakovine, ki uravnavajo (katalizirajo) kemijske procese v organizmih. Uvrščamo jih pod biokatalizatorje. Biokatalizatorji so katalizatorji, ki delujejo v živih organizmih in pospešujejo biokemične reakcije. Katalizatorji se pri tem ne porabljajo ali spreminjajo. Skoraj vsi encimi so globularne beljakovine. Molekule nekaterih encimov poleg beljakovinskega dela vsebujejo tudi atome kovin, kot so magnezij, železo in baker, lahko pa vsebujejo tudi koencime. Koencimi so organske ali koordinacijske spojine, ki nastanejo iz vitaminov. Struktura encimov

določa njihovo funkcijo. Encimi tako padejo v več kategorij, kot so: oksidoreduktaze, transferaze, hidrolaze, liaze, izomeraze in ligaze.



Slika 4: Encim

Vir:

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/8/81/Triosephosphate_isomerase.jpg/640px-Triosephosphate_isomerase.jpg (7. 1. 2025)

Encimi so ključni v metabolizmu in omogočajo razgradnjo hrane, varčevanje z energijo in izgradnjo celičnih makromolekul. Razgrajujejo velike molekule živil, kot so beljakovine, ogljikove hidrate in maščobe.

Beljakovine so kompleksne organske molekule sestavljene iz verižno povezanih aminokislin. V telesu se beljakovine razgradijo na aminokislino (s pomočjo encima pepsina). Poznamo enostavne (proteini) in sestavljene (proteidi) beljakovine. Aminokislino so vse molekule, ki vsebujejo aminske in karboksilne skupine.

Ogljikovi hidrati se delijo na enostavne in sestavljene. Enostavni ogljikovi hidrati: monosaharidi (glukoza, fruktoza, galaktoza) in disaharidi (saharoza, laktoza, maltoza). Sestavljeni ogljikovi hidrati: polisaharidi, kot so škrob (prebavljiva oblika), celuloza (vlaknine, ki so večinoma neprebavljive) in glikogen (oblika shranjenih ogljikovih hidratov v mišicah in jetrih).

Maščobe so organske kemijske spojine. So estri višjih maščobnih kislin in glicerola (alkohola). Sestavljene so iz maščobnih molekul, ki se v telesu razgradijo na glicerol in maščobne kisline (encim lipaza).

2.4 Želodec

Želodec je votla mišica, ki deluje kot prebavni organ in je del prebavnega traka. Imajo ga prežvekovalci, nekateri nevretenčarji in vretenčarji (kamor spadajo tudi sesalci). Nahaja se med požiralnikom in tankim črevesom. Ima ključno vlogo v prebavi, saj želodčna kislina razgradi hrano na manjše delce.

Želodec je sestavljen iz stene želodca, svoda (fundusa), vhoda med požiralnikom in želodcem, korpusa (telesa želodca), male in velike krivine, vratarjevega preddvora, vratarja (pilorusa) in dvanajstnika.

Stena želodca je sestavljena iz štirih plasti:

- plast nagubane želodčne sluznice, s katero je obložena celotna notranjost,
- plast rahlega tkiva: podsluznica,
- mišična plast in
- membrana, ki pokriva zunanost želodca.

Korpus predstavlja osrednjo regijo želodca, s tem tudi največji odsek želodca.

Želodčni svod ali fundus je zgrajen iz zgornje krivine želodca in je običajno zapolnjen z zrakom.

Vratar, poznan tudi kot pilorus, predstavlja mejo z dvanajstnikom in olajšuje praznjenje želodčne vsebine v tanko črevo. Izloča prebavne encime in klorovodikovo (poznano tudi kot želodčno) kislino (HCl) ter s tem pomaga pri prebavi hrane. Zdrav pH želodca je med 1,5 in 2.



Slika 5: Želodec

Vir:

https://encryptedtbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQ1p7JGX32hsCLAVtn8qlxukL1_plhCwE-8og&s (21. 11. 2024)

2.5 Hipoklorhidrija in aklorhidrija

Pomanjkanje (hipoklorhidrija) ali povečanje želodčne kisline je težava, saj vodi do nepravilne prebave hrane. Pri hipoklorhidriji ali pomanjkanju želodčne kisline je pH želodca med 3 in 5. Ob tem se ključni vitamini in minerali ne absorbirajo v telo, kot bi se morali, saj pride do nepravilne razgradnje hrane. To je skoraj popolno pomanjkanje klorovodikove kisline v želodcu; kratka, hujša oblika hipoklorhidrije, katera lahko vodi v razvoj sindroma razdraženega in/ali propustnega črevesja. Simptomi prenizkega pH-ja so: napihnjenost, zgaga, refluks, koščki nepredelane hrane v blatu in vetrovi.

