

Osnovna šola Vižmarje – Brod
Na Gaju 2, 1000 Ljubljana

Raziskovalna naloga

Vpliv energijskih pijač na vodne bolhe

Kemija

Veronika Mulej

9. a

Petra Škofic Valjavec, prof.

Ljubljana, 2024

Kazalo:

Povzetek	3
Zahvala	4
1. Uvod	5
1.1. Zamisel za nalogo	5
1.2. Hipoteze	6
2. Teoretični del	7
2.1. Energijske pijače	7
2.1.1. Sestavine energijske pijače	9
2.1.2. Sladkor	9
2.1.2.1. Sladkor v energijski pijači	12
2.1.3. Kofein	13
2.1.3.1. Kofein v energijski pijači	14
2.1.4. Taurin	15
2.1.4.1. Taurin v energijski pijači	16
2.1.5. Glukoronolakton	17
2.1.5.1. Glukoronolakton v energijski pijači	18
2.2. Vpliv energijskih pijač na počutje človeka	19
2.2.1. Odvisnost	19
2.2.2. Učinki na človeka	19
2.3. Vodne bolhe	20
2.3.1. Daphnia magna	21
2.3.2. Razmnoževanje	22
2.3.3. Daphnia magna kot testni organizem	23
2.3.3.1. Letalna doza	23
3. Metode dela	24
3.1. Pregled literature	24
3.2. Računanje koncentracij za poizkus	24
3.3. Eksperiment	25
3.3.1. Pripomočki	25
3.3.2. Eksperimentalno delo	25
4. Rezultati	26
4.1. Rezultati eksperimentalnega dela	26
4.1.1. Kontrola po 6 urah	26

4.1.2. Kontrola pa 12 urah	26
4.1.3. Kontrola po 24 urah	27
4.2. Grafi rezultatov eksperimenta	28
5. Razprava	30
6. Zaključek	31
7. Viri	34

Kazalo slik:

Slika 1: Energijska pijača Red Bull	8
Slika 2: Energijska pijača Monster	8
Slika 3: Energijska pijača 5-hour ENERGY	8
Slika 4: Delitev ogljikovih hidratov glede na število monosaharidnih enot	9
Slika 5: Model in strukturna formula molekule glukoze	10
Slika 6: Model in strukturna formula molekule fruktoze	10
Slika 7: Molekulo saharoze sestavljata monosaharida glukoza in fruktoza, ki sta povezana z glikozidno (etrsko) vezjo (—O—)	11
Slika 8: Molekularna zgradba kofeina	14
Slika 9: Molekularna struktura tavrina	15
Slika 10: Molekularna struktura glukoronolaktona.....	17
Slika 11: Daphnia magna	21
Slika 12: Razmnoževalni cikel vodnih bolh.....	22
Slika 13: Posode, v katerih se je izvajal eksperiment po 24 urah	28

Kazalo tabel in grafov:

1: Število živih bolh ob kontrolah	27
2: Grafični prikaz števila živih bolh ob kontrolah	28

Povzetek

Vpliv energijskih pijač po vsem svetu raste, predvsem med mladimi. Ker me je zanimalo, kako vplivajo na žive organizme, sem se odločila preiskovati njihov vpliv na vodne bolhe vrste *Daphnia magna*. Preučevala sem, kako bodo energijske pijače in njihove glavne sestavine vplivale na obnašanje in smrtnost vodnih bolh. Na spletu sem

se pozanimala o najpopularnejši energijski pijači na svetu, Red Bullu, in njegovih sestavinah. Poskus sem opravila tudi s sladkorjem, kofeinom in tavrinom v koncentracijah, kot so v energijski pijači. Opazovala sem obnašanje vodnih bolh. Najmanjšo smrtnost sem zabeležila v posodi s kofeinom, največjo pa v posodah z energijsko pijačo in tavrinom. Obnašanje vodnih bolh se je najbolj spreminjalo v posodah z vodno raztopino sladkorja in kofeinom. Čeprav vpliv sestavin v energijskih pijačah sestavin v energijskih pijačah še ni dovolj raziskan, se moramo vsekakor zavedati nevarnosti energijskih pijač, predvsem na mladih.

Ključne besede: energijska pijača, kofein, tavin, sladkor, *Daphnia magna*

Zahvala

Zahvaljujem se mentorici Petri Škofic Valjavec, ki mi je pomagala poiskati idejo za raziskovalno nalogo, mami za moralno podporo, ki sem jo včasih potrebovala, Gašperju Sitarju, ki mi je pomagal s tehnično podporo in ustvarjanjem grafa ter tabele, Mojci Jerali Bedenk, da si je vzela čas in lektorirala raziskovalno nalogo.

1. Uvod

1.1. Zamisel za nalogo

Vpliv in popularnost energijskih pijač po vsem svetu raste. Tudi v naši družbi so močno razširjene, postajajo pa tudi vse večji problem. Večina ljudi sploh ne ve, kaj uživanje energijskih pijač povzroča našemu telesu.

Spomladi leta 2023 sem na internetu prebrala članek o zaskrbljujoči statistiki pitja energijskih pijač predvsem med mladostniki (<https://www.24ur.com/novice/slovenija/mladostnik-mesecno-popije-25-litra-energijskih-pijac-ozroma-55-vreck-sladkorja.html>). Navajajo izsledke raziskave NIJZ, da naj bi vsak slovenski mladostnik mesečno popil 2,5 litra energijskih pijač in da energijske pijače pije več kot tretjina slovenskih mladostnikov oziroma vsak drugi 15-letnik. Med drugim sem tudi na sprehodih in v šoli na dnevih dejavnosti in taborih opazila, da vedno več učencev kupuje in pije energijske pijače. Tudi na spletni strani NIJZ sem prebrala članek, ki se osredotoča predvsem na pitje energijskih pijač med mladostniki (https://nijz.si/wp-content/uploads/2023/10/Energijske_pijace_A5.pdf). Na prodajnih policah pa so se začele pojavljati mešanice alkohola z energijsko pijačo, ki so še veliko nevarnejše.

Kljub vsej zaskrbljujoči statistiki pa se popularnost in količina popitih energijskih pijač ne zmanjšuje, zato sem se odločila preiskovati vpliv energijskih pijač na organizme. Poskusov na človeku ne morem opravljati, zato sem kot testne organizme izbrala vodne bolhe.

S svojo raziskovalno nalogo želim ugotoviti, kako energijske pijače vplivajo na vedenje in smrtnost vodnih bolh.

1.2. Hipoteze

Na začetku raziskovanja sem si zastavila 4 hipoteze o vplivu energijskih pijač in posameznih sestavin, ki so v tovrstnih pijačah prisotne, na vedenje in smrtnost vodnih bolh:

- v 24 urah bodo vodne bolhe v posodi, v katero bo dodana vodna raztopina sladkorja z enako koncentracijo sladkorja kot v energijski pijači, dosegle 50% smrtnost,
- v 24 urah bodo vodne bolhe v posodi, v kateri je taurin, ki ustreza količini tavrina v energijski pijači, postale hiperaktivne (bodo bolj živahne, povečana bo telesna aktivnost),
- v 24 urah bodo vodne bolhe v posodi, v kateri je vodna raztopina kofeina, ki ustreza količini kofeina v energijski pijači, postale bolj hiperaktivne (bodo bolj živahne, povečana bo telesna aktivnost),
- v posodi, kamor bom dodala energijsko pijačo, bodo vodne bolhe najprej postale hiperaktivne, v 24 urah pa jih bo 50% pomrlo.

