

Kofein u energetskeim napitcima i njegovi zdravstveni učinci

Pavlović, Nika

Professional thesis / Završni specijalistički

2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, School of Medicine / Sveučilište u Zagrebu, Medicinski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:105:867133>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-02**



Repository / Repozitorij:

[Dr Med - University of Zagreb School of Medicine Digital Repository](#)



Sveučilište u Zagrebu

Medicinski fakultet

Nika Pavlović

**KOFEIN U ENERGETSKIM NAPITCIMA I NJEGOVI
ZDRAVSTVENI UČINCI**

ZAVRŠNI SPECIJALISTIČKI RAD



Zagreb, 2018.

Sveučilište u Zagrebu

Medicinski fakultet

Nika Pavlović

**KOFEIN U ENERGETSKIM NAPITCIMA I NJEGOVI
ZDRAVSTVENI UČINCI**

ZAVRŠNI SPECIJALISTIČKI RAD

Zagreb, 2018.

Analize izvršene za potrebe završnog specijalističkog rada odrađene su u Laboratorijima Zavoda za primijenjenu kemiju i ekologiju Prehrambeno-tehnološkog fakulteta Osijek, F. Kuhača 20, Osijek

Mentor rada: prof. dr. sc. Ksenija Vitale

ZAHVALA:

Velika hvala mentorici prof. dr. sc. Kseniji Vitale na nesebičnoj pomoći, savjetima i suradnji tijekom poslijediplomskog studija te tijekom izrade završnog specijalističkog rada.

Zahvaljujem prof. dr. sc. Maji Miškulin na podršci, poticaju i razumijevanju tijekom svih ovih godina zajedničke suradnje.

Posveta:

Ovaj rad posvećujem svojoj kćerki Nevi koja mi je inspiracija za sva moja dosadašnja znanstvena postignuća a kao poticaj da i ona jednog dana krene mojim stopama.

Popis oznaka i kratica:

µm -	mikrometar
ANVISA –	Agência Nacional de Vigilância Sanitaria - Agencija za Sanitarni Nadzor
ATE –	Acute Toxicity Estimate - akutna toksičnost
BSDA -	British Soft Drinks Association
cAMP -	ciklički adenzin monofosfat
CAS –	Chemical Abstracts Service
CNS –	Centralni živčani sustav
CO ₂ -	ugljičkov dioksid
DAD –	detektor s nizom dioda
ECHA –	European Chemicals Agency (Europska agencija za kemikalije)
EDE –	Energy Drink Europe
EFSA –	European Food Safety Authority
ESPAD –	European School Survey Project on Alcohol and Other Drugs (Europsko istraživanje o pušenju, pijeđu alkohola i uzimanju droga)
EU –	Europska Unija
FDA –	Food and Drug Administration
FSSAI –	Food Safety and Standards Authority of India
g –	gram
GABA -	gama-aminomaslačna kiselina
GD –	granica detekcije
GK –	granica kvantifikacije
GmbH –	gesellschaft mit beschränkter Haftung
HGK –	Hrvatska gospodarska komora
HPLC –	High pressure liquid chromatography (visokotlačna tekućinska kromatografija)
Inc. –	incorporation
IUPAC –	The International Union of Pure and Applied Chemistry
kcal –	kilokalorija
L –	litra
MDK –	maksimalna dopuštena koncentracija

mg –	miligram
mL –	mililitar
mm -	milimetar
NN –	Narodne Novine
ppm -	parts per milion (mg/L)
REACH –	Registration, Evaluation, Authorisation and restriction of CHemicals
RH –	Republika Hrvatska
SNS -	simpatički živčani sustav
UK –	United Kingdom (Ujedinjena Kraljevina)
USA –	United States of America (Sjedinjene Američke Države)
WHO –	World Health Organisation (Svjetska Zdravstvena Organizacija)

