Utjecaj energetskih pića na rast i razvoj bakterije *Escherichia coli*

Davor Sabol, 7. razred
Andrija Tičinović, 7. razred

Osnovna škola Augusta Šenoe, Zagreb
Mentor: *Martina Čiček*

SAŽETAK
Energetska pića sadrže kofein, šećer te različite dodatke poput taurina, ginsenga, guarane i vitamina B, a njihova pretjerana konzumacija može imati negativne učinke na zdravlje. U ovom istraživanju ispitivan je utjecaj četiri komercijalna energetska pića (Hell, Red Bull, Uragan i Kong Strong) na rast i razvoj bakterije *Escherichia coli* u školskom kabinetu i laboratorijskim uvjetima. Pretpostavka istraživanja bila je da će prisutnost šećera u energetskim pićima potaknuti rast bakterije *E. coli* na hranjivim podlogama obogaćenima tim pićima. Eksperimentalni rezultati pokazali su da je rast bakterije bio potaknut jedino na hranjivim podlogama s dodatkom saharoze, pri čemu je optimalan rast zabilježen pri temperaturi od 37 °C. Suprotno početnoj hipotezi, podloge s dodatkom energetskih pića Hell, Uragan, Red Bull i Kong Strong nisu omogućile rast bakterija, neovisno o temperaturi držanja. Negativna kontrola s dodatkom antibiotika je očekivano spriječila rast bakterija. Izmjerene pH vrijednosti energetskih pića kretale su se između 4,4 i 5, što ukazuje na njihovu kiselost, no sama kiselost nije bila jedini čimbenik koji je mogao utjecati na sprječavanje rasta. Dobiveni rezultati upućuju na to da, unatoč prisutnosti šećera, određeni sastojci energetskih pića imaju učinak koji sprečava rast i razvoj bakterije *E. coli* u kontroliranim uvjetima.

***Ključne riječi*:** bakterijski rast; pH vrijednost; broj kolonija

UVOD

Energetska pića predstavljaju skupinu bezalkoholnih napitaka koji sadrže visoke koncentracije metilksantina, ponajprije kofeina, te značajne količine šećera, najčešće saharoze, uz dodatke poput taurina, ginsenga, guarane i vitamina B. Uobičajeni udio kofeina u jednoj limenci kreće se od 80 do 300 mg, dok prosječna količina šećera iznosi oko 27 g u 250 mL, što odgovara više od pet žličica šećera. Energetska pića ubrajaju se među najbrže rastuće proizvode u industriji pića, a reklamiraju se kao napici koji povećavaju energiju, budnost i koncentraciju (HZJZ, 2023). U ovom istraživanju korištena su četiri komercijalna energetska pića: Hell, Red Bull, Uragan i Kong Strong (slika 1).

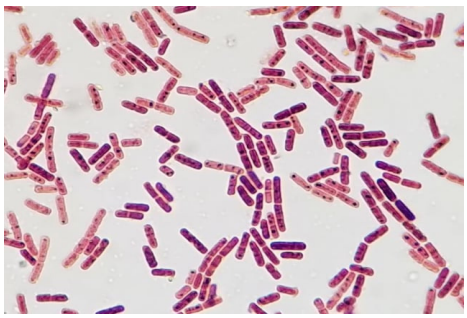
S porastom njihove popularnosti raste i zabrinutost zbog mogućih štetnih učinaka na zdravlje djece i adolescenata. Pretjerana konzumacija kofeina može uzrokovati povišen broj otkucaja srca, povišeni krvni tlak, mučninu, povraćanje, poremećaje spavanja, nemir, tjeskobu ili uznemirenost, a u ekstremnim slučajevima i smrt. Dugoročne posljedice povezane su s prekomjernim unosom šećera, pretilošću, razvojem šećerne bolesti i karijesa. Tijekom tjelesne aktivnosti konzumacija energetskih pića nije preporučljiva zbog kombiniranog učinka znojenja i diuretskog djelovanja kofeina, što može dovesti do dehidracije (HZJZ, 2023).

Jedan od mikroorganizama koji može biti pogođen sastojcima energetskih pića je *Escherichia coli*, bakterija koja prirodno nastanjuje ljudska crijeva kao dio fiziološke flore. Ima važnu ulogu u probavi vlakana i složenih šećera, sintezi vitamina i održavanju ravnoteže crijevne mikroflore. *E. coli* pripada skupini štapićastih bakterija (bacila) i često se koristi kao modelni organizam u mikrobiološkim istraživanjima zbog jednostavnog uzgoja i brzog razmnožavanja. Vrijeme generacije pri optimalnoj temperaturi od 37 °C iznosi 10 do 20 minuta (Volner, 2014). Na krutim hranjivim podlogama kolonije *E. coli* vidljive su kao blijedo mliječne, okrugle nakupine glatkih rubova (slika 2).