2. Teoretični del

2.1. Energijske pijače

Nacionalni inštitut za javno zdravje (NIJZ) opredeljuje energijske pijače kot namensko zasnovane pijače, ki jih proizvajalci tržijo v kategoriji brezalkoholnih osvežilnih pijač, čeprav se od večine njih precej razlikujejo. Prepoznamo jih preko izvorne ideje o pijači za doseganje večje storilnosti zaposlenih in doseganju boljših športnih rezultatov. V zadnjem času pa jim proizvajalci dajejo mnogo obrazov. Po sestavi in načinu oglaševanja se prilagajajo ciljnim uporabnikom, zato se predstavljajo kot pijače za motivacijo, za adrenalinske športne podvige, za koncentracijo pri študiju in pijače za podaljšano zabavo. Ker zakonodaja ne opredeljuje kategorije »energijska pijača«, se po sestavi lahko precej razlikujejo. Običajno vsebujejo visoko vsebnost poživil (vključno s kofeinom), sladkorjev, aminokislin ter vitaminov (predvsem iz skupine B). Skoraj vsak proizvajalec energijskih pijač ponuja tudi možnost izbire izdelka brez sladkorja, torej z dodanimi umetnimi sladili. Ker vsebujejo več kot 150 mg kofeina/L (običajno več kot 300 mg/L), imajo na embalaži obvezno navedbo: »Visoka vsebnost kofeina. Ni priporočljivo za otroke ali nosečnice ali doječe matere.«

»Njihova uporaba je zelo razširjena predvsem med mladimi. Med mladimi največ energijskih pijač popijejo tisti, ki so podpovprečno ocenili denarno blagostanje svoje družine, tisti iz enostarševskih in rekonstruiranih družin ter tisti, ki imajo vsaj enega starša brezposelnega«, navaja NIJZ po najnovejših raziskavah.

Pitje energijskih pijač prinaša tudi posledice, kot so nespečnost, anksioznost, povišan krvni tlak in srčni utrip (Vizita, 2023).

Poznamo več vrst energijskih pijač. V Združenih državah Amerike je bila v letu 2023 najbolj popularna energijska pijača Red Bull. Predvidevam, da se trg v Sloveniji ne razlikuje veliko od ameriškega, zato sem tudi sama pri raziskavi uporabila pijačo Red Bull. Ena 250 mL pločevinka Red Bulla v Sloveniji stane 1,49 evra, kar je 5,96 evra na liter. Druga najbolj prodajana energijska pijača je Monster. V Sloveniji pol litra stane 3,18 evra, kar je 6,36 evra na liter, na tretjem mestu pa je energijska pijača 5-hour ENERGY. Podatkov, da to energijsko pijačo prodajajo v Sloveniji, nisem zasledila.



Slika 1: Energijaska pijača Red Bull

Vir: <https://www.heb.com/product-detail/red-bull-energy-drink/1476509>



Slika 2: Energijaska pijača Monster

Vir: <https://www.target.com/p/monster-energy-original-16-fl-oz-can/-/A-12953443>



Slika 3: Energijaska pijača 5-hour ENERGY

Vir: <https://oakbeveragesinc.com/product/5-hour-energy-berry/>

2.1.1. Sestavine energijske pijače

Glavna sestavina energijskih pijač je voda z visokimi koncentracijami sladkorja in kofeina. Stimulanti, ki jih najdemo poleg sladkorja in kofeina, so še taurin, glukoronolakton in vitamini iz skupine B, ki naj bi imeli vpliv na naš centralni živčni sistem in nas preskrbeli s tako imenovano »motivacijsko energijo« (Pomurske lekarne, 2023).

2.1.2. Sladkor

Sladkor je ime za topne ogljikove hidrate sladkega okusa, od katerih se mnogi uporabljajo v hrani. Običajni ali beli ali namizni sladkor, ki ga v vsakdanjem življenju največ uporabljamo, imenujemo saharoza. Je le eden od predstavnikov ogljikovih hidratov.

Ogljikovi hidrati so organske kisikove spojine. V njihovih molekulah sta poleg ogljika tudi vodik in kisik, ki sta vezana v razmerju 2:1 (dva vodikova atoma na en kisikov atom). Enako razmerje med vodikom in kisikom je tudi v vodi, H₂O. Od tod izvira tudi njihovo ime: ogljikovi hidrati (gr. hydros – voda). Včasih so mislili, da gre za hidrate (spojine z vodo) ogljika. Danes vemo, da temu ni tako, ime pa se je ohranilo. Ogljikove hidrate pogosto imenujemo kar sladkorji ali saharidi (Smrdu, 2011).

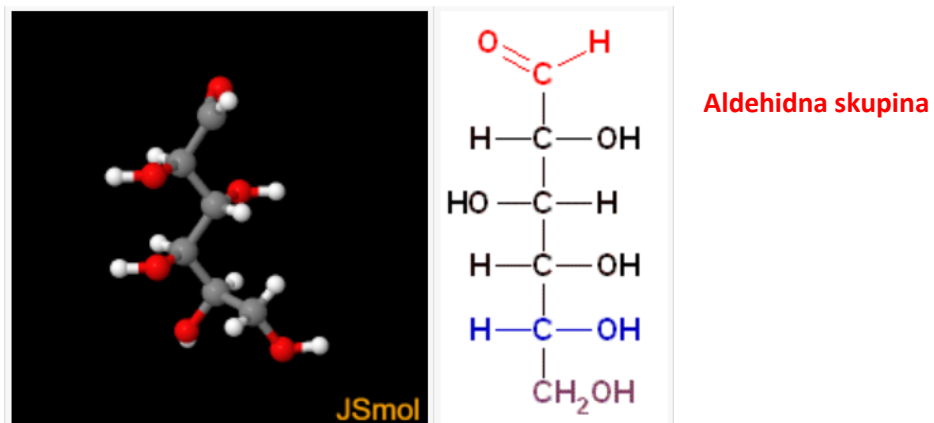
Po kemijski zgradbi poznamo 3 skupine sladkorjev: monosaharide, oligosaharide in polisaharide.



Slika 4: Delitev ogljikovih hidratov glede na število monosaharidnih enot

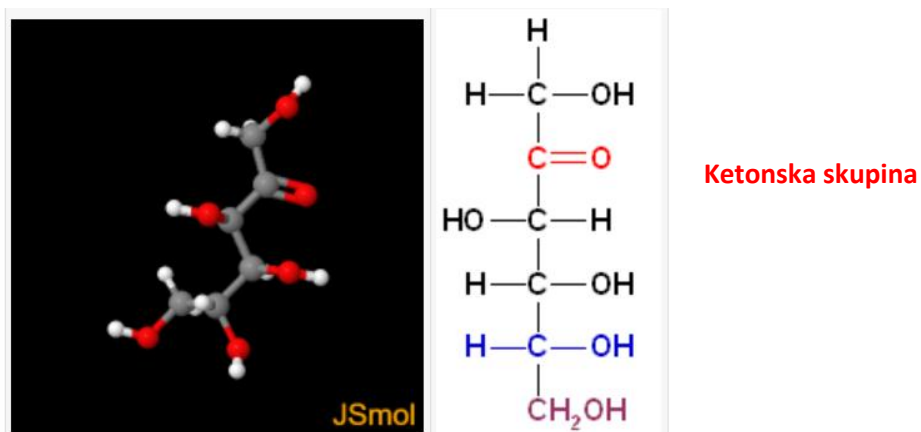
Vir: <https://eucbeniki.sio.si/kemija9/1951/index3.html>

Monosaharidi so preprosti ogljikovi hidrati. Glede na funkcionalno skupino jih delimo na aldoze in ketoze. Aldoze vsebujejo aldehydno skupino $-CHO$, ketoze vsebujejo ketonsko skupino $=C=O$. V monosaharidih pa so poleg aldehydne oziroma ketonske funkcionalne skupine vezane tudi hidroksilne skupine $-OH$ (Smrdu, 2011). Monosaharida sta na primer glukoza, ki je aldoza, in fruktoza, ki je ketoza.