Če pa pH v želodcu preseže 5, govorimo o aklorhidriji ali povečanju želodčne kisline. Do tega pride, ko celice v želodcu proizvedejo preveč kisline, kar lahko vodi do refluksne bolezni in acidne razjede.

2.6 Refluks

Refluks je vračanje želodčne vsebine, kisline v požiralnik in včasih celo v ustno votlino. Ko pride do vrnitve vsebine v ustno votlino, temu pravimo regurgitacija.

Vsebine želodca mišična zapiralka, ki se nahaja med požiralnikom in želodcem, iz nekega razloga ne zadrži. Ko pride do čezmernega zatekanja želodčne vsebine v požiralnik ali grlo, govorimo o gastroezofagealni refluksni bolezni (GERB ali

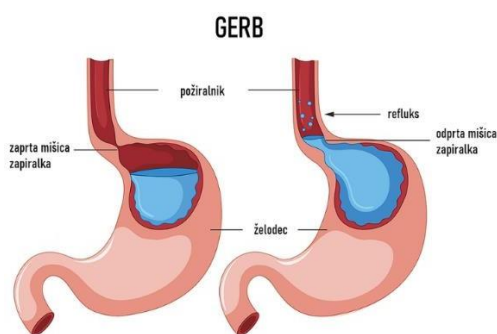
GERD). To je najpogostejša gastrointestinalna bolezen. Najpogostejša simptoma te bolezni sta refluks in zgaga.

Refluks je odvisen od zapiralke v želodcu. Kislina zaide na sluznico, ki je zelo slabo zaščitena in lahko povzroči številne različne simptome refluksa.

2.6.1 Simptomi refluksa

Najpogostejši simptom refluksa je zgaga (pekoč ali boleč občutek za prsnico ali v žlički), ki se pri nekaterih pojavi kot pekoč občutek v požiralniku, pri drugih pa kot občutek visokega pritiska in vročine, ki sega vse do grla. Med druge simptome spadajo še:

- kašljanje,
- motnje glasu (hripavost),
- občutek cmoka v grlu,
- pekoč jezik in
- težave z dihanjem (kot je astma).



Slika 6: GERB

Vir:

https://static.wixstatic.com/media/3923b5_4a424aa9e7f64cd79ba5b8adab3fed87~mv2.png/v1/fill/w_980,h_653,al_c,q_90,usm_0.66_1.00_0.01,enc_auto/3923b5_4a424aa9e7f64cd79ba5b8adab3fed87~mv2.png (7. 1. 2025)

2.6.2 Vzroki za refluks

Refluks lahko prizadene tudi zdrave ljudi, če zaužijejo zelo mastno hrano. Pogosteje se pojavlja pri starejših in v pozni nosečnosti. Ne glede na to, da lahko prizadene vsakogar, še ne pomeni, da gre za gastroezofagealno refluksno bolezen.

Pod gastroezofagealno bolezen razumemo stanje, pri katerem refluks povzroči moteče simptome in zdravstvene zaplete. Če gre za GERD, lahko ugotovimo s pregledom požiralnika. Če gre za ERD (erozivna refluksna bolezen), bodo vidne poškodbe na sluznici požiralnika, če pa gre za NERD (neerozivno refluksno bolezen), ne bo prišlo do nobenih strukturnih sprememb.

Vzroki za gastroezofagealno bolezen so različni, velikokrat pa pride do kombinacije različnih dejavnikov, kot so:

- sprostitvev mišice zapiralke, ki ni posledica požiranja,
- motena motorika požiralnika,
- moteno praznjenje želodca,
- diafragmatična kila (štrleči deli želodca skozi prepono v prsno votlino, ki jih lahko povzročita starost in debelost),
- prekomerna telesna teža,
- nezdrav način prehranjevanja,
- posamezniku neprimerna hrana in pijača ter
- zvišan intraabdominalni tlak (povzročita ga lahko konično zaprtje in nosečnost).

Do regurgitacije kisle želodčne vsebine večinoma pride po jedi, saj želodec med jedjo absorbira tudi zrak. Želodec se raztegne, mišica zapiralke pa se sprosti, da omogoči želodcu, da izpusti odvečen zrak. Do regurgitacije kisle želodčne vsebine lahko pride tudi spontano, podnevi in ponoči.