SADRŽAJ

1. UVOD	1
1.1. Kofein.....	1
1.2. Farmakologija i farmakokinetika kofeina	4
1.3. Kofein u energetske napitcima.....	9
1.4. Energetski napitci i alkohol	11
2. HIPOTEZA I CILJEVI ISTRAŽIVANJA	13
3. MATERIJALI I METODE	14
3.1. Materijali	14
3.2. Određivanje sadržaja kofeina HPLC metodom	14
3.3. Kvalitativna analiza deklaracija	15
3.4. Pregled zakonske regulative	16
3.5. Pregled dosadašnjih slučajeva vezanih uz konzumaciju energetskih napitaka.....	16
3.6. Statistička analiza	16
4. REZULTATI	18
4.1. Kvalitativna analiza deklaracija	22
4.2. Rezultati mjerenja udjela kofeina	23
4.3. Pregled literature o mogućim rizicima (ekscesivne) konzumacije energetskih napitaka.....	30
4.4. Usporedba zakonske regulative energetskih napitaka u RH i ostalim zemljama	31
5. RASPRAVA	33
6. ZAKLJUČCI	40
7. SAŽETAK	42
8. LITERATURA	44
<i>Prilog</i>	54

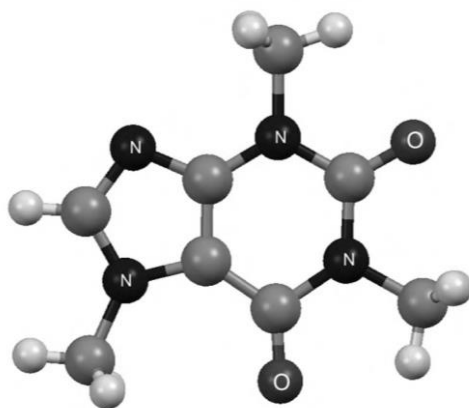
1. UVOD

Energetski napitak je tipičan bezalkoholni napitak koji sadrži visoke koncentracije kofeina i šećera u kombinaciji s različitim aditivima poput taurina, ginsenga, guarane, vitamina, konzervansa, regulatora kiselosti i bojila. Shodno tome, ima stimulirajuće djelovanje te se, uz ostalo koristi kako bi se ublažio umor i poboljšala mentalna budnost (1).

Iako su relativno nova vrsta pića na tržištu, sve su češće dio supkulture zabavnog života mladih, pogotovo ako se konzumiraju s alkoholnim pićima. Agresivno reklamiranje energetskih napitaka, koje je većinom usmjereno na mladu populaciju, kao i njihova nedostatna zakonska regulativa, mogu dovesti do javnozdravstvenog problema u budućnosti (1,3).

1.1. Kofein

Kofein tj. 1,3,7-trimetilksantin (prema IUPAC-u) organska je molekula koja se sastoji od četiri glavna elementa: ugljika, vodika, dušika i kisika te mu je molekularna formula $C_8H_{10}N_4O_2$ (**Slika 1**). Strukturno gledajući, ovaj ksantin sastoji se od dvostrukog prstena (šesteročlanog i peteročlanog). Registriran je kao 3,7-dihidro-1,3,7-trimetil-1 H- purin-2,6-dion prema *Chemical Abstracts Service* (CAS) pod brojem 58-08-2 (CAS 2010). Ovaj derivat purina kristalizira u dvije enantiotropne polimorfne kristalne forme tj. kao alfa- i beta- polimorf.