Slika 5: Model in strukturna formula molekule glukoze

Vir: <https://eucbeniki.sio.si/kemija9/1951/index3.html>



Slika 6: Model in strukturna formula molekule fruktoze

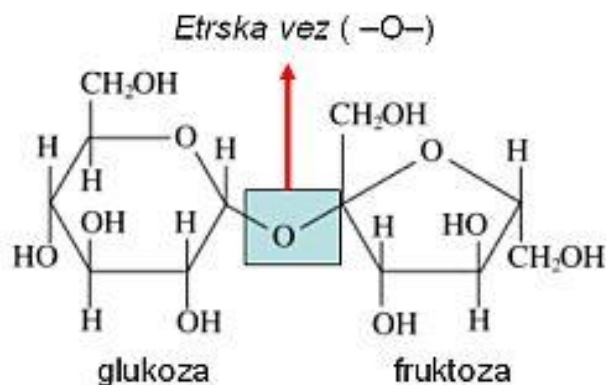
Vir: <https://eucbeniki.sio.si/kemija9/1951/index3.html>

Polisaharidi so sestavljeni ogljikovi hidrati, ki vsebujejo veliko monosaharidnih enot (Smrdu, 2011). Primer sta škrob in celuloza, ki sta naravna polimera. Oba sta sestavljena iz velikega števila enot glukoze, ki so med seboj povezane na različen način, zato so tudi lastnosti celuloze in škroba različne.

Oligosaharidi so sestavljeni ogljikovi hidrati, ki vsebujejo 2 do 10 monosaharidnih enot. Med oligosaharidi so najbolj pomembni disaharidi (Smrdu, 2011). Disaharidi so oligosaharidi sestavljeni iz dveh monosaharidnih enot. Nastanejo tako, da med seboj reagirata dve molekuli monosaharida preko glikozidne $-OH$ skupine enega monosaharida, drugi monosaharid pa reagira preko glikozidne $-OH$ skupine (Wiki FKKT, 2010). Oligosaharida oziroma disaharida sta na primer saharoza in laktoza.

Molekula saharoze je sestavljena iz enote glukoze (šestčlenski obroč) in enote fruktoze (petčlenski obroč), ki sta med seboj povezani preko kisikovega atoma s t.i. glikozidno vezjo. (Smrdu, 2011).

Vez med dvema monosaharidoma nastane preko glikozidne $-OH$ skupine enega monosaharida, drugi monosaharid pa reagira preko glikozidne $-OH$ skupine. Pri tvorbi vezi se odcepi voda, tvori pa se glikozidna (etrška) vez.



Slika 7: Molekulo saharoze sestavljata monosaharida glukoza in fruktoza, ki sta povezana z glikozidno (etrsko) vezjo ($-O-$)

Vir: <https://eucbeniki.sio.si/kemija9/1951/index5.html>

Molekulska formula saharoze je $C_{12}H_{22}O_{11}$.

Glede na to, da saharozo pridobivamo iz sladkornega trsa ali sladkorne pese, jo v vsakdanjem življenju imenujemo tudi trsni ali pesni sladkor.

Na trgu je mogoče najti sladkor saharozo pod imeni kot so beli sladkor, rjavi sladkor (svetli ali temni), trsni sladkor (rafiniran, nerafiniran in surovi), muscovado sladkor, demerara sladkor, kokosov sladkor in tekoči sladkor.

Sladkorje najdemo v tkivih večine rastlin. Med in sadje sta bogata naravna vira enostavnih sladkorjev. Saharosa je še posebej koncentrirana v sladkornem trsu in sladkorni pesi, zaradi česar sta idealni za učinkovito komercialno ekstrakcijo za proizvodnjo rafiniranega sladkorja. Leta 2016 je skupna svetovna proizvodnja teh dveh poljščin znašala približno dve milijardi ton. Maltozo (sladni sladkor) je mogoče proizvesti z zrnjem slada. Laktoza je edini sladkor, ki ga ni mogoče pridobiti iz rastlin. Najdemo ga le v mleku, vključno s človeškim materinim mlekom, in v nekaterih mlečnih izdelkih (Wikipedia, 2023).

2.1.2.1. Sladkor v energijski pijači

Energijske pijače vsebujejo poleg drugih sestavin tudi zelo visoke vrednosti sladkorja. Podatki (Red Bull, 2024) pravijo, da 100 g oziroma 100 mL energijske pijače Red Bull vsebuje 11 g belega sladkorja. Ker ima energijska pijača pol litra napitka, s tem v telo vnesemo 50 g sladkorja, kar po podatkih iz leta 2008 pokrije 65,8% priporočljivega dnevnega vnosa sladkorja. NIJZ navaja, » da energijske pijače sodijo med bolj sladke brezalkoholne pijače, saj nekatere vsebujejo v litru pijače tudi do 150 g sladkorja«.

2.1.3. Kofein

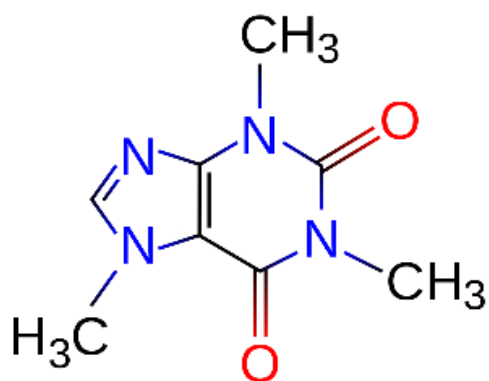
Kofein je naravno prisoten stimulan centralnega živčnega sistema (CŽS) iz razreda metilksantina in je najbolj razširjen psihoaktivni stimulan po vsem svetu. To učinkovino, ki jo najpogosteje pridobivamo iz kavnega zrna, je mogoče najti tudi naravno prisotnega v nekaterih vrstah čaja in kakavovih zrn, poleg tega pa je dodatek gaziranim in energijskim pijačam (Evans idr., 2023).

Kofein je eden izmed alkaloidov. Alkaloidi so organske spojine navadno z bazičnimi lastnostmi. Vsebujejo dušik, ki je običajno vezan v heterociklično strukturo. Njihovo ime pomeni, da imajo alkalni – bazični značaj, čeprav nekateri alkaloidi nimajo bazičnih lastnosti. Pojavljajo se v naravi, predvsem v rastlinah, redkeje v glivah in živalih. Na človeški organizem imajo načeloma karakterističen učinek. Večina jih je zelo strupenih. Veliko alkaloidov ima izrazito grenak okus.

V molekulah alkaloidov je aaminski dušik, ki je pogosto vezan v petčlenskem ali šestčlenskem heterocikličnem obroču. Poznamo mnogo alkaloidov, med njimi tudi metilksantine, ki jih predstavljajo tri spojine: kofein, teofilin in teobromin. Te tri oblike metilksantinov imajo različne biokemijske učinke in so zastopane v različnih proporcionalnih vsebnostih v različnih rastlinah. Vsi ksantini zavirajo delovanje neurotransmiterjev. Med ksantine spada tudi prenašalec v osrednjem živčevju, adenzin (Wikipedija, 2022).

Kofein je grenak, bel kristaliničen purin, metilksantinski alkaloid, in je kemično soroden bazama adenina in gvanina deoksiribonukleinske kisline (DNA) in ribonukleinske kisline (RNA) (Wikipedia, 2023). Njegova kemijska formula je $C_8H_{10}N_4O_2$.

Kofein je derivat tropina, ki je sestavljen iz dveh spojenih jeter, pirolizidinskega in imidazolskega jedra.



Slika 8: Molekularna zgradba kofeina

Vir: <https://sl.wikipedia.org/wiki/Kofein#/media/Slika:Caffeine.svg>

Kofein je trimetilksantin, v katerem so tri metilne skupine na mestih 1, 3 in 7. Je purinski alkaloid, ki se naravno pojavlja v čaju in kavi. Kofein je zdravilo iz razreda metilksantina, ki se uporablja za različne namene, vključno z nekaterimi respiratornimi stanji pri nedonošenčkih, lajšanje bolečin in boj proti zaspanosti. Kofein je po kemični strukturi podoben teofilinu in teobrominu. Kofein se uporablja tudi v različnih kozmetičnih izdelkih in se lahko daje lokalno, peroralno, z vdihavanjem ali z injekcijo. Kofein je koristen pri preprečevanju in zdravljenju apneje in bronhopulmonalne displazije pri novorojenčkih, izboljšuje kakovost življenja nedonošenčkov (Pubchem, b. d.).