Autori zadržavaju autorska prava te časopisu daju pravo prvog objavljivanja rada u skladu s licencijom CC BY 4.0, koja dopušta drugima dijeljenje rada uz navođenje autorstva i izvornog mjesta objavljivanja rada u časopisu.



Slika 1 Vrste energetskih pića korištenih u istraživačkom radu
Autori: Sabol D., Tičinović A., 2025.



Slika 2 *Escherichia coli* promatrana mikroskopom
Izvor: Reddit, 2018

Ideja za ovo istraživanje proizašla je iz opažanja u školi, gdje učenici viših razreda povremeno ostavljaju prazne limenke energetskih pića u učionicama. To je potaknulo pitanje mogu li sastojci energetskih pića utjecati na rast bakterija koje se često koriste u različitim vježbama i istraživanjima.

Ranija istraživanja ukazuju na različite učinke sastojaka energetskih pića na mikroorganizme. McConnell i Bakermans (2023) utvrdili su negativnu povezanost između koncentracije kofeina i stope rasta *E. coli*, zaključivši da kofein može djelovati kao antimikrobno sredstvo. Vinson i sur. (2017) pokazali su da jedno energetsko piće (Starbucks Doubleshot Espresso Energy) potiče rast bakterije *Streptococcus mutans*, dok većina ostalih energetskih pića značajno inhibira rast. Aljaloud (2016) je analizirala mikrobiološku sigurnost energetskih pića te utvrdila da zbog kiselosti i/ili kofeina ona nisu pogodno okruženje za rast *E. coli*.
Ciljevi ovoga istraživanja su:

1. utvrditi utjecaj različitih energetskih pića na rast i razvoj bakterije *E. coli* na hranjivim podlogama;
2. usporediti rast bakterija na podlogama s energetskim pićima s pozitivnom i negativnom kontrolom;
3. ispitati postoji li razlika u rastu bakterija ovisno o vrsti energetskog pića.

Pretpostavke su:

- dodatak energetskih pića hranjivoj podlozi utjecat će na rast i razvoj bakterije *E. coli* u odnosu na podlogu bez energetskog pića;
- rast *E. coli* na podlogama s energetskim pićima razlikovat će se od rasta na pozitivnoj kontroli (saharoza) i negativnoj kontroli (antibiotik ampicilin);
- različite vrste energetskih pića uzrokovat će razlike u rastu *E. coli* na hranjivim podlogama.

METODE RADA

Istraživanje je provedeno u dva navrata. Prvi dio, koji je uključivao pripremu hranjivih podloga, nasađivanje bakterija i brojanje kolonija E. coli, odrađen je u kabinetu biologije 6. svibnja 2025. godine. Drugi dio istraživanja, koji je obuhvaćao ponovnu pripremu podloga, zasijavanje i inkubaciju u kontroliranim uvjetima, proveden je u laboratoriju 5. lipnja 2025. godine. Pojmovi korišteni u opisu metoda (npr. Bunsenov plamenik, krute podloge, zasijavanje) preuzeti su iz Perković i sur. (2023).

U istraživanju je korišten komercijalni laboratorijski soj *E. coli* DH5α (Thermo Fisher Scientific, #18265017), koji nije patogen niti infektivan za ljude. Upotrijebljen je čisti soj bakterije kako bi

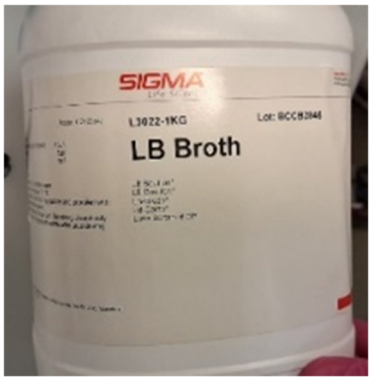
identifikacija i brojanje kolonija bili jednostavniji i pouzdaniji. Tijekom oba dijela istraživanja korištene su jednokratne rukavice, a u laboratoriju i zaštitna kuta. Energetska pića korištena u pokusu kupljena su u dvije različite trgovine. Budući da je korištena samo jedna vrsta bakterije uzgajana na čvrstoj podlozi kao čista kultura, brojanje kolonija bilo je jednostavno i jasno izvedivo.

