

VPLIV NARAVNIH KATALIZATORJEV NA RAZPAD VODIKOVEGA PEROKSIDA

Vid Kodrič in Val Povalej

8. razred

Mentorica: Petra Škofic Valjavec, prof.

Kemija

Raziskovalna naloga

2021, Ljubljana

Osnovna šola Vižmarje - Brod

Vsebina

1. UVOD	4
2. TEORETIČNI DEL.....	5
2.1 Vodikov peroksid	5
2.1.1 Lastnosti vodikovega peroksida	5
2.1.2 Razpad vodikovega peroksida	5
2.1.3 Redoks reakcije.....	5
2.1.4 Uporaba vodikovega peroksida.....	6
2.1.5 Prisotnost vodikovega peroksida v naravi.....	7
2.1.6 Varnost pri uporabi vodikovega peroksida	7
2.2 Katalizatorji.....	8
2.2.1 Manganov dioksid	8
2.2.2 Encimi, naravni katalizatorji	9
3. EKSPRIMENTALNI DEL	11
3.1 Poskus brez trenja vzorcev s kremenčevim peskom	11
3.1.1 Pripomočki, kemikalije in viri katalizatorjev	11
3.1.2 Opis dela	12
3.1.2.1 Vzorec krompirja	13
3.1.2.2 Vzorec korenja.....	14
3.1.2.3 Vzorec hrena.....	15
3.1.2.4 Vzorec jeter	16
3.1.2.5 Vzorec kvasa	17
3.1.2.6 Vzorec z manganovim dioksidom.....	18
3.2 Poskus s trenjem vzorcev s kremenčevim peskom.....	19
3.2.1 Pripomočki, kemikalije in viri katalizatorjev	19
3.2.2 Opis dela	19
3.2.2.1 Vzorec krompirja	20
3.2.2.2 Vzorec korenja.....	21
3.2.2.3 Vzorec hrena.....	22
3.2.2.4 Vzorec jeter	23
3.2.2.5 Vzorec kvasa	24
3.2.2.6 Vzorec manganovega dioksida.....	25
4. REZULTATI.....	26
4.1 Rezultati poskusa brez trenja vzorcev s kremenčevim peskom	26
4.2 Rezultati poskusa s trenjem vzorcev s kremenčevim peskom	27
5. DISKUSIJA.....	28

6. ZAKLJUČEK	30
7. VIRI.....	31

Kazalo slik

Slika 1: Delovanje encima. (Vir Delo).....	9
Slika 2: Uporabljeni vodikov peroksid, narezani, naribani ali raztopljeni 2,5 gramski vzorci. Foto: Val Povalej	12
Slika 3: Natehtana 2,5 gramski vzorca kvasa in MnO ₂ ter dodajanje vodikovega peroksida v merilni valj. Foto: Val Povalej	12
Slika 4: Reakcija razpada vodikovega peroksida po dodanem vzorcu krompirja. Foto: Vid Kodrič in Val Povalej	13
Slika 5: Reakcija razpada vodikovega peroksida po dodanem vzorcu korenja. Foto: Vid Kodrič in Val Povalej	14
Slika 6: Reakcija razpada vodikovega peroksida po dodanem vzorcu hrena. Foto: Vid Kodrič in Val Povalej	15
Slika 7: Reakcija razpada vodikovega peroksida po dodanem vzorcu jeter. Foto: Vid Kodrič in Val Povalej	16
Slika 8: Reakcija razpada vodikovega peroksida po dodanem vzorcu kvasa. Foto: Vid Kodrič in Val Povalej	17
Slika 9: Reakcija razpada vodikovega peroksida po dodanem vzorcu manganovega dioksida. Foto: Vid Kodrič in Val Povalej	18
Slika 10: Reakcija razpada vodikovega peroksida po dodanem vzorcu krompirja strtega s kremenčevim peskom. Foto: Vid Kodrič.....	20
Slika 11: Reakcija razpada vodikovega peroksida po dodanem vzorcu korenja strtega s kremenčevim peskom. Foto: Vid Kodrič	21
Slika 12: Reakcija razpada vodikovega peroksida po dodanem vzorcu hrena strtega s kremenčevim peskom. Foto: Vid Kodrič	22
Slika 13: Reakcija razpada vodikovega peroksida po dodanem vzorcu jeter, ki je bil strt s kremenčevim peskom. Foto: Vid Kodrič	23
Slika 14: Reakcija razpada vodikovega peroksida po dodanem vzorcu kvasa strtega s kremenčevim peskom. Foto: Vid Kodrič	24
Slika 15: Reakcija razpada vodikovega peroksida po dodanem vzorcu manganovega dioksida strtega s kremenčevim peskom. Foto: Vid Kodrič.....	25

Kazalo tabel

Tabela 1: Pripomočki, kemikalije in viri katalizatorjev uporabljeni v poskusu brez trenja vzorcev s kremenčevim peskom.....	11
Tabela 2: Pripomočki, kemikalije in viri katalizatorjev uporabljeni v poskusu s trenjem vzorcev s kremenčevim peskom.....	19
Tabela 3: Količina izmerjene pene nastale pri razpadu vodikovega peroksida po dodatku različnih virov katalizatorjev.....	26
Tabela 4: Količina izmerjene pene nastale pri razpadu vodikovega peroksida po dodatku različnih virov katalizatorjev.....	27

Kazalo grafikonov

Grafikon 1: Količina izmerjene pene nastale pri razpadu vodikovega peroksida po dodatku različnih virov katalizatorjev.....	26
Grafikon 2: Količina izmerjene pene nastale pri razpadu vodikovega peroksida po dodatku različnih virov katalizatorjev.....	27

Povzetek

Raziskovala sva, kako naravni katalizatorji vplivajo na razpad vodikovega peroksida. V nalogi so predstavljene značilnosti vodikovega peroksida in katalizatorjev na podlagi informacij iz strokovne literature in elektronskih virov. Večino poskusov, s katerimi sva ugotavljala učinkovitost različnih encimov, sva zaradi zaprtja šol opravila doma. Različne vire katalizatorjev sva dodajala vodikovemu peroksidu in izmerila učinkovitost katalizatorja. Ugotovila sva, da se najučinkovitejši biokatalizatorji (encimi) za katalizo vodikovega peroksida nahajajo v kvasu. Sledil jim je anorganski katalizator manganov dioksid. Primerjala sva rezultate poskusov brez trenja vzorcev virov encimov z rezultati poskusov s trenjem vzorcev s kremenčevim peskom in ugotovila, da najučinkovitejša kataliza poteka pri vzorcih strtih s peskom.

Ključne besede: vodikov peroksid, kataliza, encim, katalizator in kremenčev pesek.

1. UVOD

V raziskovalni nalogi bova opazovala razpad vodikovega peroksida. Z njim se ljudje pogosto srečujejo v vsakodnevnem življenju. Uporablja se namreč za veliko namenov, na primer kot razkužilo v zdravstvu ali pa kot čistilo za rane. Najde se tudi v marsikateri mizarski delavnici, saj se uporablja kot belilo za les. Kupi se lahko tudi v drogerijah, kot belilo za lase in prav ta vodikov peroksid je imel za naju poseben pomen. Zaradi epidemije Covida-19 in dela od doma, namreč nisva imela na voljo kemikalij iz šole. Tako sva se morala znajti in uporabiti vodikov peroksid iz drogerije (H_2O_2 za razbarvanje las). Zakaj pa sva si izbrala to temo za raziskovalno nalogo? Oba imava rada kemijo in ob eksperimentiranju uživava. Tako sva nekoč tudi izvedla poskus razpada H_2O_2 s kvasom in takrat naju je pritegnilo vprašanje, zakaj vodikov peroksid razpade. Ko sva o tem malo pobrskala po učbenikih, sva odkrila, da razpad povzročijo katalizatorji. Večina bolj znanih katalizatorjev je anorganskih in so lahko tudi nevarne snovi (KI, MnO_2 ...), a odkrila sva, da obstajajo tudi naravni katalizatorji, ki jih najdemo v vsakdanjem življenju. To so encimi, ki se nahajajo v kvasu, jetrih, korenju, krompirju, hrenu ... Te snovi sva se odločila raziskovati in z njimi eksperimentirati tudi v tej nalogi. In tako so se nama postavila vprašanja, s katerimi sva se lotila te naloge.

Raziskovalna vprašanja

Iskala sva odgovore na naslednja raziskovalna vprašanja:

- Ali razkroj vodikovega peroksida učinkoviteje katalizirajo organski katalizatorji (encimi) ali anorganski katalizatorji?
- Katera naravna snov (encim) najhitreje katalizira H_2O_2 ?
- Ali velikost delčkov jeter, kvasa, korenja, krompirja in hrena vpliva na hitrost katalize H_2O_2 ?