2.6.3 Zdravljenje simptomov refluksa

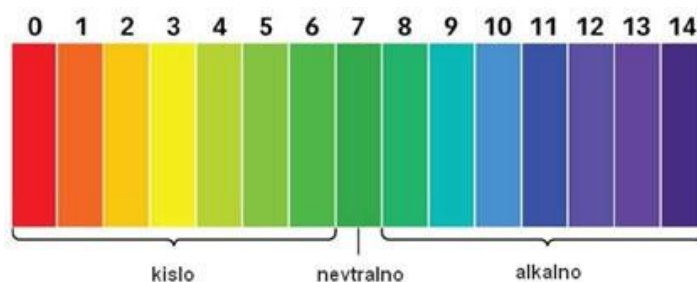
Zdravljenje simptomov refluksne bolezni je odvisno od posameznika in povezano z obsegom poškodbe sluznice požiralnika.

Pri zdravljenju te bolezni je prvi korak zdrav način življenja in sprememba v stilu življenja, prehrani ali drugih dejavnikih, ki bi lahko vplivali na doživljanje simptomov refluksa. Če takšno vedenje ne pomaga, je čas za posvet z zdravnikom, ki najpogosteje vodi v predpis zdravil.

2.7 pH lestvica

pH je enota s katero merimo koncentracijo vodikovih ionov (H_3O^+) v raztopini. Posledično je tudi merilo za kislost ali bazičnost neke raztopine.

pH lestvica je lestvica, sestavljena iz 14 števil od 0 do 14. Število 0 pomeni, da je raztopina zelo kislja, število 7 pomeni, da je nevtralna (ni niti kislja niti bazična), število 14 pa pomeni, da je raztopina zelo bazična.



Slika 7: pH lestvica







Vir: <https://www.zakisanost.net/wp-content/uploads/2021/11/ph-1.jpg> (7. 1. 2025)

2.8 pH indikatorji

pH indikatorji (ali pokazatelji) so barvila oz. zmesi barvil, s katerimi lahko določimo pH spojine.

Med najbolj poznane indikatorje sodijo: lakmus papir, metiloranž in fenolftalein (s katerimi določimo, ali je spojina bazična ali kislja) ter univerzalni lakmus papir (s katerim lahko določimo specifični pH spojine, ne le ali je ta bazična ali kislja). Da izvemo kakšen pH ima spojina, si pomagamo s skalo na škatlici indikatorja. Pri lakmus papirju je spojina kislja, če se papir obarva rdeče, bazična pa, če se obarva

modro. Pri metiloranžu velja podobno, s tem, da se bazične spojine obarvajo rumeno. Pri fenolftaleinu velja, da je kislina bazična, če se obarva na vijolično, kislina pa, če je brezbarven.

| | lakmus papir | metiloranž | fenolftalein |
|--------------------|--|---|--|
| skrajno kislino | rdeč  | čebulno rdeč  | prozoren  |
| skrajno bazično | moder  | rumen  | vijoličen  |

Slika 8: Razpredelnica indikatorjev
Vir: <https://si.openprof.com/ge/images/213/indikatorji.png> (7. 1. 2025)

Z univerzalnim lakmus papirjem merimo nekako drugače. Listič najprej pomočimo v spojino za krajši čas, potem pa nastale barve primerjamo z barvno skalo na škatlici.



Slika 9: Univerzalni lakmus papir
Vir: <https://shop.craftunity.si/wp-content/uploads/2023/03/ph-listici-600x645.jpg> (7. 1. 2025)

2.9 Nevtralizacija

Nevtralizacija je reakcija med kislino in bazo, pri kateri nastaneta sol in voda. Popolna nevtralizacija je ta, pri kateri med sabo reagirajo vsi vodikovi in hidroksidni ioni. Če le del teh ionov reagira med sabo, poteče delna nevtralizacija. Ker se kislina in baza med seboj nevtralizirata, pravimo da sta kemijsko nasprotni. Iz tega razloga, ko je pH naše želodčne kisline previsok (okoli 1) in nas začne peči zgaga,

uporabimo zdravila, ki vsebujejo baze. Imenujemo jih antacidi. Ti zvišajo pH želodčnega soka in tako nevtralizirajo presežek kisline.

Poznamo različne vrste antacidov:

- alkalijske soli, ki nevtralizirajo HCl - absorbirajo se v krvni obtok in povzročijo metabolno alkalozo (prekomerna kislost krvi, do katere pride zaradi pomanjkanja bikarbonata),
- zemeljskoalkalijske soli, oksidi in hidroksidi, ki sicer delujejo enako kot alkalijske soli, vendar se ne absorbirajo v kri, kar je njihova prednost,
- silikati, ki vežejo HCl z absorpcijo (ena snov se vpije ali raztopi v drugo) in
- aluminijeve spojine, ki HCl absorbirajo vase in posledično nevtralizirajo.