2.1.3.1. Kofein v energijski pijači

Vsebnost kofeina v energijskih pijačah se zelo razlikuje. 250 mL pijača Red Bull vsebuje 80 mg kofeina (Sdera, 2016), medtem ko 473 mL energijske pijače Monster vsebuje 160 mg kofeina (Caffeineinformer, 2024).

2.1.4. Tavrin

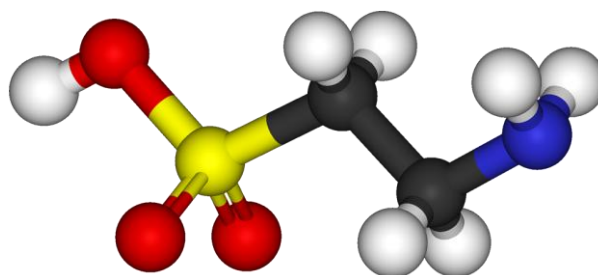
Tavrin (*taurus* v latinščini pomeni govedo, bika; snov je bila odkrita v žolču goveda) ali 2-aminoetansulfonska kislina je jedka kemijska substanca, prisotna v žolču, ki se vede kot emulgator za zaužite lipide in pomaga pri njihovem vsrkavanju (Wikipedija, 2023).

Tavrin uvrščajo med aminokislino. Aminokislino so dušikove organske spojine. V molekuli aminokislino sta amino skupina $-NH_2$ in karboksilna skupina $-COOH$ (Smrdu, 2011). Nastanejo tako, da so na ogljikov atom vezani vodikov atom, karboksilna skupina, amino skupina in radikal R, ki je lahko atom vodika ali skupina atomov.

Aminokislino so pri sobnih pogojih v trdnem agregatnem stanju. Njihova tališča so relativno visoka, pri segrevanju na visoke temperature pa se razgradijo (Smrdu, 2011).

Aminokislino torej vsebujejo karboksilno skupino $-COOH$, ki je kislina, in amino skupino $-NH_2$, ki je bazična. Zato lahko aminokislino reagirajo kot kislino (oddajo vodikov ion H^+) ali kot baze (sprejmejo vodikov ion H^+). Pravimo, da so amfoterne (Smrdu, 2011).

Tavrin (2-aminoetansulfonska kislina) je organska kislina. V laboratorijskih pogojih je jedka brezbarvna kristalna snov s tališčem pri $305,11^\circ C$. V človeškem telesu nastane iz aminokislino cisteina, ob prisotnosti vitamina B6. Tavrin umetno pridobivajo iz natrijevega etilenimina ter žveplaste kislino (Wiki FKKT, 2009).



Slika 9: Molekularna struktura tavrino

Vir: <https://sl.wikipedia.org/wiki/Tavrin>

V ožjem smislu tavrin ni aminokislina, saj nima karboksilne skupine, vendar pa se ga pogosto tako imenuje v znanstveni literaturi. Vsebuje pa sulfatno skupino in se lahko imenuje amino sulfonska kislina.

Kemijsko je taurin brezbarvna kristalna substanca z molekulsko formulo $C_2H_7NO_3S$, oblikovana s hidrolizo tavroholne kisline ali dekarboksilacijo cisteina. Prisotna je v žolču kot tudi v sokovih in tekočinah mišic, pljuč in živčnih vlaken mnogih živali. Kot taka je ena izmed manj znanih aminokislin, a vendar igra nekaj pomembnih vlog v telesu, zlasti je ključna za novorojence mnogih živalskih vrst (Wikipedija, 2023).

V človeškem procesu je taurin v največji meri prisoten v žolčniku, kjer s pomočjo glicina ter drugih aminokislin tvori žolčne kisline, ki emulgirajo lipide, ter tako pomaga pri njihovi absorpciji v naše telo. Taurin je zelo pomemben tudi pri delovanju gibalnega mišičevja, delovanju srca ter delovanju možganov, kjer zagotavlja pravilno raven kalijevih, magnezijevih ter natrijevih ionov, ter pri razvoju možganov dojenčkov. Zaradi tega najdemo taurin tudi v človeškem mleku, dodajajo pa ga tudi v otroško prehrano. Obstajajo tudi posredni dokazi, da lahko deluje taurin kot nevrottransmitter, saj pospešuje delovanje možganov. Taurin skrbi tudi za hidratizacijo kože, v manjših količinah pa ga najdemo tudi v pljučih. Deluje kot antioksidant ter preprečuje bolezni jeter, srca in ožilja, medicinsko pa je bil tudi testiran za zdravljenje epilepsije, srčnih zastojev ter sladkorne bolezni, vendar brez vidnih uspehov (Wiki FKKT, 2009).

2.1.4.1. Taurin v energijski pijači

NIJZ navaja, »da je taurin kot gradnik beljakovin prisoten v vsakodnevni prehrani ljudi, tudi otrok in mladostnikov. Vendar v slednji nastopa v skoraj 35-krat manjših količinah, kot je povprečna vsebnost tavrina v energijskih pijačah. Povprečni vnos tavrina preko hrane je 58 mg/dan, ob zaužitju 0,5 litra energijske pijače pa do 2000 mg/dan. Zaradi pomanjkanja podatkov ni mogoče določiti največjega dopustnega dnevnega vnosa. Hkrati pa še ni raziskan medsebojni vpliv visokih koncentracij tavrina s kofeinom, telesno dejavnostjo ali celo z alkoholom. Zaradi tega težko ocenimo (ne)varnost uživanja te snovi v kombinaciji z drugimi snovmi energijskih pijač.«

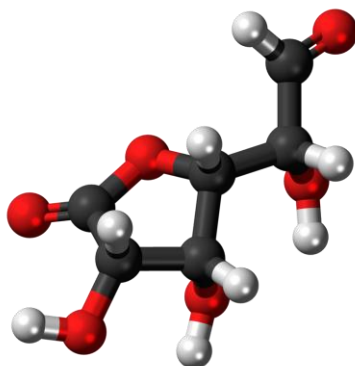
250 mL energijske pijače Red Bull vsebuje 1000 mg ali 1 g tavrina (Escholarship, 2003). Energijska pijača Monster pa vsebuje 1000 mg tavrina na 500 mL pijače, kar je 2 - krat manjša količina kot v Red Bullu (Livestrong, b. d.).

2.1.5. Glukoronolakton

Glukuronolakton ali glukuroolaktat je naravna snov, ki je pomembna strukturna komponenta skoraj vseh vezivnih tkiv. Včasih se uporablja v energijskih pijačah. Neutemeljene trditve, da se glukuronolakton lahko uporablja za zmanjšanje "možganske megle", temeljijo na raziskavah, opravljenih na energijskih pijačah, ki vsebujejo druge učinkovine, ki dokazano izboljšujejo kognitivne funkcije, kot je kofein. Glukuronolakton najdemo tudi v številnih rastlinskih gumijih (Wikipedia, 2024).

D-glukurono-g-lakton je normalen človeški metabolit, ki nastane iz glukoze. Pri fiziološkem pH je v ravnovesju z glukuronsko kislino, ki je njen neposredni predhodnik (europa.eu, 1999).

Glukuronolakton je bela trdna spojina brez vonja, topna v vroči in hladni vodi. Njegovo tališče se giblje med 176 in 178 °C. Spojina lahko obstaja v obliki monocikličnega aldehida ali v obliki bicikličnega hemiacetala (laktola) (Wikipedia, 2024).



Slika 10: Molekularna struktura glukuronolaktona

Vir: <https://en.wikipedia.org/wiki/Glucuronolactone>

Glukuronolakton je običajni produkt v presnovi glukoze. V povprečju ga energijske pijače vsebujejo med 2000 in 2400 mg/L. Toksikološke študije so izjemno omejene, iz dostopnih pa lahko sklepamo, da človeški organizem brez večjih težav obvladuje manjše količine te snovi, primerljive z dnevnim vnosom preko hrane. Ni pa še dovolj podatkov o posledicah dolgotrajnega uživanja v višjih odmerkih, npr. v energijskih pijačah. Njegov razgradni produkt ksilitol stimulira izločanje insulina, kar bi v večjih

količinah in dolgoročno lahko delovalo kot dejavnik tveganja za razvoj sladkorne bolezni (NIJZ, 2023).