Hipoteze

- Anorganski katalizator (MnO_2) bo najučinkoviteje kataliziral vodikov peroksid.
- Najbolje izmed biokatalizatorjev bodo H_2O_2 katalizirali encimi v kvasu in svinjskih jetrih.
- Velikost delčkov biološkega vzorca vpliva na hitrost reakcije – hitrejša je pri manjših delcih snovi.

2. TEORETIČNI DEL

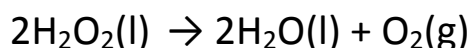
2.1 Vodikov peroksid

2.1.1 Lastnosti vodikovega peroksida

Vodikov peroksid je anorganska snov s formulo H_2O_2 . Je spojina z enojno vezjo med kisikoma in enojno vezjo med vodikom in kisikom. Čisti, 100% vodikov peroksid, je malo bolj viskozna tekočina od vode in je modrikaste barve. Je vodikov oksid in močan oksidant. Prodaja se v raztopini kot razkužilo in belilo. Čisti vodikov peroksid ima malo nižje tališče kot voda in sicer pri $-0,43\text{ }^\circ\text{C}$.

2.1.2 Razpad vodikovega peroksida

Ker je vodikov peroksid dokaj nestabilen, na svetlobi razpade na vodo in kisik. Višja kot je koncentracija, temperatura in pH vrednost raztopine H_2O_2 , hitreje ta razpade. Njegov razpad pospešimo s katalizatorji. Ti so lahko anorganski (MnO_2 , KI , AlI_3 ...) ali organski. Katalizira ga večina prehodnih kovin ter njihovih spojin. Naravni katalizatorji, ki pospešujejo razpad vodikovega peroksida, so encimi peroksidaze. Spadajo med oksidoreduktaze. Razpad vodikovega peroksida poteka po naslednji kemijski enačbi:



Vodikov peroksid je kemična snov, ki nastaja kot stranski produkt pri kemijskih reakcijah v živih celicah. Ker je strupen, ga mora celica takoj razgraditi.

H_2O_2 je najstabilnejši v bolj kislih in razredčenih raztopinah. Shranjevati ga je treba v zaprtih posodah, ki ne prepuščajo svetlobe, saj tudi ta povzroči razpad vodikovega peroksida. Pri razpadu nastaneta voda in kisik. Tega lahko dokažemo s tlečo trsko, ki zažari. Pri razpadu pa nastaja tudi toplota, zato je to eksotermna kemijska reakcija.

2.1.3 Redoks reakcije

Razpad vodikovega peroksida je redoks reakcija, pri kateri kisik spremeni oksidacijsko število iz -1 na 0 . Pri redoks reakcijah atomi namreč spremenijo svoje oksidacijsko število. Reakciji

oksidacije in redukcije potekata istočasno. Reakcija oksidacije pomeni oddajanje elektronov. Snov, ki oddaja elektrone je reducent. Pri tem se atomu, ki oddaja elektrone, oksidacijsko število poveča. Reakcija redukcije pomeni sprejemanje elektronov. Snov, ki sprejema elektrone, je oksidant. Pri tem se atomu, ki sprejme elektrone, oksidacijsko število zmanjša. Reducent oddaja elektrone oksidantu.

2.1.4 Uporaba vodikovega peroksida

Uporaba v industriji

Vodikov peroksid se v industriji večinoma uporablja za beljenje celuloze in papirja. Razpade na okolju prijazna produkta, kisik in vodo, in se v naravi ne akumulira. Uporablja se tudi v proizvodnji natrijevega perkarbonata ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}_2$) in natrijevega perborata ($\text{NaBO}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$), ki delujeta kot belilno sredstvo v detergentih za pranje perila. Vodikov peroksid se lahko uporablja za čiščenje odpadnih voda v čistilnih napravah.

Uporaba v zdravstvu

Vodikov peroksid se prišteva med okolju prijazna belila in je nadomestek za klorova belila. Uporablja se lahko tudi za razkuževanje različnih površin, ameriška FDA pa ga obravnava tudi kot varno antibakterijsko sredstvo. V bolnišnicah se v nekaterih primerih izkaže kot neučinkovit, zato je za razkuževanje priporočljivo uporabiti klorovo belilo. V preteklosti so ga zaradi nizkih stroškov in lahke dostopnosti v primerjavi z drugimi antiseptiki pogosto uporabljali za razkuževanje ran. Zdaj velja za snov, ki lahko odloži celjenje in povzroči brazgotine, ker uničuje novonastale kožne celice. Zdravljenje lahko sproži samo v zelo nizkih koncentracijah, in če se ne uporabi večkrat.

Uporaba v pogonskih gorivnih

Zelo koncentriran vodikov peroksid je lahko samostojno pogonsko gorivo za reakcijske motorje ali oksidant v kombinaciji z drugimi gorivi. V štiridesetih in petdesetih letih 20. stoletja se je za pogon podmornic med plovbo pod površino uporabljala Walterjeva turbina na vodikov peroksid. Turbina je bila preglasna in je zahtevala več vzdrževanja v primerjavi z

dizelskim motorjem, zato so jo opustili. Vodikov peroksid se je uporabljal tudi kot gorivo ali oksidant v nekaterih vrstah torpedov, vendar so ga iz varnostnih razlogov opustili. Uhajanje vodikovega peroksida je domnevni vzrok za potop britanske podmornice Seton (P259) in ruske podmornice Kursk. Torpedo 2000, ki ga je razvil SAAB in ga uporablja švedska vojna mornarica, poganja batni motor na kerozin in vodikov peroksid.

Druga raba

V gospodinjstvih se uporablja predvsem kot čistilo in razkužilo. V kozmetične namene se uporablja za beljenje las.

2.1.5 Prisotnost vodikovega peroksida v naravi

Vodikov peroksid je prisoten v deževnici, absorbira se namreč pri tvorbi vodnih kapljic, ki padajo skozi plasti ozračja, kjer je prisoten ozon. Njegovo prisotnost so biokemiki odkrili tudi v čebeljem medu, kot stranski produkt delovanja encima glukozne oksidaze v žlezah čebel.

V človeškem telesu je H_2O_2 potreben za vrsto kemičnih reakcij. Najdemo ga v materinem mleku, kjer ima pomembno vlogo pri krepitvi imunskega sistema. S ciljem zmanjševanja mikroorganizmov, ga v telesu tvorijo bele krvničke. H_2O_2 je prisoten tudi v zelenjavi in sadju.

2.1.6 Varnost pri uporabi vodikovega peroksida

Vodikov peroksid je zdravju nevaren in mora biti zato opremljen z varnostnim listom. Zelo koncentriran peroksid je močan oksidant, ki najeda številne materiale, med njimi tudi človeško kožo. Vodikov peroksid s koncentracijami preko 40 % je nevaren tudi za okolje. Vodikov peroksid lahko povzroči več nevarnosti, od katerih je najbolj nevarna tvorba eksplozivnih zmesi z organskimi spojinami. Razredčene raztopine za domačo rabo so jedke in dražijo oči, sluznico in kožo. Še posebej nevarno je zaužitje, ker se v želodcu razgradi in sprosti veliko količino plina, ki povzroči notranje krvavitve. Nevarne so lahko tudi pare vodikovega peroksida. Vdihavanje več kot 10 % vodikovega peroksida lahko povzroči hudo

draženje pljuč. Ameriški Nacionalni inštitut za zdravje in varstvo pri delu je izračunal zgornjo dopustno koncentracijo v zraku 1 ppm. Vodikov peroksid je razvrščen tudi med snovi, ki pri živalih povzročajo raka, z neznanim vplivom na človeka.

Vodikov peroksid se mora hraniti v hladnem, suhem in dobro prezračenem prostoru, v katerem ni vnetljivih ali gorljivih snovi. Posode morajo biti iz inertnih gradiv, kot so nerjaveče jeklo, steklo, plastika in aluminijeve zlitine. Posode morajo biti neprozorne, ker se vodikov peroksid na svetlobi hitro razgradi. Laboratorijske steklenice so zato običajno iz rjavega stekla, ki filtrira svetlobo.