Poznamo naravne ali biološke nevtralizatorje in kemijske nevtralizatorje. Naravni nevtralizatorji vsebujejo učinkovine, ki so pridobljene iz naravnih virov, kot so alge, rastline, zelenjava in podobno. Kemijski ali komercialni nevtralizatorji pa imajo učinkovine kemijsko pridobljene.

3. EKSPERIMENTALNI DEL

3.1 Učinkovine

V farmaciji se namesto izraza sestavina uporablja izraz učinkovina. Učinkovina je vsaka snov ali zmes, namenjena za uporabo pri proizvodnji zdravil. Ta v proizvodnji postane sestavina zdravila.



Slika 10: Kamilica

Vir: <https://www.plantea.com.hr/wp-content/uploads/2015/06/kamilica-21.jpg> (31. 1. 2025)

Poznamo več učinkovin, ki se nahajajo v nevtralizatorjih:

- polisaharidi, ki so pridobljeni iz aloe vere, gozdnega slezenovca, navadnega sleza, naravnih mineralov apnenca in nahkolita, kamilice in sladkega korena,
- alginati, ki so pridobljeni iz alg (npr.: magnezijev alginat, natrijev alginat),
- kalcijev karbonat,
- kalijev bikarbonat,
- aluminijev hidroksid,
- magnezijev karbonat,
- hidrotalcit itd.

3.2 Normalen pH

Naše telo je sestavljeno iz približno 60 % vode. Prisotna je tudi v slini, želodčni kislini ter v vseh drugih telesnih tekočinah. Pomembno je, da imamo pravilno ravnovesje pH v telesu, saj to pomaga pri samoregulaciji in izvajanju bioloških procesov, ki so ključnega pomena za življenje. Telesne tekočine lasten pH ohranjajo v mejah normalnosti tako, da podpirajo nujne kemijske reakcije. Te podpirajo telesne funkcije, kot so metabolizem in hormonsko ravnovesje. Če pH v telesu ni v ravnovesju, se telo trudi vzdrževati telesne funkcije, toda pri tem postanemo bolj izpostavljeni boleznim. Bolj ali manj vse telesne tekočine vzdržujejo nevtralen (kri, slina ...) ali pa kisel (želodčna kislina, mišična kislina, urin ...) pH.

Normalen pH sline je med 6,2 in 7,6. Navadno pH v ustni votlini ne pade pod 6,3 in s pomočjo sline ostaja blizu nevtralnosti (6,7-7,3). Hrana in pijača spremenita pH v ustni votlini. Prav tako nanj vplivajo bakterije, ki v ustih razgrajujejo ogljikove hidrate. Posledično sproščajo mlečno, masleno in asparaginsko kislino, katere znižajo pH. Tudi starost lahko vpliva na pH, saj imajo odrasli pogosto bolj kislo slino kot otroci.

3.2.1 Merjenje pH

Če si želimo testirati pH v ustih, moramo najprej počakati, da mineta dve uri po zadnjem obroku. Potem v usta načrpamo čim več sline. pH listič nato pomočimo v slino in počakamo, da se le-ta obarva. S pomočjo barvne skale na škatlici odčitamo pH vrednost.



Slika 11: pH lističi in pH skala

Vir: <https://www.milnica.si/wp-content/uploads/2017/10/ph-listici.jpg> (2. 2. 2025)

3.3 Raziskava in razprava podatkov

Raziskovalni del sem opravila tako, da sem testirala pH sline pred in po zaužitju citrusu. Nato sem pH izmerila še po zaužitju nevtralizatorju. pH sem izmerila s pomočjo univerzalnega lakmusovega papirja. Istim ljudem sem en dan dala naravni nevtralizator, naslednji dan pa kemijski nevtralizator. V vseh primerih so kot nekaj kislega ljudje spili nekaj požirkov limonade, ki je imela pH 3. Poleg tega sem testirala tudi, če voda nevtralizira pH ustne votline in če hrana (v mojem primeru pomaranča) spremeni pH ustne votline.

Ta postopek sem storila pri več ljudeh in tako dobila različne, ampak kljub temu podobne podatke. Te podatke sem zapisala v tabelo in jih med seboj primerjala.