2.1.5.1. Glukoronolakton v energijski pijači

V 250 mL energijski pijači Red Bull je 600 mg glukoronolaktona. Podatkov o točni količini glukoronolaktona v posameznih energijskih pijačah ni mogoče najti na spletnih platformah. NIJZ je ugotovil, da »v povprečju energijske pijače vsebujejo med 2000 in 2400 mg/L«.

2.2. Vpliv energijskih pijač na počutje človeka

Energijske pijače imajo veliko negativnih vplivov na človeka. Čeprav lahko tudi prinesejo koristi, ima pitje energijskih pijač številne zdravstvene težave, povezane s prekomernimi količinami kofeina in sladkorja ter vsebnostjo umetnih sladil. Eden od teh ključnih skrbi je zasvojenost ali odvisnost.

2.2.1. Odvisnost

Zasvojenost ali odvisnost je psihološko stanje, ki vključuje stalno željo po uporabi snovi ali vedenju kljub njenim negativnim posledicam.

Čeprav se morda odvisnost od energijskih pijač ne zdi tako škodljiva kot odvisnosti od drog, imajo odvisnosti od hrane, kot je odvisnost od energijskih pijač, veliko vedenjskih podobnosti. Pri nekaterih ljudeh lahko energijske pijače povzročijo odvisnost, ker vsebujejo več snovi, ki lahko povzročijo navajenost, kot so kofein, pa tudi sladkor ali umetna sladila.

Za zasvojenost z energijsko pijačo ni uradne definicije.

Zasvojenost z energijskimi pijačami lahko vključuje simptome odvisnosti, ki so povezani z delovanjem možganov in živčnega sistema, kot so miselna slika pitja energijskih pijač in nezmožnost nadzora nad vnosom energijskih pijač.

Drug znak so odtegnitveni simptomi takrat, ko se vzdržite energijskih pijač, kot so glavobol, razdražljivost, utrujenost in depresivno razpoloženje (Healthline, 2023).

2.2.2. Učinki na človeka

Energijske pijače imajo veliko stranskih učinkov, ki so lahko bolj vidni takoj ali pa šele po letih rednega uživanja. Učinke energijskih pijač na človeka delimo na akutne in kronične.

Najpogostejši stranski učinki so povezani z delovanjem srca in ožilja. Najhujša posledica je srčni zastoj, občutno se poviša tudi krvni tlak. Takoj zatem sledijo različne

vedenjske motnje, hiperaktivnost, nespečnost, tresavica, napetost, glavoboli in migrene ter odvisnosti, ki lahko vodijo v hujše oblike zasvojenosti. Zaradi velike vsebnosti sladkorja prihaja do debelosti in sladkorne bolezni. Stranski učinki se razlikujejo glede na posameznika in njegovo zdravstveno stanje, starost in količino zaužitih energijskih pijač (BIC Ljubljana, 2019).

Energijske pijače imajo tudi negativne učinke na prebavila in presnovo, živčni sistem, ledvice in zobovje.

2.3. Vodne bolhe

Vodne bolhe spadajo med rake, točneje v razred *Branchiopoda*, ki ga sestavlja več kot 1000 vrst primitivnih rakov. Sam rod vodnih bolh (*Daphnia sp.*) sestavlja preko 650 vrst, v Sloveniji je po ocenah prisotnih približno 50 vrst, mnoge so še neopisane. Večina je velika od 0.2 do 6 mm. Prepoznamo jih po sestavljenem očesu, ki je na sredini glave. Telo je brez pigmenta, razlike v barvnih odtenkih pa so lahko posledice povečane količine hemoglobina, kadar začne v vodi primanjkovati kisika. Ravno zaradi sposobnosti sinteze dodatnega hemoglobina lahko preživijo v okoljih, revnih s kisikom. Sintezo vzpodbudijo toplejše temperature ali povečana gostota bolh v okolju (Aquareja, 2010).

Večina vrst živi v sladkovodnih ekosistemih, posamezne pa v morjih in oceanih. Najbolj primerna temperatura zanje znaša od 18 do 22 °C.

2.3.1. *Daphnia magna*

Daphnia magna je tipična vodna bolha iz rodu *Daphnia*. Samice dosežejo velikost do 5 mm, samci približno 2 mm, zato sodijo med največje vrste v rodu. Telo je zaščiteno s prosojnim oklepom iz hitina, prozornega polisaharida. Ima ventralno odprtino in pet parov torakalnih okončin, ki se uporabljajo za pomoč pri procesu filtriranja.



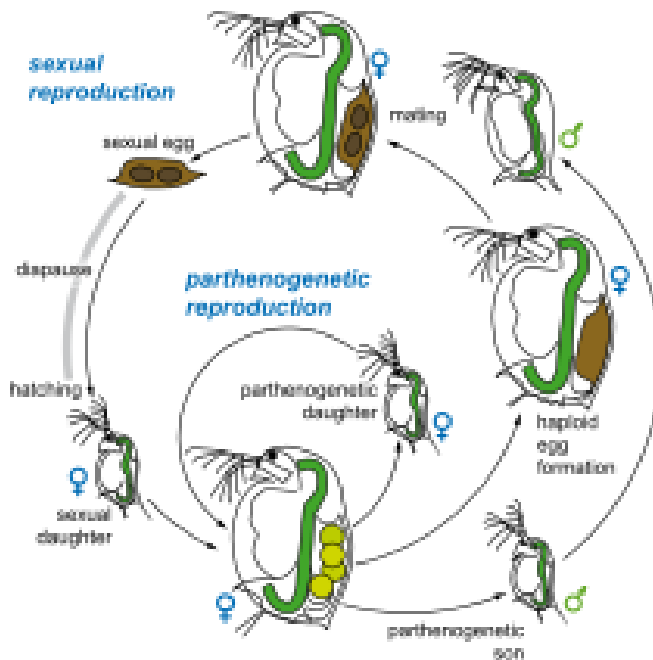
Slika 11: *Daphnia magna*

Vir: https://en.wikipedia.org/wiki/Daphnia_magna

2.3.2. Razmnoževanje

Vodne bolhe se večji del leta razmnožujejo nespolno, natančneje gre za partenogenezo. Ličinke, ki so vse po vrsti samice, se razvijejo iz neoplojenih diploidnih jajčec, ki jih samica nosi v valilniku na hrbtu med košem in trupom. Tak način jim omogoča izredno hitro razmnoževanje v obdobju, ko je dovolj hrane.

Ob ustreznih pogojih v okolju, ki nakazujejo konec sezone (kratek dan, pomanjkanje hrane, velika gostota populacije ipd.), začne samica leči haploidna jajčeca. Iz njih se razvijejo samci, ki oplodijo preostala jajčeca. Ta se obdajo z nepropustnim ovojem in tako zaščitena preživijo zimo ali sušo (Wikipedija, 2022).



Slika 12: Razmnoževalni cikel vodnih bolh

Vir: https://en.wikipedia.org/wiki/Daphnia_magna

2.3.3. *Daphnia magna* kot testni organizem

Daphnia magna predstavlja številne prednosti, če se uporablja kot poskusni organizem. Njena prosojnost omogoča opazovanje njenih notranjih anatomskih struktur pod mikroskopom, medtem ko njeno razmnoževanje s ciklično partenogenezo omogoča ustvarjanje klonov (nespolno razmnoževanje) ali izvajanje križanj med vrstami (spolno razmnoževanje). Na raziskovalnem področju velja, da je *Daphnia magna* enostavno hraniti v laboratoriju. Nekatere od njenih prednosti za poskuse so hiter čas generiranja, omejena uporaba prostora za shranjevanje, enostavno in poceni hranjenje ter preprosto vzdrževanje.