2.2 Katalizatorji

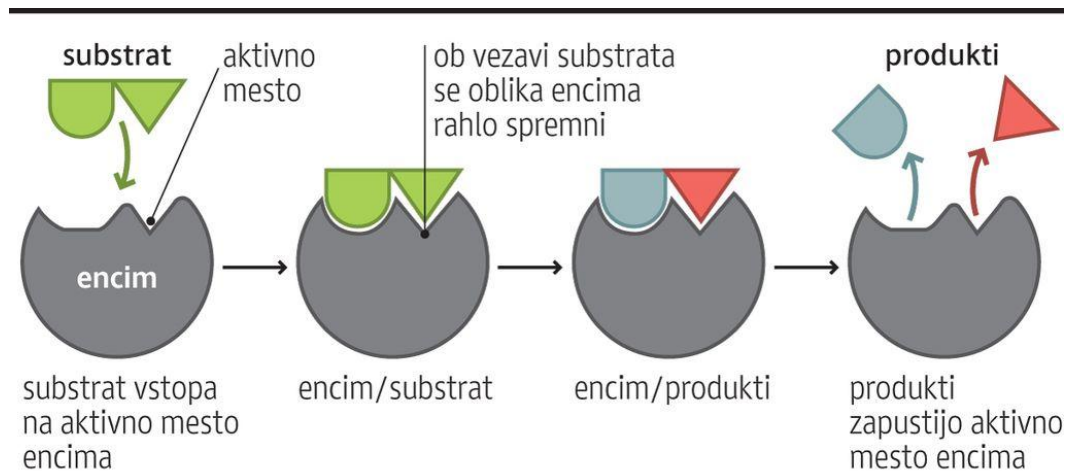
Katalizatorji so snovi, ki povečajo hitrost kemijske reakcije, a se same tekom kemijske reakcije ne spremenijo. Ta proces imenujemo kataliza. Katalizatorji delujejo tako, da zmanjšajo aktivacijsko energijo reakcije. Aktivacijska energija je energija, potrebna za razcep vezi med reaktanti v kemijski reakciji. Katalizator, ki je uporabljen v reakciji, zapišemo nad puščico v reakciji. Katalizator, ki poveča hitrost ene reakcije, ne učinkuje nujno na drugo.

Katalizator je lahko v istem agregatnem stanju kot substrat, govorimo o homogeni katalizi, lahko pa je katalizator v drugem agregatnem stanju, govorimo o heterogeni katalizi. Ker katalizator deluje s svojo površino, je tudi pri katalizatorju pomembno, da je za uspešno katalizo njegova površina čim večja.

2.2.1 Manganov dioksid

Manganov dioksid je anorganska spojina s kemijsko formulo MnO_2 . Je črn ali temno rjav. Največ manganovega dioksida se porabi za proizvodnjo (predvsem alkalnih) baterij, kot pigment, barvilo za vijolično steklo in surovina za druge manganove spojine, na primer kalijev permanganat ($KMnO_4$). Uporablja se tudi kot anorganski pigment v keramični industriji in industriji stekla. Manganov dioksid je bil ena od prvih naravnih snovi, ki so jih človekovi predniki vsaj od srednjega paleolitika naprej uporabljali kot pigmente. Sprva so ga uporabljali za poslikavanje teles, kasneje tudi za poslikavanje jamskih domovanj.

2.2.2 Encimi, naravni katalizatorji



Slika 1: Delovanje encima. (Vir Delo)

Encimi so katalizatorji, ki jih najdemo v organizmih in pospešujejo hitrost reakcije v naravnih kemijski procesih, uvrščamo jih med biokatalizatorje. Encimi so pomembna vrsta globularnih beljakovin. Znanih je več kot 1500 različnih encimov. Makromolekula encima ima aktivno mesto, na katero se veže substrat. Substrat je molekula, na katero deluje encim oziroma pospešuje njeno pretvorbo v produkt. Na encimsko dejavnost vplivajo mnogi dejavniki: temperatura, pH, koncentracija substrata in encima, nekateri antibiotiki (zavirajo delovanje specifičnih bakterijskih encimov).

Katalaza

Encim katalazo najdemo pri skoraj vseh organizmih, razen pri anaerobnih, za katere je kisik v katalazi strupen. Katalaza je prisotna tako pri evkariontih kot pri prokariontih. Pri človeku se nahaja v jetrih, najdemo pa jo tudi v eritrocitih. Katalizira kemijsko reakcijo, pri kateri pride do razkroja toksičnega vodikovega peroksida, ki nastaja kot stranski produkt pri kemičnih reakcijah v živih celicah. Tega katalizira na dve molekuli vode in molekulo kisika. Katalaza je encim s skoraj največjim pretvorbenim številom med encimi in sicer ena molekula katalaze lahko razgradi milijon molekul H_2O_2 vsako sekundo. Katalaza pri človeku najbolje deluje pri pH 7. Pri drugih organizmih je najugodnejši pH od 4 do 11, saj so katalaze pri vsakem

organizmu drugačne. Katalazo so odkrili leta 1818. Louis Jacques Thénard, ki je odkril H_2O_2 , vodikov peroksid, je domneval, da katalaza sodeluje pri razgradnji vodikovega peroksida. Katalaza se uporablja za odstranjevanje vodikovega peroksida iz mleka v proizvodnji sirnih izdelkov. Uporablja se tudi v tekstilni industriji in sicer za odstranjevanje vodikovega peroksida iz vlaken. Katalaza pa se nahaja tudi kvasu oziroma kvasovkah. Kvasovke so pravzaprav enocelični organizmi, zato je tudi encim katalaza pri teh celicah bolj dostopen in lažje katalizira H_2O_2 .

3. EKSPRIMENTALNI DEL

Pri poskusu sva uporabila vodikov peroksid, ki je na voljo v drogerijah in so mu primešane (ali dodane) še druge snovi. Kot katalizatorje sva uporabila manjše količine krompirja, korenja, hrena, jeter, kavsa in MnO_2 . Pri eksperimentih sva potrebovala še laboratorijski pribor in sicer: merilne valje, tehtnico, urna stekelca, čaše, žličko, nož... Pri prvem poskusu sva rastlinske vzorce in jetra najprej naribala oziroma narezala in jih dodala v H_2O_2 . Ta poskus sva izvedla v dveh ponovitvah. Pri drugem poskusu pa sva naribane oziroma narezane vzorce strla skupaj s kremenčevim peskom, kar je služilo mehanski obdelavi. S trenjem vzorcev sva namreč mehansko uničila celične stene in membrane, da so se tako lahko sprostil encimi iz peroksisomov v notranjosti celice.

3.1 Poskus brez trenja vzorcev s kremenčevim peskom

3.1.1 Pripomočki, kemikalije in viri katalizatorjev

Tabela 1: Pripomočki, kemikalije in viri katalizatorjev uporabljeni v poskusu brez trenja vzorcev s kremenčevim peskom.

PRIPOMOČKI

- Merilni valj (100mL 50mL in 250mL)
- čaša (100mL)
- petrijevka
- laboratorijska tehtnica
- žlička
- nož
- ribežen
- kapalka
- štoparica

KEMIKAJIJE in VIRI KATALIZATORJEV

- Vodikov peroksid, H_2O_2 (12%)



jedko akutno nevarno oksidativno
- manganov dioksid (MnO_2)



- mutageno,
rakovno (velja za MnO_2 ob
dolgotrajni izpostavljenosti)
- prašek za pomivanje posode
 - kvas
 - korenje
 - krompir
 - hren
 - svinjska jetra
 - destilirana voda



Slika 2: Uporabljeni vodikov peroksid, narezani, naribani ali raztopljeni 2,5 gramski vzorci. Foto: Val Povalej

3.1.2 Opis dela

Za poskus sva uporabila šest različnih vzorcev: od tega pet različnih virov biokatalizatorjev (korenje, krompir, hren, jetra, kvas) in en anorganski katalizator MnO₂. Natehtala sva 2,5 g posameznega vzorca (2,5 g kvasa sva raztopila v 20 mL destilirane vode). Posamezne vzorce sva dala v ločene merilne valje, v katerih je bilo 5 ml H₂O₂ in 3 mL praška za pomivanje posode. Ko je vzorec prišel v stik z vodikovim peroksidom, se je začelo odšteti 60 sekund. Po 1 minuti sva v merilnem valju odčitala količino nastale pene v mL. Izvedla sva dve ponovitvi tega poskusa. Rezultate sva nato vnesla v tabelo.