Prije opisa pojedinih koraka, važno je naglasiti da su sve radne površine, pribor u laboratoriju kao i same limenke energetskih pića bili dezinficirani 70 %-tnim etanolom, dok dezinfekcija u kabinetu biologije nije bila provedena. U laboratoriju je tijekom pripreme podloga bio upaljen Bunsenov plamenik kako bi se spriječilo mikrobno onečišćenje, dok u kabinetu nije korišten.

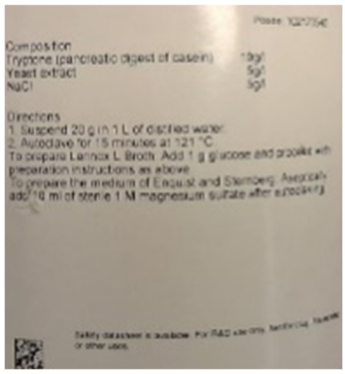
Priprema i otapanje agara

LB agar pripremljen je prema uputama proizvođača. U 1 L destilirane vode otopljeno je 25 g LB Broth praha (slika 3 i 4) i 12 g agara, nakon čega je otopina sterilizirana autoklaviranjem na 121 °C tijekom 30 minuta. Dobivena otopina (u daljnjem tekstu: agar) skrutnula se hlađenjem na sobnu temperaturu te ju je prije izlijevanja u Petrijeve zdjelice bilo potrebno ponovno otopiti.

U kabinetu biologije agar je otapan u staklenoj boci od 400 mL u vodenoj kupelji na električnom kuhalu tijekom 40 minuta (slika 5). U laboratoriju je agar otapan u mikrovalnoj pećnici 5 minuta na 800 W.



Slika 3 Pakiranje LB Broth prah
Autori: Sabol D., Tičinović A., 2025.



Slika 4 Upute na pakiranju LB Broth praha
Autori: Sabol D., Tičinović A., 2025.



Slika 5 Otapanje agara u vodenoj kupelji
Autori: Sabol D., Tičinović A., 2025.

Priprema krutih podloga za nasađivanje bakterija

Ukupno je pripremljena 21 plastična Petrijeva zdjelica, raspoređena po tri replike u okomitom nizu. Sve zdjelice označene su vodootpornim flomasterom s donje strane. Za svaku vrstu podloge (u daljnjem tekstu: uvjet, tablica 1) pripremljene su tri Petrijeve zdjelice.

Tablica 1 Uvjeti, sastav podloge, količina agara te dodatci

Uvjet	Sastav podloge	Količina agara (mL)	Dodatak (mL / µL)	Ukupni volumen (mL)
agar (bez dodataka)	LB agar	50	–	50
saharoza (pozitivna kontrola)	LB agar + otopina saharoze	40	10 mL otopine saharoze	50
Hell	LB agar + energetsko piće Hell	40	10 mL Hell	50
Uragan	LB agar + energetsko piće Uragan	40	10 mL Uragan	50
Red Bull	LB agar + energetsko piće Red Bull	40	10 mL Red Bull	50
Kong Strong	LB agar + energetsko piće Kong Strong	40	10 mL Kong Strong	50
antibiotik (negativna kontrola)	LB agar + antibiotik ampicilin	50	50 µL ampicilina (100 µg/mL)	50

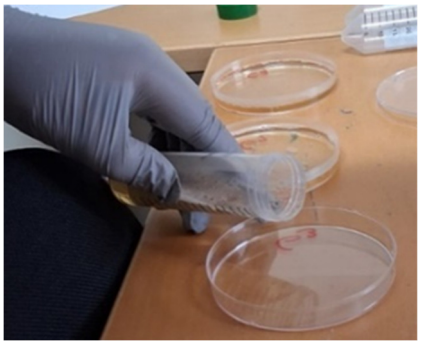
Kako bi podaci bili pregledniji, u tablici 1 prikazani su uvjeti, sastav i količina hranjivih podloga koje su pripremljene u plastičnim graduiranim epruvetama (Falcon) (slika 6). Sve otopine ručno su protresene i odmah izlijevane u Petrijeve zdjelice promjera 10 cm, u količini od približno 15 mL po zdjelici. Zdjelice su ostavljene 10 minuta da se podloga skrutne (slike 7 i 8).