Daphnia magna se uporablja na različnih področjih raziskav, kot so ekotoksikologija, populacijska genetika, evolucija spola, fenotipska plastičnost, ekofiziologija (vključno z biologijo globalnih sprememb) in interakcije gostitelj-parazit (Wikipedia, 2024).

2.3.3.1. *Letalna doza*

LD50 letalna (smrtna) doza 50 je vrednost kemijskega ali fizikalnega agensa, za katerega je statistično pričakovana vsaj 95-odstotna verjetnost, da bo v populaciji testnih organizmov pod nadzorovanimi pogoji poginilo 50 % organizmov. Določanje letalnih doz 50 vključuje žrtvovanje veliko testnih živali: miši, zajcev, morskih prašičkov, podgan in celo večjih živali, kot so psi (i-Učbeniki, b. d.).

3. Metode dela

3.1. Pregled literature

Na spletnem medmrežju sem poiskala vse podatke, ki so se navezovali na mojo raziskovalno nalogo. Navezujejo se na energijske pijače, sladkor, taurin, kofein in glukoronolakton in na vodne bolhe oziroma *Daphnio magno*.

3.2. Računanje koncentracij za poizkus

Za izvajanje poizkusa smo morali izračunati koncentracije in količine substanc, ki smo jih dali k vodnim bolham.

S spletnih podatkov smo razbrali, da povprečen človek tehta 60 kg. Ker smo sestavljeni iz približno 60% vode, pomeni, da voda v 60 kg človeku znaša 36 kilogramov oziroma litrov. Koncentracije sem računala na 36 kg vode v človeškem telesu, ko popijemo 0,5L energijske pijače. Da bi dobili rezultate na vodnih bolhah, smo količino računali na 1 L vode, saj je voda njihovo življenjsko okolje. Prišli smo do rezultata, da vsake snovi dodamo 10 mL.

Koncentracijo kofeina smo izračunali na podlagi podatkov iz uradne spletne strani Red Bull. V 250 mL kave se nahaja 113 mg kofeina. Ker smo vsake snovi dodali 10 mL, smo izračunali, da je v 10 mL kave 4,52 mg kofeina. Enako smo ponovili z energijsko pijačo, saj smo se morali čim bolj približati količini kofeina v Red Bullu. S križnim računom smo ugotovili, da 10 mL energijske pijače Red Bull vsebuje 3,2 mg kofeina. Ker smo eksperiment izvajali v domačih razmerah, smo koncentracijo zaokrožili.

Na podlagi prvih računov smo vodnim bolham dodali 10 mL energijske pijače Red Bull.

Raztopino sladkorja smo prav tako izračunali na podlagi uradnih podatkov iz spletne strani Red Bull. 100 mL energijske pijače Red Bull vsebuje 11 g sladkorja. Z uporabo masnega računa smo izračunali, da je masni delež sladkorja v 100 mL 0,09 oziroma, da je raztopina sladkorja 9%.

Koncentracijo tavrina smo računali malo drugače. 250 mL energijska pijača Red Bull vsebuje 1000 mg oziroma 1 g tavrina. Ker so vodne bolhe živele v 1 L vode, sem količino tavrina pomnožila s 4 in dobila 4 g.

3.3. Eksperiment

3.3.1. Pripomočki

Za eksperiment smo kupili vodne bolhe in jih hranili s tremi kapljicami polnomastnega mleka na vsake dva dni. Pripravili smo steklene posode, v katerih smo izvajali poizkus.

Pred poizkusom smo pripravili snovi, ki smo jih potrebovali. To so bile energijska pijača Red Bull, navadni sladkor, tavrini iz kapsul in kava, iz katere smo dobili kofein.

V vsako posodo smo dali po 10 mL energijske pijače, sladkorja ali kave-koфеina. V posodo, kjer je bil tavrini, smo dali 4 g tavrina. S kapalko smo vse tekoče substance dodali vodnim bolham.

Pri opazovanju obnašanja vodnih bolh smo si pomagali s povečevalnim steklom.

3.3.2. Eksperimentalno delo

V vsako stekleno posodo smo nalili 1 L vode. V vsako posodo smo nato dali 20 vodnih bolh. Bolhe smo hranili na dva dni s tremi kapljicami polnomastnega mleka. V vodo smo dodali tudi posamezno substanco: energijsko pijačo, raztopino sladkorja saharoze, kavno raztopino in tavrini.

Opazovanje obnašanja in štetje vodnih bolh je potekalo 24 ur. Rezultate smo prvič odčitali po 6 urah, nato pa po 12 in 24 urah. Rezultate smo zapisali v preglednico.

4. Rezultati

4.1. Rezultati eksperimentalnega dela

4.1.1. Kontrola po 6 urah

V vsaki posodi je živila populacija 20 vodnih bolh. Prvo kontrolo smo izvajali po 6 urah.

Kavna raztopina – kofein: Populacija vodnih bolh v posodi s kofeinom se ni zmanjšala. Obnašanje je bilo spremenjeno, saj so vodne bolhe na začetku eksperimenta plavale po dnu, po 6 urah pa so se premaknile proti vrhu posode. Opazili smo rahlo pospešeno gibanje.

Tavrin: Po 6 urah je populacija vodnih bolh v posodi s tavrinom umrla, saj ni ostala niti ena vodna bolha živa. Na začetku eksperimenta, takoj po dodatku tavrina, so ga vodne bolhe začele intenzivno jesti. Zelo hitro so priplavale do vodne gladine in ga začele hlastno jesti. Pojedle so skoraj ves dodani taurin. Pri prvi kontroli je ostalo v posodi le še malo tavrina.

Vodna raztopina sladkorja: V posodi z vodno raztopino sladkorja je v populaciji preživel 14 vodnih bolh. Po 6 urah so postale veliko bolj živahne.

Energijska pijača: V populaciji vodnih bolh v posodi z energijsko pijačo je poginilo 18 osebkov v 6 urah. Ob začetku eksperimenta, po dodatku energijske pijače Red Bull, so bile najbolj živahne, glede na obnašanje vodnih bolh v drugih eksperimentalnih posodah.

V kontrolni posodi je celotna populacija vodnih bolh preživela brez zaznanih sprememb v obnašanju.

4.1.2. Kontrola pa 12 urah

Kavna raztopina – kofein: Po 12 urah se je v posodi s kofeinom populacija zmanjšala za 5 vodnih bolh. Opazili smo upočasnjeno gibanje osebkov. S pomočjo lupe smo opazili povečano in pospešeno delovanje notranjih organov.

Vodna raztopina sladkorja: V populaciji vodnih bolh v posodi z vodno raztopino sladkorja je preživel 9 bolh. Pri njih smo prav tako opazili pospešeno delovanje notranjih organov.

Tavrin in energijska pijača: V posodah s tavrinom in energijsko pijačo je celotna populacija poginila.

V kontrolni posodi je preživela celotna populacija, brez opaznih sprememb v obnašanju.

4.1.3. Kontrola po 24 urah

Kavna raztopina – kofein: V posodi s kofeinom je v populaciji po 24 urah preživelo 7 vodnih bolh. Opazna je hiperaktivnost, saj so se vodne bolhe premikale z nenavadno veliko hitrostjo.

Tavrin in energijska pijača: Populacija vodnih bolh v posodi s tavrinom in energijsko pijačo je že po 12 urah v celoti poginila.

Vodna raztopina sladkorja: V populaciji vodnih bolh v posodi z vodno raztopino sladkorja je preživelo 5 bolh. Njihovo gibanje je upočasnjeno. Med svojim gibanjem se ustavljajo.