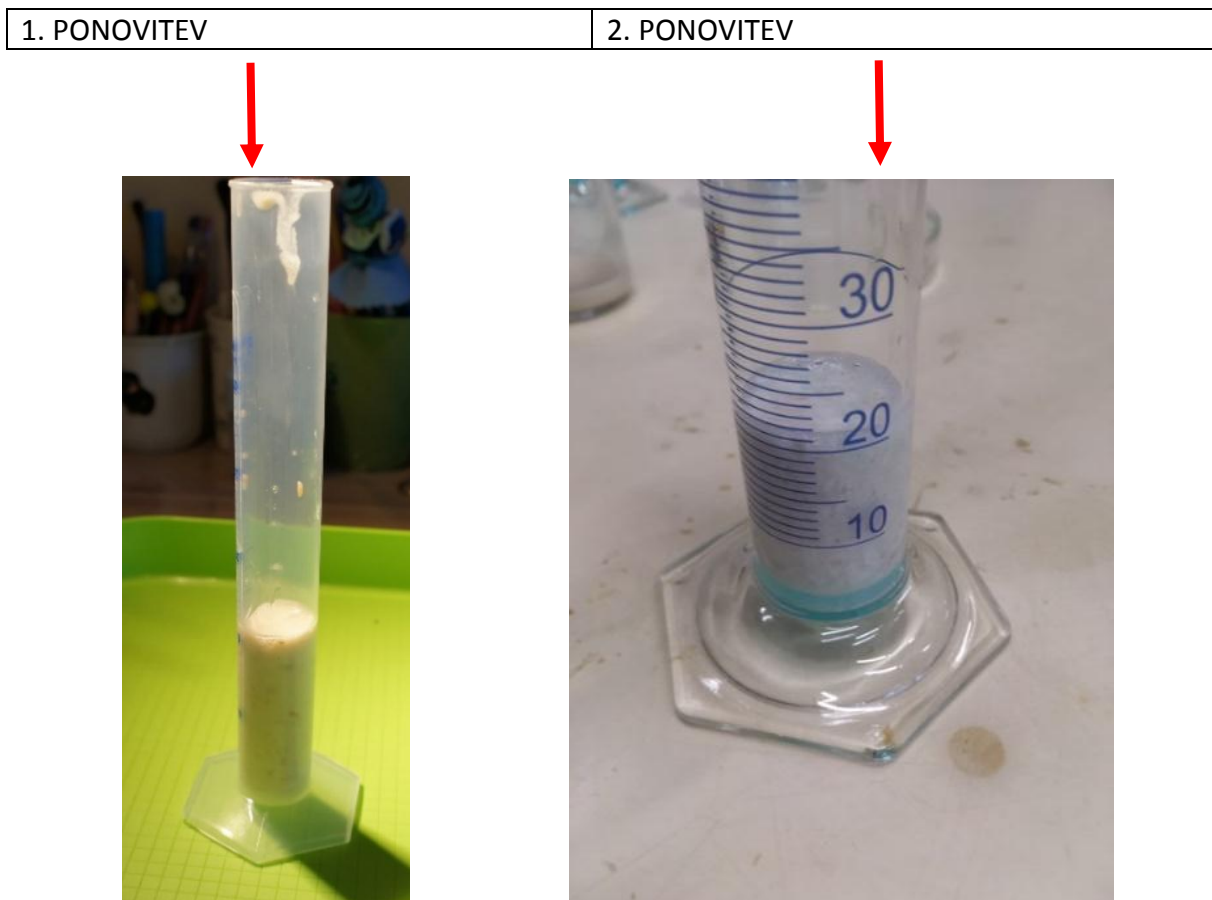
Pri delu sva zaradi epidemije covid-19 in s tem dela od doma, uporabljala izključno snovi, ki so bile na voljo v živilski trgovinah in drogerijah. Tako sva vodikov peroksid kupila v drogeriji, kot pripomoček za razbarvanje las. Ostale snovi sva kupila v navadnih živilskih trgovinah. Manganov dioksid pa sva si po dogovoru z mentorico izposodila iz šole. Enega izmed poskusov pa smo lahko izvedli v šoli zadnji teden februarja, ko so se šole znova odprle.



Slika 3: Natehtana 2,5 gramski vzorca kvasa in MnO₂ ter dodajanje vodikovega peroksida v merilni valj. Foto: Val Povalej

3.1.2.1 Vzorec krompirja

Na tehnici sva natehtala 2,5g neolupljenega in naribanega krompirja. Nato sva v merilni valj namerila 5mL vodikovega peroksida in s kapalko dodala 3mL detergenta za pomivanje posode. Nariban krompir sva stresla v valj in ko se je krompir dotaknil H_2O_2 , sva s štoparico začela odšteti 60 sekund. Po 1 minuti sva odčitala, do katere oznake je prišla pena in to zapisala v tabelo. Izvedla sva dve ponovitvi.

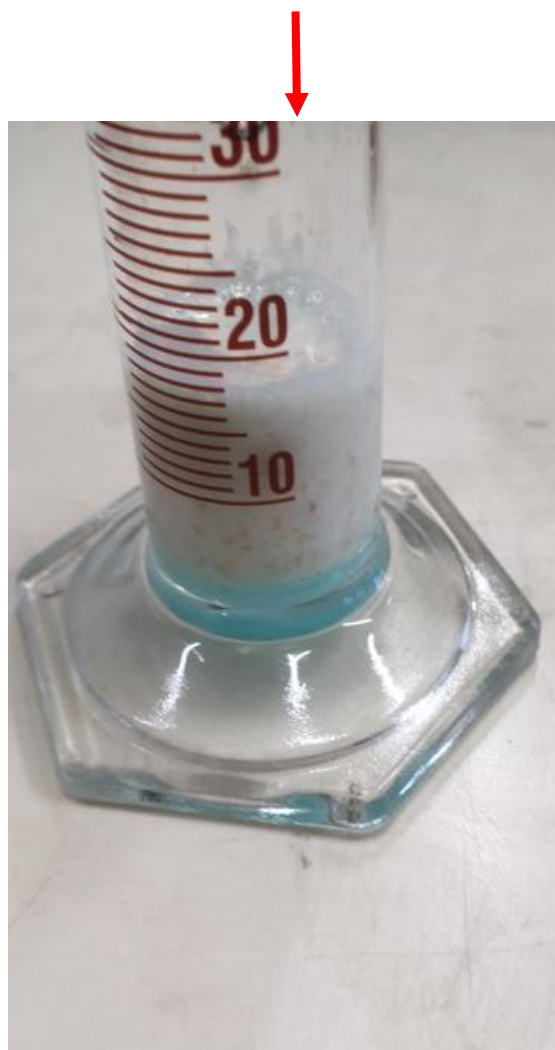


Slika 4: Reakcija razpada vodikovega peroksida po dodanem vzorcu krompirja. Foto: Vid Kodrič in Val Povalej

3.1.2.2 Vzorec korenja

Na tehnici sva natehtala 2,5g neolupljenega, naribanega korenja. Nato sva v merilni valj namerila 5mL vodikovega peroksida in s kapalko dodala 3mL detergenta za pomivanje posode. Naribano korenje sva stresla v valj in ko se je korenje dotaknilo H_2O_2 , sva s štoparico začela odšteti 60 sekund. Po 1 minuti sva odčitala, do katere oznake je prišla pena in to zapisala v tabelo. Izvedla sva dve ponovitvi.

1. PONOVIČEV	2. PONOVIČEV
--------------	--------------

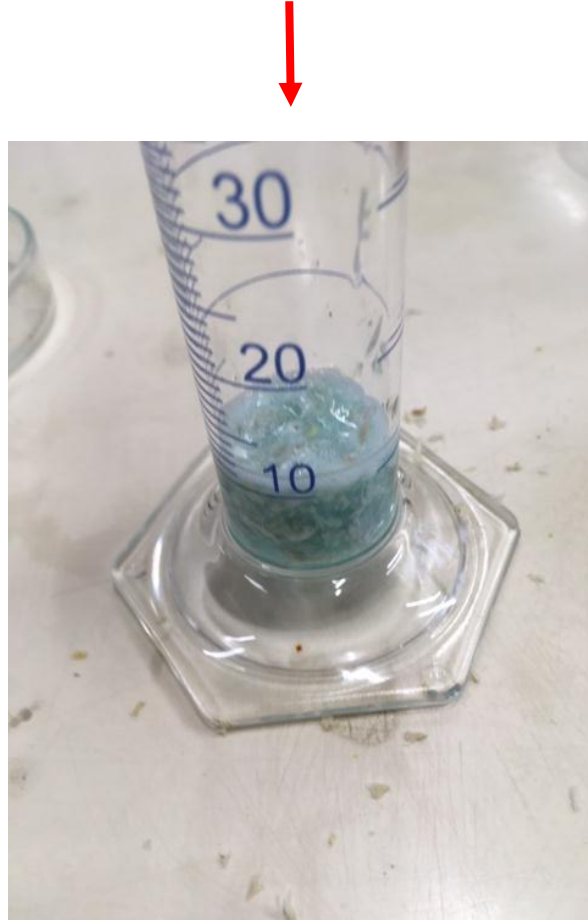


Slika 5: Reakcija razpada vodikovega peroksida po dodanem vzorcu korenja. Foto: Vid Kodrič in Val Povalej

3.1.2.3 Vzorec hrena

Na tehnici sva natehtala 2,5g neolupljenega naribanega hrena. Nato sva v merilni valj namerila 5mL vodikovega peroksida in s kapalko dodala 3mL detergenta za pomivanje posode. Nariban hren sva stresla v valj in ko se je hren dotaknil H_2O_2 , sva s štoparico začela odšteti 60 sekund. Po 1 minuti sva odčitala, do katere oznake je prišla pena in to zapisala v tabelo. Izvedla sva dve ponovitvi.