Slika 6 Plastična graduirana epruveta od 50 mL
Autori: Sabol D., Tičinović A., 2025.



Slika 7 Uzimanje uzorka energetskog pića pomoću pipete
Autori: Sabol D., Tičinović A., 2025.



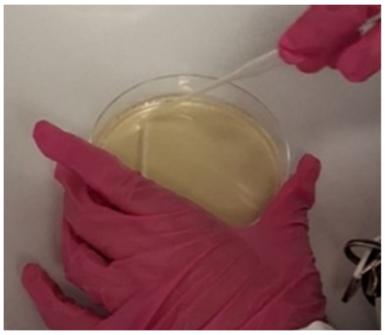
Slika 8 Ulijevanje tekućeg agara u Petrijevu zdjelicu
Autori: Sabol D., Tičinović A., 2025.

Zasijavanje uzoraka

Bakterije *E. coli* nalazile su se u tekućem mediju u ependorf epruveti te su prije upotrebe nekoliko puta ručno protresene kako bi se spriječilo taloženje stanica. Sterilnim nastavkom mikropipete uvučeno je 50 µL suspenzije bakterija, koje su izlijevane na sredinu svake Petrijeve zdjelice (slika 9). Bakterije su zatim ravnomjerno razmazane po površini podloge sterilnim staklenim štapićem (slika 10), prethodno dezinficiranim uranjanjem u 70 %-tni etanol i provlačenjem kroz plamen (u laboratoriju).



Slika 9 Izlijevanje bakterija na hranjive podloge pomoću mikropipete
Autori: Sabol D., Tičinović A., 2025.



Slika 10 Nasađivanje hranjive podloge *E. coli* u Petrijevoj zdjelici pomoću staklenog štapića
Autori: Sabol D., Tičinović A., 2025.

Broj zasijanih bakterija nije bio posebno definiran, jer je korišten protokol proizvođača koji preporučuje 50 µL suspenzije stanica za optimalne rezultate (Thermo Fisher bacteria protocol). Nakon zasijavanja zdjelice su poklopljene i okrenute naopako (agar prema gore) kako bi se spriječilo kapanje kondenzirane vode na kolonije. Sav korišteni pribor nakon upotrebe ispran je 70 %-tnim etanolom, a ruke su oprane sapunom unatoč nošenju rukavica.

Praćenje rasta bakterija

Petrijeve zdjelice pripremljene u kabinetu biologije držane su na sobnoj temperaturi (od 19 do 21 °C) i brojane nakon dva dana. Zdjelice pripremljene u laboratoriju inkubirane su pri 37 °C i brojane sljedeći

dan, 6. lipnja 2025. godine (slika 11). Brojanje kolonija izvedeno je označavanjem svake vidljive kolonije vodootpornim flomasterom s donje strane Petrijeve zdjelice (slika 12).



Slika 11 Inkubator za bakterije
Autori: Sabol D., Tičinović A., 2025.

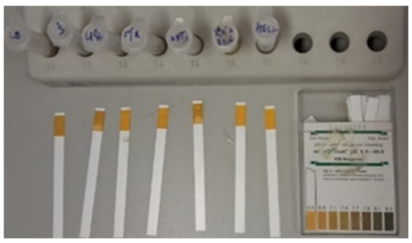


Slika 12 Brojanje kolonija *E. coli*
Autori: Sabol D., Tičinović A., 2025.

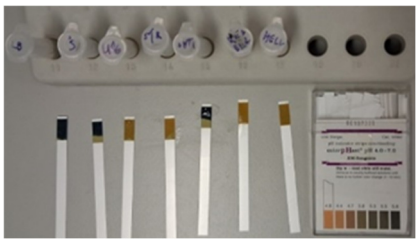
Određivanje pH vrijednosti krutih podloga

Nakon brojanja kolonija određena je pH vrijednost hranjivih podloga u svim uvjetima. Sa svake Petrijeve zdjelice sterilnom metalnom žličicom uzet je mali komadić podloge bez kolonija te prebačen u plastične epruvete volumena 1,5 mL (Eppendorf). Uzorci su zatim zagrijani u mikrovalnoj pećnici 1 do 2 minute na 800 W kako bi se podloga otopila.

U otopljenu podlogu uronjeni su indikatorski papirići. Za svaki uzorak korištene su dvije trakice: jedna raspona pH 6,5 do 8,3 (neutralno do lužnato; slika 13) i druga raspona pH 4,0 do 6,0 (kiselo do neutralno; slika 14). Usporedbom boje indikatorskih trakica s priloženim skalama određena je pH vrijednost svakog uzorka.