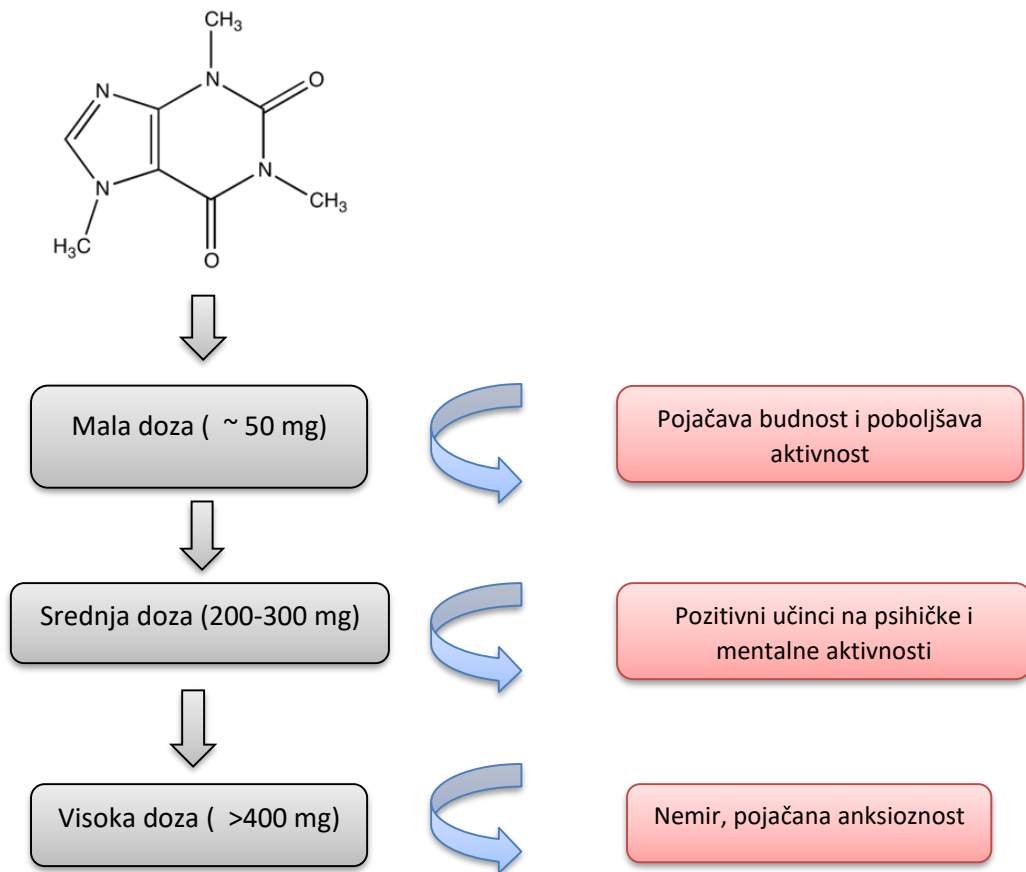
Slika 1. Molekularna struktura kofeina: tamno sivi atom = ugljik, svijetlo sivi atom = vodik
Tri metilne grupe vezane su na prvi, treći i sedmi dušik u prstenu (1,3,7-trimetilksantin) (4)

Kofein je u prirodi prisutan alkaloid, glavni u skupini metilksantinskih alkaloida, te se najčešće nalazi u listovima, grahoricama i plodovima različitih biljaka (4) a ekstrakcija s organskim otapalima najčešći je način izolacije kofeina. Topiv je u vodi, ulju, kloroformu te izrazito topiv u kipućoj vodi. Topivost u vodi mu je moguće povećati dodavanjem alkalnih benzoata, citrata ili salicilata. Relativno je stabilna molekula, no ne smije se isključiti mogućnost degradacije u prisustvu alkalija kao i prilikom zagrijavanja.

Prema regulativi Europske Unije (REACH Regulativa) 1272/2008 (EU 2008) kofein i njegove mješavine klasificirane su u 4. kategoriju (kategorija „upozorenja“) koja uključuje akutnu toksičnost (ATE) kod ingestijom unesene količine između 300 i 2000 mg/kg tjelesne težine te između 1000 i 2000 mg/kg tjelesne težine kod kožne izloženosti (ECHA, 2012). Međunarodna agencija za istraživanje raka (agencija u sklopu Svjetske zdravstvene organizacije) klasificirala je kofein u 3. grupu kao nekarcinogeni spoj zbog „neadekvatnih dokaza kancerogenosti u ljudi i eksperimentalnih životinja“ (WHO-IARC 1991).

Nakon konzumacije kofeinskog proizvoda i ulaska u krvotok, kofein utječe na središnji živčani sustav kao i na metabolizam. Oko polovice konzumiranog kofeina izlučuje se iz zdravog organizma kroz 4-5 sati.