1. PONOVI TEV	2. PONOVI TEV
---------------	---------------



Slika 6: Reakcija razpada vodikovega peroksida po dodanem vzorcu hrena. Foto: Vid Kodrič in Val Povalej

3.1.2.4 Vzorec jeter

Na tehnici sva natehtala 2,5g narezanih majhnih koščkov jeter. Nato sva v merilni valj namerila 5mL vodikovega peroksida in s kapalko dodala 3mL detergenta za pomivanje posode. Narezana jetra sva stresla v valj in ko so se jetra dotaknila H_2O_2 , sva s štoparico začela odšteti 60 sekund. Po 1 minuti sva odčitala, do katere oznake je prišla pena in to zapisala v tabelo. Izvedla sva dve ponovitvi.

1. PONOVIČEV	2. PONOVIČEV
--------------	--------------

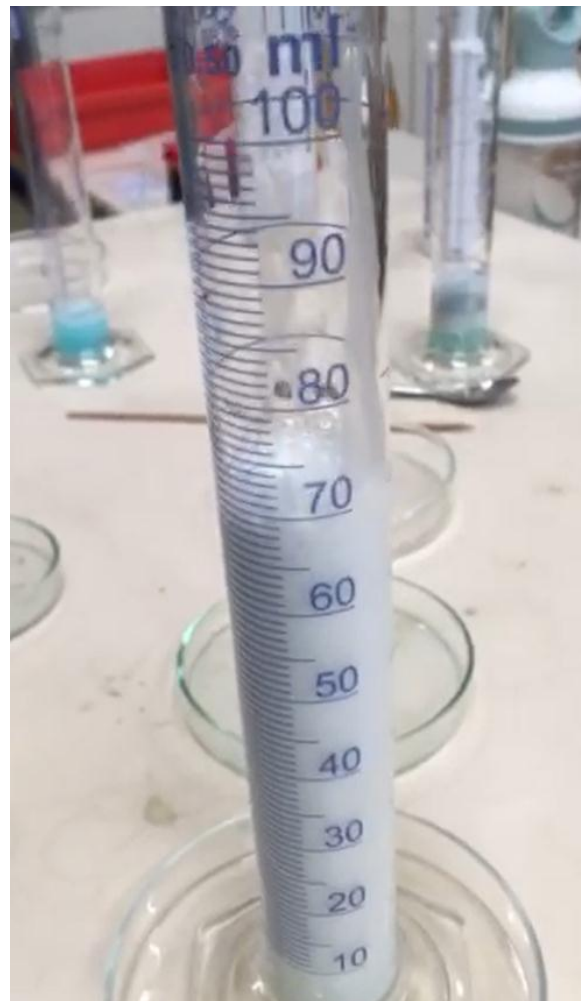


Slika 7: Reakcija razpada vodikovega peroksida po dodanem vzorcu jeter. Foto: Vid Kodrič in Val Povalej

3.1.2.5 Vzorec kvasa

Na tehnici sva natehtala 2,5g svežega kvasa. Tega sva raztopila v 20mL vode. Nato sva v merilni valj namerila 5mL vodikovega peroksida in s kapalko dodala 3mL detergenta za pomivanje posode. Suspenzijo kvasa sva zlila v valj in ko se je ta dotaknila H_2O_2 , sva s štoparico začela odštovati 60 sekund. Po 1 minuti sva odčitala, do katere oznake je prišla pena in to zapisala v tabelo. Izvedla sva dve ponovitvi.

1. PONOVI TEV	2. PONOVI TEV
---------------	---------------



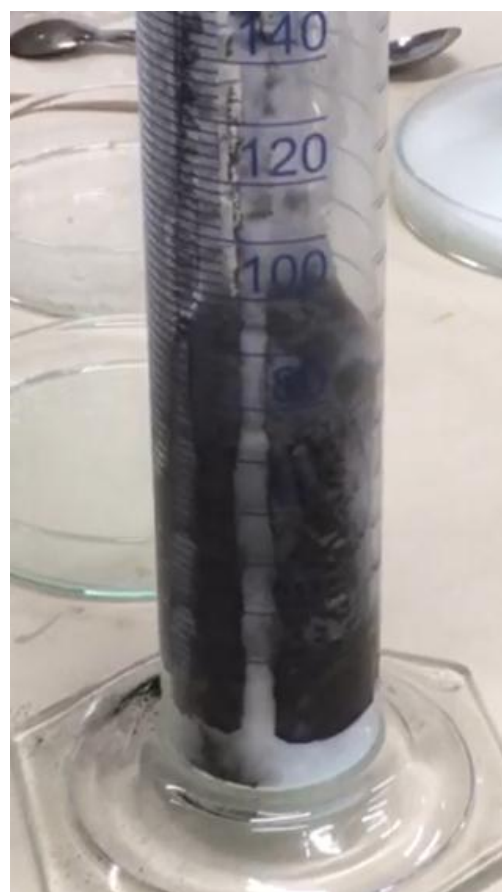
Slika 8: Reakcija razpada vodikovega peroksida po dodanem vzorcu kvasa. Foto: Vid Kodrič in Val Povalej

(Slika je nastala, ko reakcija še ni bila končana)

3.1.2.6 Vzorec z manganovim dioksidom

Na tehnični sva natehtala 2,5g manganovega dioksida. Nato sva v merilni valj namerila 5mL vodikovega peroksida in s kapalko dodala 3mL detergenta za pomivanje posode. MnO_2 sva stresla v valj in ko se je MnO_2 dotaknil H_2O_2 , sva s štoparico začela odšteti 60 sekund. Po 1 minuti sva odčitala, do katere oznake je prišla pena in to zapisala v tabelo. Izvedla sva dve ponovitvi.

1. PONOVIČEV	2. PONOVIČEV
--------------	--------------



Slika 9: Reakcija razpada vodikovega peroksida po dodanem vzorcu manganovega dioksida. Foto: Vid Kodrič in Val Povalej

3.2 Poskus s trenjem vzorcev s kremenčevim peskov

3.2.1 Pripomočki, kemikalije in viri katalizatorjev

Tabela 2: Pripomočki, kemikalije in viri katalizatorjev uporabljeni v poskusu s trenjem vzorcev s kremenčevim peskom.

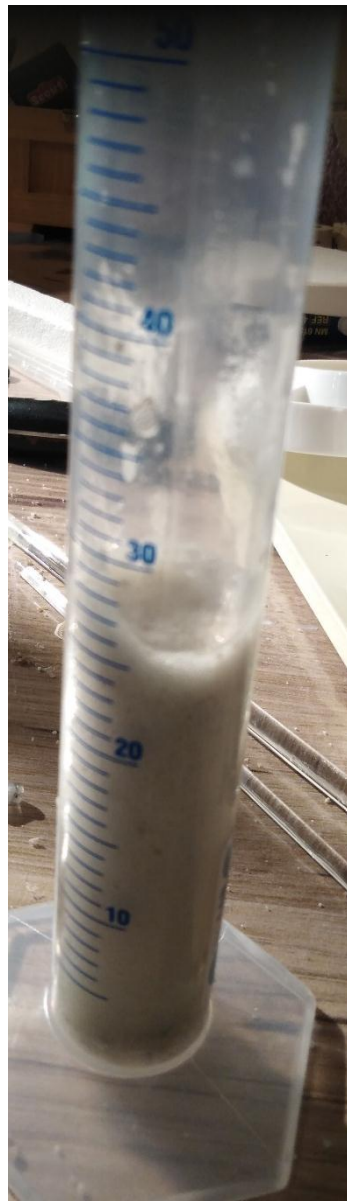
PRIPOMOČKI	KEMIKALIJE
- Merilni valj (50mL in 250mL)	- vodikov peroksid, H ₂ O ₂ (12%) 
- terilnica in pestilo	- manganov dioksid (MnO ₂) 
- urna stekelca	- prašek za pomivanje posode
- laboratorijska tehtnica	- kvas
- žlička	- korenje
- nož	- krompir
- ribežen	- hren
- kapalka	- svinjska jetra
- štoparica	- kremenčev pesek