Slika 13 Indikatori za lužnatost
Autori: Sabol D., Tičinović A., 2025.



Slika 14 Indikatori za kiselost
Autori: Sabol D., Tičinović A., 2025.

U ovom istraživanju svi prikupljeni podaci obrađeni su pomoću programa Microsoft Excel. U Excelu su provedeni svi potrebni izračuni, uključujući određivanje prosječnih vrijednosti te standardne devijacije za svaki skup rezultata. Dobiveni statistički pokazatelji korišteni su za usporedbu replika i procjenu pouzdanosti mjerenja. Standardna devijacija je statistička mjera koja pokazuje koliko se pojedinačne vrijednosti u skupu podataka razlikuju od svoje prosječne vrijednosti. Ako je standardna devijacija mala, to znači da su rezultati međusobno slični i stabilni. Ako je standardna devijacija velika, to ukazuje na veliku raspršenost podataka i veće razlike među rezultatima (LZMK, 2024).

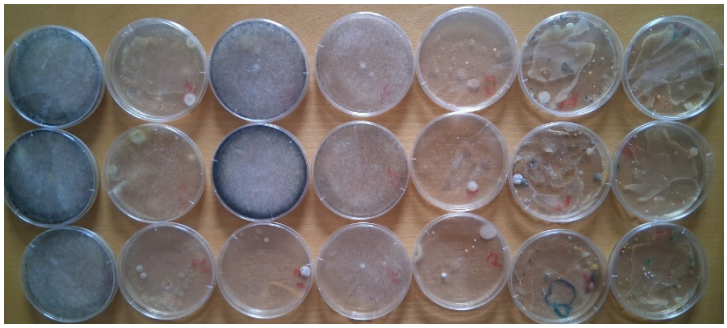
REZULTATI

U tablici 2 prikazani su nazivi energetskih pića te sastav tvari koje svako od korištenih napitaka sadrži. Ako je određena tvar prisutna, ali joj nije navedena količina, označena je znakom plus (+), dok su za tvari s navedenom količinom ili udjelom ti podaci posebno upisani.

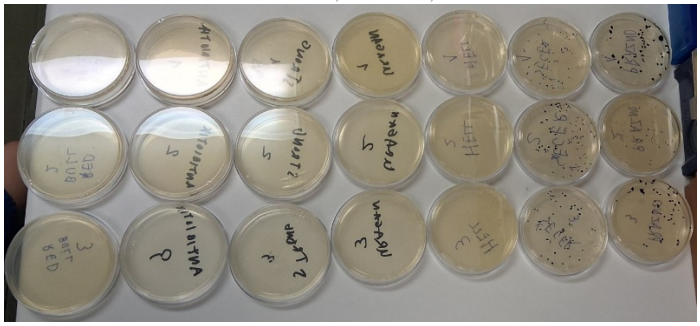
Tablica 2 Naziv energetskih pića i sastav s deklaracije proizvoda

	Naziv proizvoda/ značajke proizvoda	HELL classic	RED BULL	URAGAN clssic	KONG STRONG classic
Okus	tutti-frutti	+	-	voća	više vrsta voća
Sastojci	voda	+	+	+	+
	šećer	+	saharoza, glukoza	+	+
	limunska kiselina	+	+	+	+
	ugljični dioksid	min. 0,3%	-	+	+
	regulator kiselosti (natrijevi citrati)	+	natrijevi karbonati, magnezijevi karbonati	+	+
	kofein	(0,03%) 32mg/100mL	(0,03%) 32mg/100mL	(0,03%) 32mg/100mL	30mg/100mL
	aroma	+	+	+	+
	bojilo (amonijačni karamel)	+	obični karamel	+	obični karamel
	vitamini (niacin-vitamin B3 nikotinamid)	8,0mg	8,0mg	8,0mg	7,9mg
	pantotenska kiselina-vitamin B5 (kalcijev D-pantotenat)	2,0mg	2,0mg	2,0mg	2,0mg
	vitamin B6 (piridoksin-hidroklorid)	0,8mg	2,0mg	2,0mg	2,0mg
	vitamin B2 (riboflavin)	0,6mg	+	0,6mg	
	vitamin B12 (cijanokobalimin)	0,2µg	2,0µg	2,0µg	2,0µg
	glukuronolakton	+	-	+	+
	inozitol	+	-	+	-
	sol	0,20g	0,1g	0,20g	0,23g
	bjelančevine	0g	0g	<0,5g	0g
	ugljikohidrati/šećeri	11g	11g	11g	9g
	masti	0g	0g	<0,5g	0g
Prosječna hranjiva vrijednost/100 mL		194kJ (46kcal)	195kJ/ 46kcal	194kJ (46kcal)	162kJ (38kcal)

Slika 15 prikazuje hranjive podloge s bakterijama *E. coli* koje su zasijane u školi, dok slika 16 prikazuje hranjive podloge s bakterijama *E. coli* zasijane u laboratoriju.