Tabela 1: pH po naravnem nevtralizatorju

V tej tabeli je naveden pH ljudi pred in po tem, ko so spili limonado ter po tem, ko so zaužili nevtralizator. Nevtralizator je v tem primeru imel naravno pridobljene učinkovine, torej je bil naravni nevtralizator. Glavne učinkovine tega nevtralizatorja so bile natrijev alginat, kalcijev karbonat in kalijev bikarbonat.

| Vzorec | Pred limonado | Po limonadi | Po nevtralizatorju |
|--------|---------------|-------------|--------------------|
| | | | |

| | | | |
|----------|-----|-----|-----|
| Vzorec 1 | 6,5 | 5 | 7,5 |
| Vzorec 2 | 6,5 | 4,5 | 8 |
| Vzorec 3 | 6 | 4,5 | 8 |
| Vzorec 4 | 6 | 4,5 | 7,5 |

Tabela 2: pH po kemijskem nevtralizatorju

V tej tabeli je naveden pH ljudi pred in po tem, ko so spili limonado ter po tem, ko so zaužili nevtralizator. Nevtralizator v tem primeru je imel kemijsko pridobljene učinkovine, torej je bil kemijski nevtralizator. Glavna učinkovina tega nevtralizatorja je bil hidrotalcit. Vzorci so označeni z istimi številkami kot v prejšnji tabeli, saj gre za iste ljudi.

| Vzorec | Pred limonado | Po limonadi | Po nevtralizatorju |
|----------|---------------|-------------|--------------------|
| Vzorec 1 | pH: 6,5 | pH: 4,5 | pH: 7,5 |
| Vzorec 2 | pH: 6,5 | pH: 5,5 | pH: 7 |
| Vzorec 3 | pH: 6 | pH: 4,5 | pH: 8 |
| Vzorec 4 | pH: 6,5 | pH: 5,5 | pH: 7 |

Če primerjamo razporedelnic, lahko vidimo, da sta obe vrsti nevtralizatorja pH slin uravnala na nevtralnega ali celo malce bazičnega. Bolj močan je bil naravni nevtralizator, ki je pH zvišal na 7,5 ali pa 8. Na drugi strani pa je bil bolj natančen kemijski nevtralizator, ki je večino vzorcev zvišal na 7. Prav tako lahko vidimo, da nimajo vsi nevtralizatorji enakega vpliva na vse ljudi. V primeru, da bi imeli enak vpliv na vse, bi pri vseh vzorcih bil končni pH isti ali pa bi se povišal za isto vrednost.

Tabela 3: Največji kontrast v pH

V to tabelo sem vpisala vzorca, ki sta bila v največjem kontrastu. Peti vzorec je ta, kjer se je pH največ spreminjal, šesti pa ta, kjer se je pH najmanj spreminjal. V obeh primerih je bil uporabljen isti naravni nevtralizator, kot v tabeli 1.

| Vzorec | Pred limonado | Po limonadi | Po nevtralizatorju |
|----------|---------------|-------------|--------------------|
| Vzorec 5 | pH: 6 | pH: 4 | pH: 8 |
| Vzorec 6 | pH: 7 | pH: 6,5 | pH: 8 |

Če primerjamo vzorca, lahko vidimo, kako lahko iste kisle pijače različno vplivajo na ljudi. Pri nekaterih ljudeh pH drastično znižajo, pri drugih pa je učinek komaj opazen.

Tabela 4: pH po pomaranči

V tej tabeli sem navedla dva vzorca, ki sta namesto, da bi popila limonado, pojedla dva koščka pomaranče.

| Vzorec | Pred pomarančo | Po pomaranči |
|-----------|----------------|--------------|
| Vzorec 2: | pH: 7 | pH: 6,5 |
| Vzorec 7: | pH: 7 | pH: 6 |

Kot lahko vidimo, se pH ni drastično spremenil. Sprememba je komaj opazna, čeprav je pomaranča citrus. Na to je zagotovo vplivala tudi zrelost pomaranče, saj je ta bila že sladka in posledično več ni vsebovala toliko kisline.

Tabela 5: pH po vodi

V tej tabeli je napisana sprememba pH pri vzorcu 8. Ta posameznik ni vzel nevtralizatorja, ampak je spil nekaj požirkov vode, ki je nevtralna.

| Vzorec | Pred limonado | Po limonadi | Po vodi |
|----------|---------------|-------------|---------|
| Vzorec 8 | pH: 6 | pH: 4,5 | pH: 6,5 |

Ne glede na to, da posameznik ni vzel nevtralizatorja, lahko vidimo, da se je kislost v ustni votlini zmanjšala. To se je zgodilo, ker je voda nevtralna. Iz tega razloga je vsaj delno nevtralizirala pH sline.