Osim što ubrzava rad srca i podiže krvni tlak, stimulira mišiće da koriste masnoću kao gorivo. Štetni učinci kofeina mogu se manifestirati kod nekih ljudi već nakon ingestije veće od 200 mg kofeina te uključuje pojavu nesаницe, nervoze, glavobolje, tahikardije, aritmije i mučnine (5).



Slika 2. Djelovanje kofeina te utjecaj povećanja doze kofeina na organizam (4)

Niže koncentracije kofeina imaju pozitivan i stimulirajući učinak na organizam te potiču aktivnost i budnost, dok pri većim dozama dolazi do nuspojava poput nemira, pojačane anksioznosti te prekomjerne stimuliranosti (**Slika 2**).

Osobe koje redovito konzumiraju kofeinske proizvode mogu razviti ovisnost koja se pri izostanku kofeina može manifestirati pojavom glavobolje, smanjenim osjećajem budnosti, smanjenim osjećajem zadovoljstva i depresijom te iritabilnošću. Simptomi se javljaju između 12-24 sata nakon izostanka konzumacije a prolaze već nakon 2 – 9 dana. Također, simptomi se povlače odmah nakon ponovne konzumacije kofeina.

Učinak kofeina ovisi o puno faktora poput doze, izvora supstance, tjelesnoj težini te individualnom odgovoru (2). Europska agencija za sigurnost hrane (EFSA) smatra kako je sigurna doza kofeina od 200 mg za konzumente (odrasle osobe od 70 kg prosječne težine) te je naglasila kako opća potrošnja do 400 mg dnevno ne bi trebala imati štetni utjecaj na čovjeka (6).

Kofein je najčešće korištena psihoaktivna supstanca na svijetu s obzirom na njegov utjecaj na organizam (4,2). Popularnost proizvoda s kofeinom možda je samo slučajnost, no ostaje upitno bi li ti isti proizvodi, bez dodatka kofeina, i dalje bili toliko široko konzumirani (4).

1.2. Farmakologija i farmakokinetika kofeina

Kofein se u potpunosti apsorbira iz kofeinskih napitaka te u krvi dostiže vrhunac za oko 30-60 minuta. U velikoj se mjeri tada metabolizira u jetri uz citokrom P450 i to najprije demetiliranjem uz katalizator CYP1A2 do manjih metabolita tj. dimetilksantina, glavnog primarnog metabolita paraksantina (81,5%) zatim teobromina (10,8%) i na kraju teofilina (5,4%) (7,8) te u manjoj mjeri trimetiliranog urata i 1,3,7 – metilurične kiseline (**Slika 3**). Zbog

brze apsorpcije i laganog vezanja s proteinima, ovaj alkaloid prelazi međustanične barijere te se brzo i gotovo potpuno (oko 99%) apsorbira iz želuca (oko 20%) i tankog crijeva (oko 80%) distribuirajući se tako u većinu tkiva i organa. Distribucija se obično ne mijenja tijekom cijelog života, a može se reći da korelira s težinom pojedinca (8).

Manji udio kofeina se eliminira urinom nepromijenjen, dok daljnji metabolizam rezultira sekundarnim metabolitima tj. monometilksantinima poput 1-metilksantina, 3-metilksantina te 7-metilksantina, derivatima dimetilurata (1,3-metiluričnom kiselinom, 1,7-metiluričnom kiselinom) te monometiluratom tj. 1-metiluričnom kiselinom (9). Bitno je također napomenuti da alkaloidi lako prelaze unutarstanične barijere, uključujući placentne i krvno-moždane te se lako mogu otkriti u raznim tjelesnim tekućinama (8).

Pri konzumaciji kofeina postižu se različite koncentracije u organizmu što je zapravo individualno, a razlog su varijacije u organizmu koje ovise o četiri faktora (genetski polimorfizmi, indukcija i inhibicija citokrom P450 enzima, bolesti jetre te karakteristike poput spola i mase) (10). Dva najvažnija faktora koji utječu na metabolizam kofeina su trudnoća (endogeni faktor koji usporava metabolizam kofeina) i konzumacija cigareta (egzogeni faktor koji ubrzava metabolizam kofeina) (11).