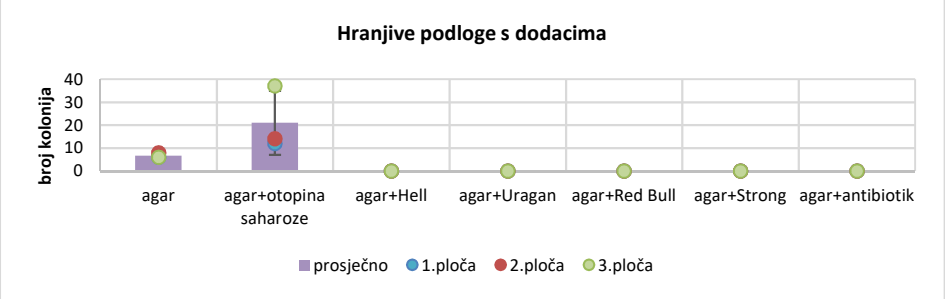


Slika 15 Hranjive podloge s bakterijama E.coli koje su nasađivane u školi
Autori: Sabol D., Tičinović A., 2025.



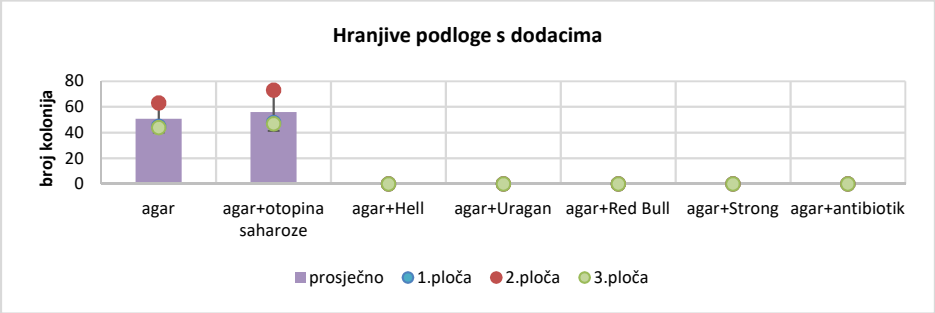
Slika 16 Hranjive podloge s bakterijama E.coli koje su nasađivane u laboratoriju
Autori: Sabol D., Tičinović A., 2025.

Slika 17 prikazuje broj kolonija bakterije *E. coli* u različitim eksperimentalnim uvjetima. Na horizontalnoj osi (x-os) nalazi se sedam uvjeta: hranjiva podloga bez dodataka, podloga s dodatkom saharoze kao pozitivna kontrola, četiri podloge s dodatkom različitih energetskih pića (Hell, Uragan, Red Bull i Kong Strong) te negativna kontrola koja sadrži antibiotik ampicilin. Na vertikalnoj osi (y-os) prikazan je broj formiranih kolonija. Bakterije *E. coli* zasijane su i brojane u školi, u kabinetu biologije, 12. svibnja 2025. godine pri temperaturi od 19 °C.



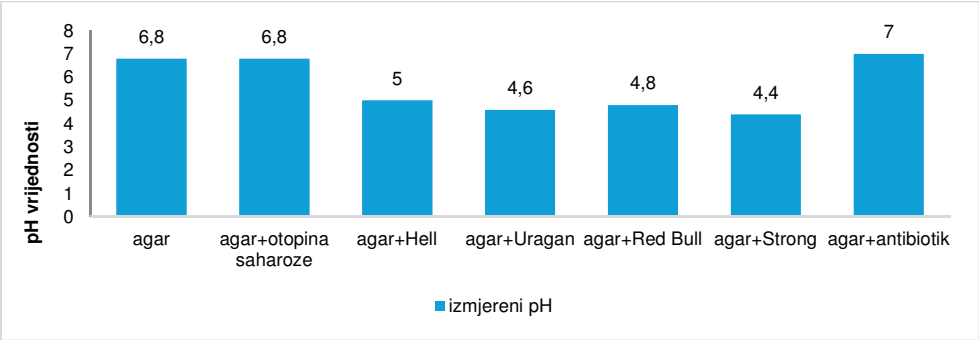
Slika 17 Broj kolonija bakterija *E.coli* u različitim uvjetima (nasađivano i brojano u školi)