3.4 Opredelevanje hipotez glede na njihovo potrjenost

Tabela 6: Opredelevanje hipotez

| Hipoteza | Potrjena ali zavrnjena | Razlog |
|---|------------------------|--|
| H1: pH sline se bo spremenil, glede na zaužito hrano in pijačo. | Potrjena | pH sline se je spremenil po zaužitju hrane in pijače. Po zaužitju citrusov se je znižal, po vodi pa zvišal. |
| H2: Kislost sline se bo zvišala po zaužitju citrusov, kateri vsebujejo vitamin C. | Potrjena | Kislost sline se je zvišala (pH pa znižal) po zaužitju citrusov. |
| H3: Kislost sline se bo zmanjšala po nevtralizaciji. | Potrjena | Kislost sline se je zmanjšala po nevtralizaciji (pH se je zvišal). |
| H4: Voda ne bo tako dobro uravnala pH nivojev v slini, kot bodo nevtralizatorji. | Potrjena | Voda je pH dvignila le za dve enoti, med tem ko so nevtralizatorji pH dvignili med 1,5 in 4 enotami. |
| H5: pH v slini se bo po zaužitju hrane ali pijače in kasneje nevtralizatorjev, spremenil le za eno enoto. | Zavrnjena | pH v slini se je spreminjal za več kot le eno enoto, najmanjša sprememba je bila za 1,5 enote, največja pa za 4 enote. |
| H6: Naravni nevtralizatorji bodo manj močni kot kemijski nevtralizatorji. | Zavrnjena | Naravni nevtralizatorji so bili bolj močni kot kemijski. Naravni so dvignili pH za do 4 enote, kemijski pa za do 3,5 enot. |
| H7: Isti nevtralizatorji bodo imeli različen učinek na različnih ljudeh. | Potrjena | Isti nevtralizatorji so različno vplivali na ljudi. Nekaterim so zvišali pH za 4 enote, drugim pa le za 1,5 enote. |

4. DRUŽBENA ODGOVORNOST

Znanstveni napredek, ki omogoča učinkovito obvladovanje kislinskih stanj v ustni slini, lahko pripomore k boljšemu zdravju in počutju ljudi, še posebej pri tistih, ki trpijo zaradi težav, kot so prekomerna kislost v ustih, gastroezofagealni refluks ali druge podobne motnje.

Pri raziskavi učinkovitosti različnih nevtralizatorjev na ustno slino je ključnega pomena, da se upošteva vpliv učinkovin, ki sestavljajo te nevtralizatorje.

Učinkovina je snov, ki ima specifičen učinek na fiziološke funkcije telesa in je pogosto ključni dejavnik pri oblikovanju zdravil. V našem primeru bomo preučevali nevtralizatorje, katerih učinkovine vplivajo na pH vrednost ustne sline, kar lahko pripomore k obvladovanju težav, kot so prekomerna kislost ali motnje v ravnotežju ustnega mikrobioma.

Z raziskovalno nalogo bomo širili ozaveščenost ljudi o pH nivojih ter kako vplivajo na njih in njihovo telo. Ko pride do uravnavanja pH nivojev, predvsem v ustni votlini, moramo vedeti, s pomočjo česa lahko to storimo. Lahko vzamemo nevtralizator ali pa živilo, ki vsaj delno nevtralizira pH v našem telesu (kot je na primer voda). Želela bi, da bi se ljudje bolj zavedali kaj vnašajo v njihovo telo. Iz tega razloga bom v to nalogo vključila različne vrste nevtralizatorjev. Od naravnih do kemijskih in katere učinkovine lahko vsebujejo. Pomembno je, da če vzamemo nevtralizator, da ta ustreza nam in našemu počutju.

5. ZAKLJUČEK

S to raziskovalno nalogo sem želela prikazati, kako lahko hrana, pijača in nevtralizatorji vplivajo na naše telo, bolj specifično na pH v naši slini. Prav tako sem želela bolj podrobno raziskati učinek zaužite hrane in nevtralizatorjev na pH sline.