Pri nižim koncentracijama u organizmu (od 1-30 μM) kofein djeluje antagonistički na adenozienske receptore dok pri višim koncentracijama ($<100\mu\text{M}$) djeluje na fosfodiesteraze, GABA_A receptore i kalcijeve kanale te tako iskazuje svoje biološke efekte u organizmu (10).

Adenozin se proizvodi na raznim mjestima u organizmu a specifični moždani receptori (A_1 , A_{2A} , A_{2B} i A_3) određuju njegovo neuroaktivno djelovanje. Afinitet A_{2B} i A_3 receptora prema adenozinu je relativno nizak što znači da u normalnim fiziološkim uvjetima kofein ne može djelovati blokadom ova dva receptora. Nasuprot tome, A_1 , A_{2A} receptori mogu biti aktivirani adenozinom te time pokazuju veliki afinitet i prema kofeinu (12,13). Znači, kofein se kompetitivno veže na adenozienske receptore te utječe na centralni živčani sustav (CNS) na

način da stimulira neuronsku aktivnost (14). Također, ovaj mehanizam dovodi i do lučenja noradrenalina, dopamina, acetilkolina, serotonina, gama-aminobuterne kiseline, glutamata i neuropeptida (15)

Kao inhibitor fosfodiesteraza (u koncentracijama od $480\mu\text{M}$), kofein pojačava trajanje i efekt cAMP što može potaknuti efekte kateholamina (10). Također, kofein smanjuje i graničnu koncentraciju Ca^{2+} iona potrebnih za aktivaciju unutarstanične mobilizacije kalcija (16). Za ostale mehanizme koje bi eventualno kofein mogao potaknuti, potrebne su njegove puno veće koncentracije u ljudskom organizmu (10).

Djelovanjem na neurotransmisiju u različitim dijelovima mozga, efekti kofeina su psihostimulirajući, čime on dovodi do poboljšanih funkcija poput pažnje, raspoloženja, uzbuđenosti (12), smanjenja umora, ubrzanja reakcije, bolje preciznosti, sposobnosti i koncentracije (17). Osim što je dokazano djelovanje na CNS, kofein se povezuje s različitim fiziološkim i farmakološkim efektima poput djelovanja na kardiovaskularni sustav, respiratorni sustav, bubrege te glatku mišićnu strukturu (15).