Slika 18 prikazuje broj kolonija bakterije *E. coli* u različitim eksperimentalnim uvjetima. Na horizontalnoj osi (x-os) nalazi se sedam uvjeta: hranjiva podloga bez dodataka, podloga s dodatkom saharoze kao pozitivna kontrola, četiri podloge s dodatkom različitih energetskih pića (Hell, Uragan, Red Bull i Kong Strong) te negativna kontrola koja sadrži antibiotik ampicilin. Na vertikalnoj osi (y-os) prikazan je broj formiranih kolonija. Bakterije *E. coli* zasijane su i brojane u laboratoriju 6. lipnja 2025. godine pri temperaturi od 37 °C.



Slika 18 Broj kolonija bakterija *E.coli* u različitim uvjetima (nasađivano i brojano u laboratoriju)

Rezultati pH vrijednosti u različitim eksperimentalnim uvjetima prikazani su na Slici 19. Na horizontalnoj osi (x-os) nalazi se sedam hranjivih podloga: podloga bez dodataka, podloga s dodatkom saharoze kao pozitivna kontrola, četiri podloge s dodatkom različitih energetskih pića (Hell, Uragan, Red Bull i Kong Strong) te negativna kontrola koja sadrži antibiotik ampicilin. Na vertikalnoj osi (y-os) prikazana je izmjerena pH vrijednost svake hranjive podloge.



Slika 19 Izmjerene pH vrijednosti u različitim uvjetima

RASPRAVA

U ovom istraživanju želja je bila saznati kako energetska pića utječu na rast bakterije *Escherichia coli*. Očekivanje je bilo da će se bakterije bolje razvijati jer energetska pića sadrže puno šećera, a poznato je da *E. coli* koristi šećer kao izvor energije. Pretpostavka je bila da će se rast pojaviti i na podlogama s energetskim pićima, ali u manjoj količini nego na saharozi.

Tijekom prvog dijela istraživanja, koji je proveden u školi u nesterilnim uvjetima, na hranjivim podlogama razvile su se i druge bakterije i plijesni. To se vjerojatno dogodilo jer limenke energetskih pića nisu bile dezinficirane, pa su se na podloge prenijeli mikroorganizmi iz okoline. Zbog toga je istraživanje ponovljeno u laboratoriju, gdje su uvjeti bili puno čišći i kontroliraniji. Ipak, rezultati iz škole i laboratorija bili vrlo slični.

U oba okruženja najveći broj kolonija razvio se na podlozi sa saharozom. U školi je prosjek bio 21 kolonija, a u laboratoriju 56 kolonija, što pokazuje da viša temperatura (37 °C) potiče brži rast *E. coli*, što je u skladu s literaturom (Volner, 2014). Na čistom agaru također su uočene razlike: u školi je izbrojano 7 kolonija, a u laboratoriju 50. Ovi rezultati pokazuju da su saharoza i viša temperatura najvažniji čimbenici koji potiču rast bakterija.

Suprotno očekivanom, na podlogama s energetskim pićima nije se razvila niti jedna kolonija *E. coli*, ni u školi ni u laboratoriju. To znači da energetska pića nisu samo smanjila rast, nego su ga potpuno zaustavila. Ovakav rezultat slaže se s istraživanjem McConnella i Bakermansa (2023), gdje je opisano da kofein može usporiti ili potpuno zaustaviti rast *E. coli*. Budući da sva ispitivana energetska pića sadrže oko 30 mg kofeina na 100 , može se pretpostaviti da je kofein jedan od glavnih razloga zašto rast nije bio moguć.

Osim kofeina, važnu ulogu mogla je imati i kiselost energetskih pića. Izmjerene pH vrijednosti kretale su se od 4,4 do 5,0, što znači da su pića dosta kisela. *E. coli* najbolje raste u neutralnim uvjetima, oko pH 7. U literaturi (Aljaloud, 2016) navodi se da energetska pića zbog svoje kiselosti nisu dobro okruženje za rast ove bakterije. Dobiveni rezultati pokazuju da je upravo kombinacija kofeina, kiselosti i drugih dodataka (npr. limunske kiseline, aroma i vitamina) mogla potpuno zaustaviti rast.