1: Število živih bolh ob kontrolah

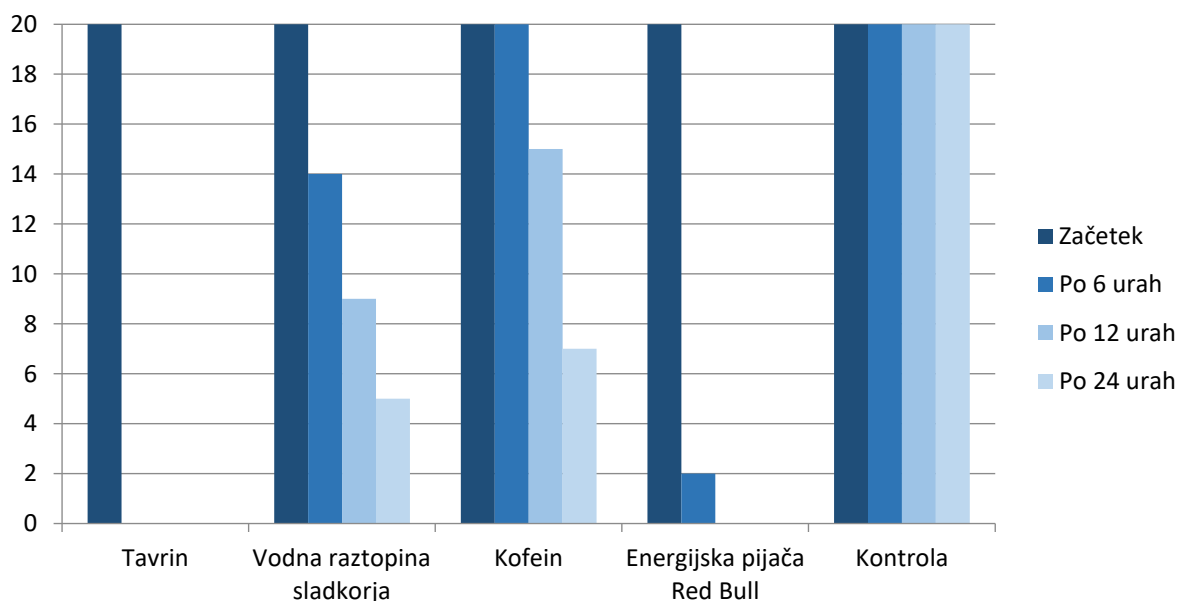
	Število bolh v tavrinu	Število bolh v vodni raztopini sladkorja	Število bolh v kofeinu	Število bolh v Red Bullu	Število bolh v kontroli
Na začetku	20	20	20	20	20
Po 6 urah	0	14	20	2	20
Po 12 urah	0	9	15	0	20
Po 24 urah	0	5	7	0	20



Slika 13: Posode, v katerih se je izvajal eksperiment po 24 urah

4.2. Grafi rezultatov eksperimenta

2: Grafični prikaz števila živih bolh ob kontrolah



Iz grafa je mogoče razbrati, da je bilo število vodnih bolh v kontrolni posodi nespremenjeno skozi celoten eksperiment. Najmanjšo stopnjo smrtnosti vodnih bolh v posodah s substancami smo zabeležili v posodi s kofeinom. V posodi z vodno raztopino sladkorja je pri prvi kontroli poginilo 6 bolh več kakor v posodi s kofeinom,

ob drugi kontroli, torej po 12 urah, 4 več in ob tretji kontroli, to je po 24 urah, 2 bolhi več. Pri prvi kontroli sta po 6 urah v posodi z energijsko pijačo Red Bull plavali 2 vodni bolhi, ob nadaljnjem štetju pa je celotna populacija poginila. Najmanj vodnih bolh pa je preživelo v posodi s tavrinom, saj je že ob prvem štetju po 6 urah celotna populacija poginila.

5. Razprava

Za namen svoje raziskovalne naloge sem si na začetku raziskovanja postavila 4 hipoteze.

Moja prva hipoteza je bila, da bodo vodne bolhe v 24 urah v posodi, v katero bo dodana vodna raztopina sladkorja z enako koncentracijo sladkorja kot v energijski pijači, dosegle 50% smrtnost. To hipotezo lahko potrdim, saj smo v posodi z vodno raztopino sladkorja opazili več kot polovico (50%) mrtvih vodnih bolh.

Druga hipoteza je bila, da bodo v 24 urah vodne bolhe v posodi, v kateri je taurin, postale bolj hiperaktivne (bodo bolj živahne, povečana bo telesna aktivnost). To hipotezo lahko ovržem, saj so vse vodne bolhe v taurinu pomrle že po 6 urah. Takoj so planile nad taurin. Nisem opazila sprememb v obnašanju, npr. hitrejšega plavanja, hitrejšega bitja srca. Opazila sem, da so se nehale prehranjevati šele tik preden so omagale oziroma poginile.

Tretja hipoteza je bila, da bodo vodne bolhe v 24 urah v posodi, v kateri je vodna raztopina kofeina, postale bolj hiperaktivne (bodo bolj živahne, povečana bo telesna aktivnost). To hipotezo lahko potrdim, saj so vodne bolhe po 24 urah res postale hiperaktivne, premikale so se z veliko hitrostjo.

Moja zadnja hipoteza je bila, da bodo vodne bolhe v posodi, kamor bom dodala energijsko pijačo, najprej postale hiperaktivne, v 24 urah pa jih bo 50% pomrlo. To hipotezo lahko samo delno potrdim, saj se obnašanje vodnih bolh ni spremenilo. Celotna populacija bolh pa je pomrla že po 12 urah eksperimenta.

6. Zaključek

V svoji raziskovalni nalogi sem preiskovala vpliv energijskih pijač in njihovih sestavin na vodne bolhe. Te organizme sem uporabila, ker so majhni in jih je relativno enostavno gojiti v majhnih posodah. So občutljive na spremembe v okolju, kot je na primer prisotnost strupenih snovi. Poleg tega se večinoma prehranjujejo s filtriranjem. Z drobnimi dlačicami na svojih okončinah filtrirajo mikroskopske delce hrane iz vode. S pomočjo eksperimenta sem opazovala vpliv energijske pijače Red Bull in posameznih sestavin, ki jih ta pijača vsebuje, na smrtnost in obnašanje teh drobnih prozornih vodnih rakcev.

Ugotovila sem, da je največ vodnih bolh poginilo v posodi s tavrinom. Že po šestih urah je poginila celotna populacija. Taurin proizvaja tudi naše telo in je nujno potreben za njegovo delovanje, zato v določenih količinah ni strupen. Predvidevam, da so vodne bolhe v posodi s tavrinom pomrle tako hitro zaradi tega, ker so taurin sprejele kot hrano. Vodne bolhe sem sicer hranila s polnomastnim mlekom, ki vsebuje mlečne beljakovine. Beljakovine so sestavljene iz aminokislin. Torej so verjetno vodne bolhe taurin, ki je žveplova aminokislina, sprejele kot okusno hrano. Ko so se do sitega najedle, so še kratek čas veselo plavale, nato pa se umirile in poginile. Kot testni organizem so pokazale, da je taurin očitno okusna sestavina. Težko je ugotovitev eksperimenta in smrtnost vodnih bolh navezati na delovanje pri človeku. Iz podatkov iz literature in doslej opravljenih raziskavah pri človeku lahko sklepam, da prisotnost tavrina v energijski pijači po študiji Evropske agencije za varnost hrane pri normalnih vrednostih ni škodljiva. Tudi pregled, objavljen leta 2008, ni našel nobenega dokumentiranega poročila o negativnih oz. pozitivnih učinkih na zdravje, ki bi bile povezane s količino tavrina v energijski pijači. V raziskavi celo zaključujejo, da so vsebnosti tavrina v energijskih pijačah tako nizke, da naj ne bi imele terapevtskih koristi ali nezaželenih učinkov.

V posodi z energijsko pijačo je po šestih urah poginila skoraj celotna populacija, preživeli sta le dve vodni bolhi od dvajsetih. Ker so v energijski pijači prisotne vse substance, ki sem jih preiskovala, in še katera, ki je nisem, predvidevam, da jih je ubila kombinacija sladkorja, kofeina in tavrina. Tudi pri človeku kombinacija vseh sestavin v energijski pijači lahko povzroči neželene učinke, kot so tresenje, živčnost, zvišan krvni tlak, tveganje za srčno-žilne bolezni in povečano anksioznost.