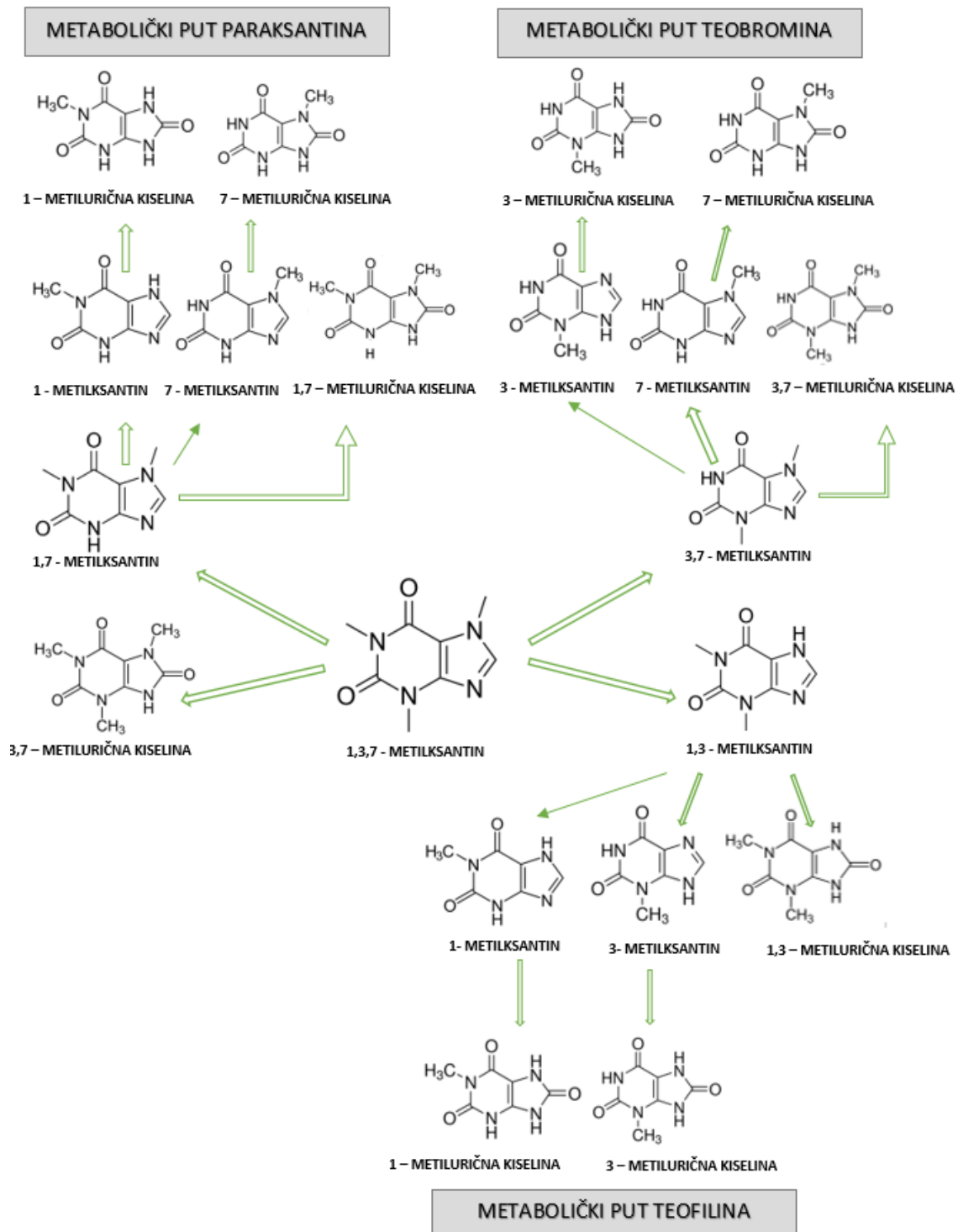
Unosom kofeinskog napitka u organizam dolazi do povećanja krvnog tlaka i otkucaja srca te do aktivacije simpatičkog živčanog sustava (SNS). Kod redovitih konzumenata ovaj efekt izostaje. Inače, do ovih akutnih efektata dolazi zbog antagonističkog djelovanja kofeina na adenzinske receptore a simptomi većinom prestaju nakon jednog sata od konzumacije. Pri konzumaciji kofeina u nižim koncentracijama, može doći do usporenog rada srca, a pri većim koncentracijama do tahikardije i aritmije (18). Također, blokadom adenzinskih receptora u respiratornim centrima, kofein povećava osjetljivost na CO_2 a periferno ima inhibicijski efekt na disanje blokiranjem $\text{A}_{2\text{A}}$ adenzinskih receptora u karotidnom tijelu. Nadalje, tim istim antagonizmom adenzinskih A_1 i $\text{A}_{2\text{A}}$ receptora kofein (ali i teofilin koji je njegov metabolit) djeluju diuretski (12). Sinha i sur. spominju povezanost kofeina i smanjenog rizika nealkoholne

masne bolesti jetre jer kofein smanjuje intrahepatički sadržaj lipida te stimulira β – oksidaciju u jetrenim ćelijama (19).