Pretpostavka da će različite vrste energetskih pića imati različite učinke također nije potvrđena. Sva četiri pića (Hell, Uragan, Red Bull i Kong Strong) pokazala su isti rezultat – potpuna inhibicija rasta. To znači da su zajednički sastojci, poput kofeina i kiselina, vjerojatno najvažniji u sprječavanju rasta *E. coli*.

Negativna kontrola s ampicilinom također nije pokazala rast, što potvrđuje da je eksperiment bio pravilno izveden.

Dobiveni rezultati otvaraju i pitanje mogućeg utjecaja energetskih pića na korisne bakterije u crijevima. Iako su uvjeti u laboratoriju drugačiji od uvjeta u ljudskom tijelu, može se pretpostaviti da bi energetska pića mogla negativno djelovati na crijevnu mikrofloru, što je posebno važno za djecu i adolescente. Na to upozorava i HZJZ (2023), koji navodi da energetska pića nisu prikladna za mlade.

ZAKLJUČCI

Na temelju provedenog istraživanja o utjecaju energetskih pića na rast i razvoj bakterija E. coli doneseni su sljedeći zaključci:

- energetska pića (Hell, Uragan, Red Bull, Kong Strong) spriječila su rast bakterije *E. coli* u svim uvjetima istraživanja;
- najveći broj kolonija razvio se na podlozi sa saharozom, što potvrđuje da šećer potiče rast *E. coli* kada nema drugih tvari koje ga ometaju;
- negativna kontrola s ampicilinom očekivano je zaustavila rast, što potvrđuje ispravnost eksperimentalnog postupka;
- viša temperatura (37–40 °C) dovela je do značajno bržeg rasta bakterija na podlogama bez dodataka;
- pH vrijednosti energetskih pića (4,4–5,0) pokazuju da kiselost može pridonijeti sprječavanju rasta bakterija;
- rezultati su u skladu s ranijim istraživanjima koja navode da kofein i kiselost mogu nepovoljno djelovati na bakterije;
- obje pretpostavke istraživanja nisu potvrđene: šećer u energetskim pićima nije potaknuo rast, a rast nije bio samo smanjen, nego potpuno zaustavljen;
- dobiveni nalazi upućuju na mogućnost da energetska pića negativno utječu na korisne crijevne bakterije, što može imati posljedice za djecu i adolescente koji ih konzumiraju.

LITERATURA

Aljaloud O. S. 2016. Microbiological quality and safety of energy drink available in the local markets in Saudi Arabia. CORE, https://core.ac.uk/download/pdf/144733036.pdf, pristupljeno 20.5.2025.

HZJZ. 2023. Energetska pića nisu za mlada bića – promotivno edukativni materijali. Hrvatski zavod za javno zdravstvo, Služba za školsku medicinu, mentalno zdravlje i prevenciju ovisnosti.

Reddit. 2018. *E. coli* gram stained by my students. Reddit – MicroFans, https://www.reddit.com/r/MicroFans/comments/8osbh4/e_coli_gram_stained_by_my_students/, pristupljeno 20.5.2025.

LZMK. 2024. Standardna devijacija. Hrvatska enciklopedija, https://enciklopedija.hr/clanak/standardna-devijacija, pristupljeno 20.5.2025.

McConnell N. M., Bakermans C. 2023. Nutrijenti posreduju u inhibiciji *Escherichia coli* s kofeinom. PubMed Central, https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10472513/, pristupljeno 20.5.2025.

Perković D. i sur. 2013. Priručnik za vježbe: Medicinska bakteriologija i virologija. Zdravstveno veleučilište, Zagreb.

Thermo Fisher Scientific. 2004–2006. Subcloning Efficiency™ DH5α™ Competent Cells (#18265017). Invitrogen Corporation, www.invitrogen.com, pristupljeno 20.5.2025.

Vinson L. A., Goodlett K. A., Huang R., Eckert G. J., Gregory L. R. 2017. *In vitro* učinci sporta i energetskih pića na stvaranje biofilma i metaboličku aktivnost Streptococcus mutans. PubMed, https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29282165/, pristupljeno 20.5.2025.

Volner Z. 2014. Medicinska bakteriologija, virologija i parazitologija. Školska knjiga, Zagreb.