3.2.2 Opis dela

Pri tem poskusu sva prav tako najprej naribala oziroma narezala posamezne vzorce in jih natehtala na 2,5g. Natehtala pa sva tudi 5g kremenčevega peska in ga skupaj s posameznim vzorcem stresla v terilnico. Vsak vzorec sva skupaj s kremenčevim peskom trla 2 minuti. Odmerila sva 5mL vodikovega peroksida ter mu dodala 3mL praška za pomivanje posode. Strte vzorce skupaj s peskom sva dodala v H₂O₂ in začela odšteti 60 sekund. Po 1 minuti sva rezultat odčitala in ga zapisala. Vzorce sva strla, da bi mehansko uničila celične stene in membrane, saj so encimi shranjeni v peroksisomih v notranjosti celice. Izvedla sva le eno ponovitev. Na koncu sva opravila tudi kontrolo samo s kremenčevim peskom brez vzorca, ki je pokazala, da kremenčev pesek ne katalizira vodikovega peroksida. Natehtala sva 5,0g kremenčevega peska ter ga stresla v valj s 5mL H₂O₂ in 3mL praška za pomivanje posod. Do reakcije ni prišlo (ni bilo dviga pene).

3.2.2.1 Vzorec krompirja

Na tehnici sva natehtala 2,5g neolupljenega in naribanega krompirja. Nato sva natehtala še 5,0g kremenovega peska in ga skupaj s krompirjem dala v terilnico. S pestilom sva 2 minuti vzorec trla ter ga stresla v merilni valj. V merilni valj sva pred tem namerila 5mL vodikovega peroksida in 3mL praška za pomivanje posode. Ko se je strt krompir s kremenovim peskom dotaknil H_2O_2 , sva začela odšteti 60 sekund. Po eni minuti sva odčitala, do katere oznake je prišla pena in to zapisala v tabelo. Izvedla sva le eno ponovitev.



Slika 10: Reakcija razpada vodikovega peroksida po dodanem vzorcu krompirja strtega s kremenčevim peskom. Foto: Vid Kodrič

3.2.2.2 Vzorec korenja

Na tehnici sva natehtala 2,5g neolupljenega in naribanega korenja. Nato sva natehtala še 5,0g kremenovega peska in ga skupaj s korenjem dala v terilnico. S pestilom sva 2 minuti vzorec trla ter ga stresla v merilni valj. V merilni valj sva pred tem namerila 5mL vodikovega peroksida in 3mL praška za pomivanje posode. Ko se je strto korenje s kremenovim peskom dotaknilo H_2O_2 , sva začela odšteti 60 sekund. Po eni minuti sva odčitala, do katere oznake je prišla pena in to zapisala v tabelo. Izvedle sva le eno ponovitev.



Slika 11: Reakcija razpada vodikovega peroksida po dodanem vzorcu korenja strtega s kremenčevim peskom. Foto: Vid Kodrič

3.2.2.3 Vzorec hrena

Na tehnici sva natehtala 2,5g neolupljenega in naribanega hrena. Nato sva natehtala še 5,0g kremenovega peska in ga skupaj s hrenom dala v terilnico. S pestilom sva 2 minuti vzorec trla ter ga stresla v merilni valj. V merilni valj sva pred tem namerila 5mL vodikovega peroksida in 3mL praška za pomivanje posode. Ko se je strt hren s kremenovim peskom dotaknil H_2O_2 , sva začela odštovati 60 sekund. Po eni minuti sva odčitala, do katere oznake je prišla pena in to zapisala v tabelo. Izvedla sva le eno ponovitev.



Slika 12: Reakcija razpada vodikovega peroksida po dodanem vzorcu hrena strtega s kremenčevim peskom. Foto: Vid Kodrič

3.2.2.4 Vzorec jeter

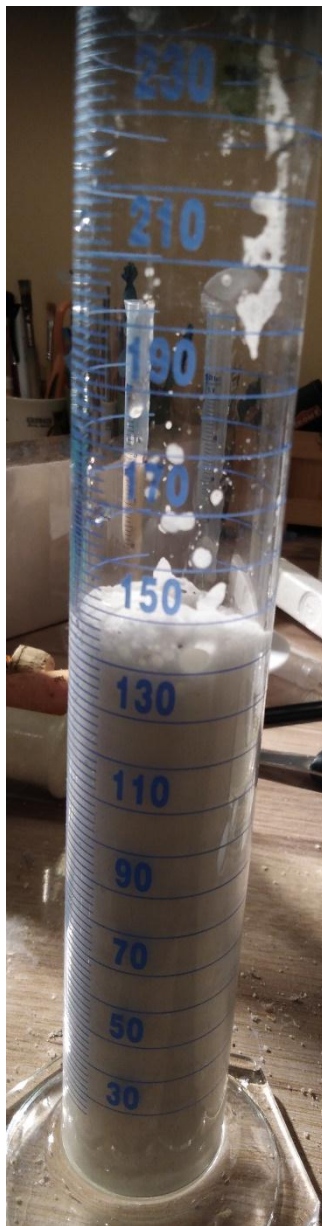
Na tehnicu sva natehtala 2,5g na drobno narezanih jeter. Nato sva natehtala še 5,0g kremenovega peska in ga skupaj z jetri dala v terilnico. S pestilom sva 2 minuti vzorec trla ter ga stresla v merilni valj. V merilni valj sva pred tem namerila 5mL vodikovega peroksida in 3mL praška za pomivanje posode. Ko so se strta jetra s kremenovim peskom dotaknil H_2O_2 , sva začela odštovati 60 sekund. Po eni minuti sva odčitala, do katere oznake je prišla pena in to zapisala v tabelo. Izvedla sva le eno ponovitev.



Slika 13: Reakcija razpada vodikovega peroksida po dodanem vzorcu jeter, ki je bil strt s kremenčevim peskom. Foto: Vid Kodrič

3.2.2.5 Vzorec kvasa

Na tehnici sva natehtala 2,5g svežega kvasa. Nato sva natehtala še 5,0g kremenovega peska in ga skupaj s kvasom dala v terilnico. S pestilom sva 2 minuti vzorec trla ter ga stresla v merilni valj. V merilni valj sva pred tem namerila 5mL vodikovega peroksida in 3mL praška za pomivanje posode. Ko se je strt kvas s kremenovim peskom dotaknil H_2O_2 , sva začela odštovati 60 sekund. Po eni minuti sva odčitala, do katere oznake je prišla pena in to zapisala v tabelo. Izvedla sva le eno ponovitev.



Slika 14: Reakcija razpada vodikovega peroksida po dodanem vzorcu kvasa strtega s kremenčevim peskom. Foto: Vid Kodrič

3.2.2.6 Vzorec manganovega dioksida

Na tehtnici sva natehtala 2,5 g MnO_2 . Nato sva natehtala še 5,0g kremenovega peska in ga skupaj z manganovim dioksidom dala v terilnico. S pestilom sva 2 minuti vzorec trla ter ga stresla v merilni valj. V merilni valj sva pred tem namerila 5mL vodikovega peroksida in 3mL praška za pomivanje posode. Ko se je strt MnO_2 s kremenovim peskom dotaknil H_2O_2 , sva začela odštovati 60 sekund. Po eni minuti sva odčitala, do katere oznake je prišla pena in to zapisala v tabelo. Izvedla sva le eno ponovitev.