V posodi z vodno raztopino sladkorja je po koncu eksperimenta (24 ur) preživelo le pet vodnih bolh. Kljub potrjeni hipotezi sem pričakovala večjo smrtnost vodnih bolh.

Po 12 urah sem opazila pospešeno, po 24 urah pa zelo upočasnjeno gibanje. Po 12 urah je v organizem vodnih bolh prišel sladkor in pospešil delovanje njihovih celic, dobile so energijo, kar se je odražalo v pospešenem gibanju. Ker imajo kratek proces prebave, so hitro porabile in izločile sladkor, zato je bilo njihovo gibanje po 24 urah upočasnjeno.

Po 24 urah so se vodne bolhe v posodi s kofeinom premikale z veliko hitrostjo, postale so hiperaktivne. Takšno obnašanje sem zaznala šele po 24 urah. Predvidevam, da zaradi njihovega procesa prebave, ki traja približno toliko časa. Na medmrežju sem prebrala, da naj bi bilo idealno okolje za vzgajanje vodnih bolh rahlo bazično, med 7,1 in 8 pH. Ker je kofein alkaloid, ki je bazičen, je mogoče, da je v posodi s kofeinom poginilo najmanj bolh prav zaradi njim ustreznega okolja. Tudi na človeka kofein vpliva tako, da stimulira delovanje centralnega živčnega sistema, izboljša razpoloženje in zvišuje nivo energije, poveča budnost in nivo koncentracije. Se pa ti učinki od posameznika do posameznika razlikujejo.

Substance iz energijske pijače vsekakor vplivajo na vedenje in smrtnost vodnih bolh. Po rezultatih, ki sem jih dobila s pomočjo eksperimenta, lahko zaključim, da sta najbolj škodljivi sestavini energijske pijače sladkor in kofein, saj sta v organizmih vodnih bolh povzročila največ sprememb. Tudi za človeka, posebej za mladostnika, strokovnjaki opozarjajo, da so te pijače z visoko vsebnostjo kofeina in pogosto zelo sladkane lahko povezane s povišanim krvnim tlakom, povečanjem telesne mase, glavoboli, tesnobo, težavami z zobmi, dehidracijo in srčnimi boleznimi. Zato jih močno odsvetujejo.

Če bi se raziskovalne naloge še enkrat lotila, bi zagotovo merila tudi pH vode posod, kjer sem gojila vodne bolhe, saj bi tako morda prišla do ugotovitev, kako dodana snov spremeni pH raztopine in kakšen vpliv ima to na obnašanje in preživetje vodnih bolh.

Na tem področju je vsekakor še veliko razlogov za nadaljnje raziskave, predvsem vpliva energijskih pijač na mladostnike in morda tudi druge organizme. Dobro bi bilo, če bi se o njihovi nevarnosti več govorilo in obveščalo, kar bi morda dosegli z bolj obsežnimi raziskavami. Zaskrbljujoče je, da so kljub navedenim tveganjem energijske pijače vedno bolj priljubljene. Globalna prodaja energijskih pijač naj bi do konca

preteklega leta po podatkih portala verywellhealth preseгла 53 milijard dolarjev, do leta 2027 pa naj bi se te številke povečale še za 7,1 odstotka.

7. Viri

1. Aquareja: Vodne bolhe. 2010. Citirano 10.2.2024. Dostopno na naslovu: <https://www.aquareja.si/izdelek/45/vodne-bolhe>
2. Biotehnični izobraževalni center Ljubljana: Kakšni so negativni učinki uživanja energijskih pijač. 2019. Citirano 14.2.2024. Dostopno na naslovu: <https://www.bic-lj.si/novice/kaksni-so-negativni-ucinki-uzivanja-energijskih-pijac>
3. Europa.eu: Opinion on Caffeine, Taurine and D-Glucurono - g -Lactone as constituents of so-called "energy" drinks. 1999. Citirano 28.1.2024. Dostopno na naslovu: https://ec.europa.eu/food/fs/sc/scf/out22_en.html
4. Healthline: Are Energy Drinks Good or Bad for You? 2023. Citirano 9.2.2024. Dostopno na naslovu: <https://www.healthline.com/nutrition/energy-drinks>
5. i-Učbeniki: Kemija 1. b.d. Citirano 14.2.2024. Dostopno na naslovu: <https://eucbeniki.sio.si/kemija1/480/index1.html>
6. i-Učbeniki: Kemija 8. b.d. Citirano 13.12.2023. Dostopno na naslovu: <https://eucbeniki.sio.si/kemija8/index.html>
7. Livestrong: Taurine in Monster Energy Drinks. b.d.. Citirano 28.1.2024. Dostopno na naslovu: <https://www.livestrong.com/article/416765-aurine-in-monster-energy-drinks/>
8. National Library of Medicine: Caffeine. 2024. Citirano 31.12.2023. Dostopno na naslovu: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK519490/>
9. National Library of Medicine, Pubchem: Caffeine. b. d.. Citirano 24.1.2024. Dostopno na naslovu: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Caffeine>
10. NIJZ: Energijske pijače v rokah otrok in mladostnikov. 2023. Citirano 8.12.2023. Dostopno na naslovu: https://nijz.si/wp-content/uploads/2023/10/Energijske_pijace_A5.pdf
11. Prekmurske lekarne: Energijske pijače. 2023. Citirano 8.12.2023. Dostopno na naslovu: <https://www.pomurske-lekarne.si/tocka-zdravja/energijske-pijace>

12. Red Bull: Sestavine pijače Red Bull Energy Drink. 2024. Citirano 31.1.2024. Dostopno na naslovu: <https://www.redbull.com/si-sl/energydrink/red-bull-energy-drink-sestavine>
13. Smrdu, A. (2011). Od molekule do makromolekule: Učbenik za kemijo v 9. Razredu osnovne šole. Ljubljana: Založništvo Jutro.
14. UCLA: Debunking the Effects of Taurine in Red Bull Energy Drink. 2003. Citirano 28.1.2024. Dostopno na naslovu: <https://escholarship.org/content/qt65k8r3bd/qt65k8r3bd.pdf?t=krmngx>
15. Vizita: To se zgodi, ko spijemo energijsko pijačo. 2023. Citirano 31.1.2024. Dostopno na naslovu: <https://vizita.si/zlata-leta/preventiva/se-zavedate-kako-skodljive-so-energijske-pijace.html>
16. Wiki FKKT: Disaharidi in oligosaharidi. 2010. Citirano 24.1.2024. Dostopno na naslovu: https://wiki.fkkt.uni-lj.si/index.php/Disaharidi_in_oligosaharidi
17. Wiki FKKT: Taurin. 2009. Citirano 28.1.2024. Dostopno na naslovu: <https://wiki.fkkt.uni-lj.si/index.php/Taurin>
18. Wikipedija: Alkaloid. 2022. Citirano 24.1.2024. Dostopno na naslovu: <https://sl.wikipedia.org/wiki/Alkaloid>
19. Wikipedia: Caffeine. 2024. Citirano 31.12.2023. Dostopno na naslovu: <https://en.wikipedia.org/wiki/Caffeine#>
20. Wikipedia: Daphnia magna. 2024. Citirano 10.2.2024. Dostopno na naslovu: https://en.wikipedia.org/wiki/Daphnia_magna#Model_organism
21. Wikipedia: Glucuronolactone. 2024. Citirano 28.1.2024. Dostopno na naslovu: <https://en.wikipedia.org/wiki/Glucuronolactone>
22. Wikipedia: Sugar. 2024. Citirano 11.12.2023. Dostopno na naslovu: <https://en.wikipedia.org/wiki/Sugar>
23. Wikipedija: Taurin. 2023. Citirano 27.1.2024. Dostopno na naslovu: <https://sl.wikipedia.org/wiki/Taurin>
24. Wikipedija: Vodne bolhe. 2022. Citirano 10.2.2024. Dostopno na naslovu: https://sl.wikipedia.org/wiki/Vodne_bolhe