Ne zdi se mi prav, da veliko ljudi ne ve posledic zaužitja hrane na kislost sline v ustni votlini. Stvari, ki jih danes uvrščamo pod splošno znanje, morda niso tako blizu starejšim generacijam. Upam, da sem s sodelovanjem nekaterih starejših

ljudi v eksperimentalni del moje raziskovalne naloge, podala vsaj nekaj znanja tako njim kot tudi bralcem te naloge. Upam, da mi je s tem uspelo približati to temo tudi tistim, ki se zanjo prej niso zanimali. Težave s pH ravnovesji v telesu niso redke. Menim, da je znanje, kot je vpliv prehrane na pH v ustih in učinek nevtralizatorjev, pomembno in bi moralo biti bolj poznano. Pravilno ravnanje je včasih le pravilna izbira nevtralizatorja, ki nam bolj ugaja oziroma pomaga premagati težavo. Seveda pa moramo ob hujših težavah obiskati zdravnika.

S to nalogo sem se veliko naučila in bom v bodoče to znanje upoštevala v vsakdanjem življenju. Po potrebi bom svoje novo znanje delila tudi z drugimi. V prihodnosti bi zagotovo bilo zanimivo videti, kako lahko hrana in pijača vplivata na pH še v drugih tekočinah v telesu (na primer kri, urin).

6. VIRI IN LITERATURA

<https://or-ca.si/blog/domaca-lekarna/zelodec-spregledni-vzrok-mnogih-zdravstvenih-tezav/> (21. 11. 2024)

<https://sl.wikipedia.org/wiki/%C5%BDelodec> (23. 11. 2024)

<https://bioakumed.si/clanki/hipoklorhidrija/> (21. 11. 2024)

<https://www.avita.si/prevec-ali-premalo-zelodcne-kislina/> (21. 11. 2024)

<https://www.verywellhealth.com/high-stomach-acid-symptoms-5215536> (21. 11. 2024)

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/4061354/> (21. 11. 2024)

<https://sl.wikipedia.org/wiki/Nevtralizacija> (24. 11. 2024)

<https://sl.wikipedia.org/wiki/Antacid> (24. 11. 2024)

<https://www.moja-lekarna.com/clanki/zakisanost-telesa-to-so-vzroki> (23. 11. 2024)

<https://sl.wikipedia.org/wiki/Absorpcija> (24. 11. 2024)

<https://extension.msstate.edu/publications/understanding-the-ruminant-animal-digestive-system> (10. 12. 2024)

https://dijaski.net/gradivo/bio_plo_prebavila_05 (10. 12. 2024)

<https://www.rupurut.si/refluks> (13. 12. 2024)

<https://www.nolpaza-control.com/si/tezave-z-zgago/> (14. 12. 2024)

<https://spot.gov.si/sl/dejavnosti-in-poklici/dejavnosti/proizvodnja-zdravilnih-ucinkovin/> (17. 12. 2024)

<https://sl.wikipedia.org/wiki/Diagnoza> (17. 12. 2024)

<https://www.iberogast.si/znanje/delovanje-%C5%BEelodca> (17. 12. 2024)

<https://www.prehrana.si/sestavine-zivil/energijaska-vrednost> (4. 1. 2025)

<https://cancer-code-europe.iarc.fr/index.php/sl/12-nasvetov/prehrana/4038-kaj-je-zdrava-prehrana> (4. 1. 2025)

<https://www.zurnal24.si/uporabno/kaj-na-pikniku-ne-sme-manjkati-386039> (5. 1. 2025)

https://ucilnice.arnes.si/pluginfile.php/5205426/mod_resource/content/1/prehranska-piramida.pdf (5. 1. 2025)

<https://www.cdc.gov/nutrition/php/resources/healthy-eating-benefits-for-adults.html> (5. 1. 2025)

<https://www.uhhospitals.org/blog/articles/2014/04/best-and-worst-foods-for-acid-reflux> (5. 1. 2025)

<https://sl.wikipedia.org/wiki/Prebava> (5. 1. 2025)

<https://nasetelo.splet.arnes.si/prebavila/> (6. 1. 2025)

<https://sl.thpanorama.com/articles/biologa/qu-es-la-digestin-extracelular.html> (6. 1. 2025)

https://dijaski.net/gradivo/bio_vaj_prebava_ogljikovih_hidratov_05 (6. 1. 2025)

https://dijaski.net/gradivo/bio_mat_celotna_snov_01 (6. 1. 2025)

<https://sl.wikipedia.org/wiki/PH> (7. 1. 2025)

https://sl.wikipedia.org/wiki/Seznam_encimov (7. 1. 2025)

<https://ekemija.osbos.si/e-gradivo/ostale-lastnosti-snovi/viskoznost.html> (7. 1. 2025)

<https://www.goriskalekarna.si/galenski-laboratorij-nova-gorica/izdelki-galenskega-laboratorija/glicerol-85-75-g> (7. 1. 2025)