Slika 15: Reakcija razpada vodikovega peroksida po dodanem vzorcu manganovega dioksida strtega s kremenčevim peskom. Foto: Vid Kodrič

4. REZULTATI

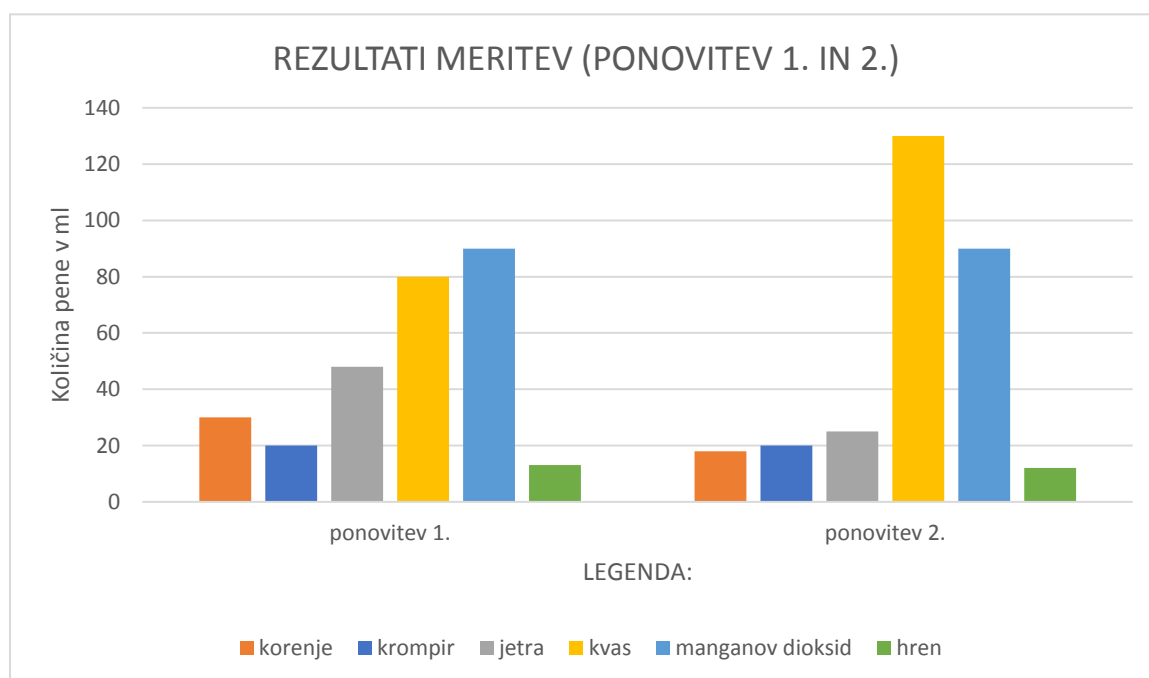
Rezultati predstavljajo opazovano količino pene, ki je nastala pri razpadu H_2O_2 ob dodatku različnih izvorov katalizatorjev, odčitano po 1 minuti. Vse poskuse sva izvajala pod enakimi pogoji in z enakimi količinami vzorcev katalizatorjev, vodikovega peroksida in detergenta za pomivanje posode.

4.1 Rezultati poskusa brez trenja vzorcev s kremenčevim peskom

Tabela 3: Količina izmerjene pene nastale pri razpadu vodikovega peroksida po dodatku različnih virov katalizatorjev.

Količina pene (mL)	KROMPIR	KORENJE	HREN	JETRA	KVAS	MnO ₂
Ponovitev 1.	20	30	13	48	80	90
Poskus 2.	20	18	12	25	130	90

Grafikon 1: Količina izmerjene pene nastale pri razpadu vodikovega peroksida po dodatku različnih virov katalizatorjev.

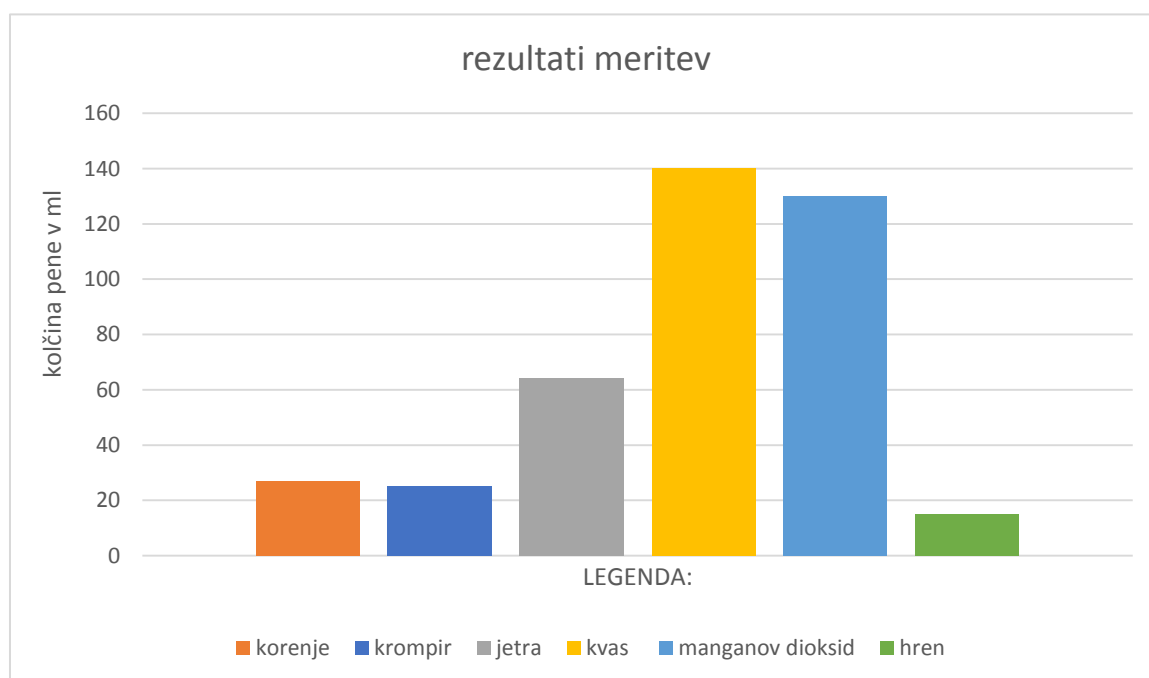


4.2 Rezultati poskusa s trenjem vzorcev s kremenčevim peskom

Tabela 4: Količina izmerjene pene nastale pri razpadu vodikovega peroksida po dodatku različnih virov katalizatorjev.

	KROMPIR	KORENJE	HREN	JETRA	KVAS	MnO ₂	KREMENČEV PESEK
količina pene (mL)	25	27	15	64	140	130	0

Grafikon 2: Količina izmerjene pene nastale pri razpadu vodikovega peroksida po dodatku različnih virov katalizatorjev.



Kremenčev pesek neposredno na reakcijo ni imel vpliva, saj sva izvedla kontrolni poskus samo s kremenčevim peskom in do katalize vodikovega peroksida ni prišlo.

5. DISKUSIJA

Z izvedenimi poskusi sva dobila rezultate, s katerimi poskušava odgovoriti na zastavljena raziskovalna vprašanja. Ali razkroj vodikovega peroksida učinkoviteje katalizirajo organski katalizatorji (encimi) ali anorganski katalizatorji, lahko natančno odgovoriva pri vzorcih krompirja, korenja, hrena, jeter in manganovega dioksida. Tu so rezultati jasno pokazali, da je bil bolj učinkovit anorganski katalizator, manganov dioksid. Pri vzorcu kvasa pri prvi ponovitvi poskusa brez trenja vzorcev s kremenčevim peskom ni bilo moč natančno odčitati dobljenega rezultata zaradi burne reakcije po dodatku vzorca kvasa v H_2O_2 in premajhnega merilnega valja (pena je šla čez rob valja), ter je bil rezultat samo približno ocenjen na 80 ml. Zato sva v drugi ponovitvi vzorca kvasa in pri poskusu s trenjem vzorca kvasa s kremenčevim peskom uporabila večji merilni valj in sva tako lahko natančno odčitala nastalo količino pene. Na podlagi teh dveh rezultatov sva torej lahko sklepala, da so encimi v kvasu učinkovitejši katalizator kot MnO_2 . Če povzameva, je torej od vseh obravnavanih virov katalizatorjev najučinkovitejši vir organskih katalizatorjev kvas, sledi pa mu anorganski katalizator manganov dioksid. S tem lahko ovrževa najino prvo hipotezo, da bo anorganski katalizator (MnO_2) najučinkoviteje kataliziral vodikov peroksid.

S temi rezultati odgovarjava tudi na drugo raziskovalno vprašanje, kateri naravni encim najhitreje katalizira H_2O_2 . To so bili torej encimi v kvasu, ki so daleč najhitreje katalizirali H_2O_2 . Po učinkovitosti so jim sledili encimi v jetrih, tem pa encimi v korenju, krompirju in hrenu. Tako ti dobljeni rezultati tudi potrjujejo najino drugo hipotezo, da bodo najbolje H_2O_2 katalizirali encimi v kvasu in svinjskih jetrih. Vzorec kvasa je bil sicer za razliko od drugih vzorcev raztopljen v vodi pri dveh ponovitvah brez trenja vzorca s kremenčevim peskom in bi bil to lahko razlog za boljšo katalizo, vendar so encimi iz kvasa najbolje katalizirali H_2O_2 tudi pri poskusu s trenjem vzorca, kjer pa kvas ni bil raztopljen v vodi, pač pa v obliki svežega (trdnega) kvasa. Tako verjetno kvas v raztopini ni razlog za učinkovitejšo katalizo. Razlog da H_2O_2 bolje katalizirajo encimi v kvasu in jetrih kot tisti v rastlinskih virih (krompir, korenje, hren), bi lahko bila celična stena, ki obdaja rastlinske celice. Ta je sestavljena iz celuloze, ki je močnejša kot celična stena iz hitina pri glivah kvasovkah in kot

celična membrana živalskih celic (svinjska jetra). Encimi so namreč v peroksisomih v notranjosti celice (citoplazma). Predpostavlja, da se zaradi celične stene rastlinskih celic encimi v krompirju, korenju in hrenu samo z ribanjem niso dovolj sprostili iz celic.