<https://www.lekarnar.com/clanki/aminokislina-osnovni-gradniki-v-telesu> (7. 1. 2025)

<https://www.instrukcije-blog.si/kaj-so-encimi/> (7. 1. 2025)

<https://sl.wikipedia.org/wiki/Koencim> (7. 1. 2025)

<https://eucbeniki.sio.si/kemija9/1108/index6.html> (7. 1. 2025)

<https://iokusplus.rokus-klett.si/vsebina/irp-bio8/> (7. 1. 2025)

<https://www.zazdravje.net/scepci-zdravja/hidrolati-nepogresljivi-prijatelji-ustne-votline/> (29. 1. 2025)

<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3800408/> (29. 1. 2025)

<https://www.healthline.com/health/ph-of-saliva#ph-balance> (30. 1. 2025)

<https://www.health.com/ph-balance-7101062> (30. 1. 2025)

<https://www.holist.eu/ph.html> (30. 1. 2025)

<https://thefunctionalgutclinic.com/blog/news/low-stomach-acid-everything-you-need-to-know/> (30. 1. 2025)

<https://sl.wikipedia.org/wiki/Presnova> (30. 1. 2025)

<https://www.healthline.com/health/ph-of-blood#takeaway> (30. 1. 2025)

<https://www.healthline.com/health/urine-ph> (30. 1. 2025)

[https://www2.nau.edu/lrm22/lessons/acids and bases/acids and bases.html](https://www2.nau.edu/lrm22/lessons/acids%20and%20bases/acids%20and%20bases.html) (31. 1. 2025)

<https://www.gorenjske-lekarne.si/artikel/rutacid-500-mg-zvecljive-tablete-2> (2. 2. 2025)

<https://sl.wikipedia.org/wiki/Bejlovina> (2. 2. 2025)

<https://www.prehrana.si/sestavine-zivil/ogljikovi-hidrati> (2. 2. 2025)

[https://sl.wikipedia.org/wiki/Alifatska spojina](https://sl.wikipedia.org/wiki/Alifatska_spojina) (2. 2. 2025)

https://zdravaglava.si/my_keywords/enostavni-sladkorji/ (2. 2. 2025)

<https://sl.wikipedia.org/wiki/Ma%C5%A1%C4%8Dobe> (2. 2. 2025)

<https://www.moja-lekarna.com/salvit-acidorelief-24-zvecljivih-tablet> (2. 2. 2025)

Biologija 8: Zvezek za aktivno učenje (2. del). 1. izd., 7. ponatis. Ljubljana: ISBN. 978-961-271-359-1

Kemija danes 2: Učbenik za kemijo v 9. razredu osnovne šole. 1. izd., 1. natis, dotis. Ljubljana: DZS. 978-961-02-0646-0

6.1 Viri slik:

Slika 1: <https://nasetelo.splet.arnes.si/files/2022/01/PRSNI-KOS2.png> (6. 1. 2025)

Slika 2: <https://cukerblog.si/wp-content/uploads/2020/08/zuj6zjz6z-1.png> (5. 1. 2025)

Slika 3:

https://si.izzi.digital/DOS/510928/datastore/17/publication/510928/pictures/2023/07/31/fd366ba8d9b0c213b7ee48ecee367c77_nit5_m1u1_kroznik.png (5. 1. 2025)

Slika 4:

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/8/81/Triosephosphate_isomerase.jpg/640px-Triosephosphate_isomerase.jpg (7. 1. 2025)

Slika 5: https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQ1p7JGX32hsCLAVtn8qlxukL1_plhCwE-8og&s (21. 11. 2024)

Slika 6:

https://static.wixstatic.com/media/3923b5_4a424aa9e7f64cd79ba5b8adab3fed87~mv2.png/v1/fill/w_980,h_653,al_c,q_90,usm_0.66_1.00_0.01,enc_auto/3923b5_4a424aa9e7f64cd79ba5b8adab3fed87~mv2.png (7. 1. 2025)

Slika 7: <https://www.zakisanost.net/wp-content/uploads/2021/11/ph-1.jpg> (7. 1. 2025)

Slika 8: <https://si.openprof.com/ge/images/213/indikatorji.png> (7. 1. 2025)

Slika 9: <https://shop.craftunity.si/wp-content/uploads/2023/03/ph-listici-600x645.jpg> (7. 1. 2025)

Slika 10: <https://www.plantea.com.hr/wp-content/uploads/2015/06/kamilica-21.jpg> (31. 1. 2025)

Slika 11: <https://www.milnica.si/wp-content/uploads/2017/10/ph-listici.jpg> (2. 2. 2025)