Izvedla sva tudi poskus s trenjem vseh posameznih vzorcev s kremenčevim peskom, da bi mehansko uničila celične stene in membrane. S tem bi se encimi lažje sprostili iz celic. Rezultati so pokazali, da so po mehanski obdelavi s kremenčevim peskom encimi v vseh obravnavanih vzorcih boljše katalizirali H_2O_2 . Pri rastlinskih vzorcih razlika ni bila tako velika, pri jetrih pa se je količina pene skoraj podvojila. Tudi encimih v kvasu so po mehanski obdelavi malo bolje katalizirali H_2O_2 . S tem sva odgovorila tudi na najino zadnje raziskovalno vprašanje, ali velikost delčkov jeter, kvasa, korenja, krompirja in hrena vpliva na hitrost katalize H_2O_2 in potrdila hipotezo, da velikost delčkov encima vpliva na hitrost reakcije – hitrejša je pri manjših delcih snovi. Kremenčev pesek sam po sebi nima vpliva na potek katalize, kar sva potrdila s kontrolnim poskusom.

Nisva pa našla odgovora, zakaj je bila količina pene pri MnO_2 pri poskusu s trenjem vzorca veliko večja (40ml razlike) kot pri poskusu brez tretja. Trenje MnO_2 s kremenčevim peskom naj namreč ne bi vplivalo na potek katalize, saj je bil manganov dioksid uprašen na majhne delčke. Za zaključek naj omeniva še, zakaj sva uporabila detergent za pomivanje posode. Vanj se namreč ujame pri razpadu H_2O_2 sproščen kisik, ki se ujame v detergent in tako nastane pena. Čim učinkovitejši je razpad, več kisika se sprosti in tako nastane več pene, ki jo merimo kot rezultat katalize. Prisotnost kisika v peni lahko dokažemo s tlečo trsko, ki zagori, če se z njo približamo peni.

6. ZAKLJUČEK

V raziskovalni nalogi sva spoznala mnogo novih in zanimivih dejstev o vodikovem peroksidu, njegovem razpadu ali katalizi in predvsem o delovanju katalizatorjev. Ugotavljala sva, kako učinkovito različni encimi katalizirajo vodikov peroksid in kako na hitrost katalize vpliva velikost delčkov jeter, kvasa, korenja, krompirja in hrena kot virov encimov. Opisala sva vodikov peroksid, njegov razpad in njegovo uporabo v vsakdanjem življenju in industriji. Opisala sva tudi nekatere organske in anorganske katalizatorje. V eksperimentalnem delu naloge sva glede na količino izmerjene pene, nastale pri razpadu vodikovega peroksida po dodatku različnih virov katalizatorjev, ugotavljala učinkovitost različnih encimov. S poskusi opravljenimi v okviru te raziskovalne naloge sva ugotovila, da se najučinkovitejši biokatalizatorji (encimi) za katalizo vodikovega peroksida nahajajo v kvasu. Sledil jim je anorganski katalizator manganov dioksid. Primerjala sva rezultate poskusov brez trenja vzorcev virov encimov z rezultati poskusov s trenjem vzorcev s kremenčevim peskom in ugotovila, da največ pene in s tem tudi najučinkovitejša kataliza, nastane pri vzorcih strtih s peskom. Ob zanimivih poskusih sva se tudi zabavala in uživala.

7. VIRI

Vrtačnik Margareta... [et al]. 2019. Moja prva kemija: Učbenik za 8 in 9 razred osnovne šole. 2. izd. Ljubljana: Modrijan izobraževanje

Wertheim, Jane. 2015. Slikovni priročnik: Kemija. 1. izd. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije

Delovanje katalizatorjev [citirano 24.1.2021]. [On line]. Dostopno na:

<https://docplayer.si/151726340-Delovanje-katalizatorjev-cilji-eksperimenta-opazovanje-delovanja-encima-katalaze-ki-pospe%C5%A1uje-razkroj-vodikovega-peroksida-primerjava-njenega-delov.html>

i učbeniki, kemija 9. [On line]. Dostopno na:

<https://eucbeniki.sio.si/kemija9/1108/index6.html><https://eucbeniki.sio.si/kemija9/1108/index6.html> [citirano 22.1.2021]

Delovanje enostavnih katalizatorjev. [On line]. Dostopno na:

https://dijaski.net/gradivo/bio_vaj_delovanje_enostavnih_katalizatorjev_04 [citirano 24.1.2021]

Delovanje katalaze. [On line]. Dostopno na:

https://dijaski.net/gradivo/bio_vaj_delovanje_katalaze_01 [citirano 24.1.2021]

Katalaza. [On line]. Dostopno na: <https://sl.wikipedia.org/wiki/Katalaza> [citirano 24.1.2021]

Vodikov peroksid. [On line]. Dostopno na: https://sl.wikipedia.org/wiki/Vodikov_peroksid [citirano 24.1.2021]

Vpliv katalizatorja [On line]. Dostopno na: <https://eucbeniki.sio.si/kemija2/590/index4.html> [datum](https://eucbeniki.sio.si/kemija2/590/index4.html) [citirano 24.1.2021]

Grčar, Ivan. 2013. Čiščenje in dezinfekcija odpadnih vod z vodikovim peroksidom in peroksiocetno kislino. [On line]. Dostopno na: https://www.gzs.si/pripone/07_Ivan%20Gracar_Belinka%20Perkemija.pdf [citirano 9.2.2021]

Odkrivanje vodikovega peroksida [On line]. Dostopno na: <https://www.belinka-perkemija.com/odkrivanje-vodikovega-peroksida/> [citirano 9.2.2021]

Manganov dioksid [On line]. Dostopno na: https://sl.wikipedia.org/wiki/Manganov_dioksid [citirano 9.2.2021]

Varnostni list vodikovega peroksida [On line]. Dostopno na:

<https://www.carlroth.com/medias/SDB-9683-SI-SL.pdf?context=bWFzdGVyfHNIY3VyaXR5RGF0YXNoZWV0c3wyOTM3NzZ8YXBwbGljYXRpb24vcGRmfHNIY3VyaXR5RGF0YXNoZWV0cy9oZDcvaDRkLzgzOTYxMTcxMTkwMDYucGRmfDliY2MyNTdINmI4OGQwMzhjNGZhMGZmOTUzNWQyMzlxMTUwMjJkNWQ0ZjI2MGlwNTQxMjRmYzdlZWJmOWE4Mjg> [citirano 25.2.2021]

Varnostni list manganovega dioksida [On line]. Dostopno na:

<https://www.carlroth.com/medias/SDB-7751-SI-SL.pdf?context=bWFzdGVyfHNIY3VyaXR5RGF0YXNoZWV0c3wyNTgzNjd8YXBwbGljYXRpb24vcGRmfHNIY3VyaXR5RGF0YXNoZWV0cy9oODIvaDA2Lzg5NzE0NjI1MDg1NzQucGRmfDkwNTk3MGZkODkyNzYwYzlhYTUwMjM0YTRjNjI5ZjllYmM4MDU4MjUxYzJiNWY4Y2Y5NWFiNjEyODFmNzc2MGM> [citirano 25.2.2021]

Oksidacija in redukcija [On line]. Dostopno na:

<https://eucbeniki.sio.si/kemija2/614/index.html> [citirano 26.2.2021]

Delovanje encimov [On line]. Dostopno na:

https://www.google.com/search?q=delovanje+encima&client=firefox-b-d&sxsrf=ALeKk02NTa5i_BcDmH-YUV0z_1xcAFYFig:1613572500130&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwiq5cH9kfHuAhVCExoKHR-gAVsQ_AUoAXoECA0QAw&biw=1536&bih=722&dpr=1.25#imgrc=54oum9vX_C7v6M
[citirano 25.2.2021]