Kofein je također podložan i brojnim farmakokinetičkim interakcijama s lijekovima. Njegov metabolizam inhibira alkohol, cimetidin, disulfiram, meksiletan, norfloksacin te oralne kontraceptive koji sadrže estrogen. Budući da duhanski dim ubrzava metabolizam kofeina, razine kofeina u krvi povećavaju se u prosjeku više od 200% nakon prestanka pušenja (7). Dok kofein i teofilin djeluju inhibicijski na adenzin, alkohol tu razinu povećava. S obzirom da alkohol nema specifično mjesto vezivanja u mozgu on se ugrađuje u staničnu membranu mijenjajući na taj način njezinu fluidnost i djelujući na funkciju ionskih kanala i membranskih receptora koji su uključeni u različite neurotransmitterske sustave (20). Promatrajući interakciju kofeina i alkohola vidljiva je njihova moguća kompenzacija međusobno suprotnih neželjenih efekata. Mehanizmi se pak razlikuju kod akutne i kronične konzumacije alkohola. Tijekom akutne konzumacije alkohola, kofein uvelike antagonizira neželjene somnogene i ataksične efekte alkohola na način da blokira A_1 receptore. Također, ta povećana koncentracija alkohola u organizmu može smanjiti kofeinske anksiogene učinke. Kod kronične konzumacije alkohola kofein blokira osim A_1 također i A_{2A} receptore čime dolazi do „željenih“ efekata alkohola koji opet ovise o već smanjenom adenzinu na neurotransmisiju dopamina u tzv. „centru za nagradu“ (13).

Eksperimentalne studije dokazale su kako se kofein većim dijelom izlučuje bubrezima (70%) a samo 2% u obliku kofeina. Izlučivanje ovisi o bubrežnoj prokrvljenosti i prolasku urina iz razloga što se oko 99% resorbira u tubulima nefrona iako postoji korelacija krajnje koncentracije kofeina u urinu s koncentracijom u plazmi te s unosom tekućine u organizam. Izlučivanje fecesom u obliku 1,7-dimetilurične kiseline, 1-metilurične kiseline, 1,3-dimetilurične kiseline i 1,3,7-trimetilurične kiseline nije od veće važnosti (2-7%). Osim ovih

vrsta izlučivanja, kofein se izlučuje još i znojem te slinom što djelomično ovisi i o faktorima okoliša poput temperature (8).



Slika 3. Metabolički putevi kofeina i njegovih metabolita (9)

1.3. Kofein u energetskim napitcima

Osim konzumacije kofeinskih proizvoda nastalih od biljaka koje ga prirodno sadrže (zrna kave i kakaa, lišće čaja i maté, kola orah) kofein se može unijeti u ljudski organizam i putem konzumacije energetskih napitaka u koje je umjetno dodan (2,21). Efekt energetskog napitka ne može se uvijek predvidjeti čemu je najčešći razlog kombinacija nekih njegovih sastojaka (većeg udjela kofeina s taurinom, glukoronolaktonom, guaranom te vitaminima B grupe). Studije navode neke od tih tvari kao važne za pravilnu funkciju organizma no to ne znači da su one u tijelu deficitarne (5).

Literatura uglavnom ukazuje na negativne zdravstvene učinke energetskih napitaka koji nadilaze one korisne (22). S obzirom da su djetinjstvo i adolescencija dva jako važna razdoblja razvoja mozga kao i ubrzanog rasta, mlada je populacija tada najugroženija u odnosu na konzumaciju kofeina ili bilo kakve neuroekscitirajuće kemikalije, te se ne preporučuje konzumiranje energetskih napitaka u ovom razdoblju života (6). Energetski napitci su naime, funkcionalna pića prvenstveno namijenjena odraslima. Imajući u vidu da djeca imaju nižu tjelesnu težinu manja im je i tolerantnost na kofein tj. osjetljivija su na ovaj sastojak nego odrasle osobe (23). Prema Američkoj Akademiji za Pedijatriju, djeca i adolescenti ne bi trebali unositi više od 100 mg kofeina dnevno a činjenica je da jedan energetski napitak ponekad sadržava dvostruko višu koncentraciju (24). U adolescenata, kofein je vrlo popularan sastojak zbog svojih zdravstvenih učinaka poput budnosti, povećane koncentracije te smanjenja umora. Preporučeni dnevni unos kofeina za žene koje žele zatrudnjeti je manje od 300 mg dnevno dok se trudnicama predlaže da ne piju više od dvije šalice kave ili četiri šalice čaja dnevno također zbog većeg udjela ove supstance (21).

Ekstremna potrošnja kofeina također predstavlja i određene rizike za osobe s određenim dijagnozama bolesti. Primjer bi bili dijabetičari za koje se pak preporučuje znati koliko kofeina konzumiraju s obzirom da on može pogoršati hiperglikemiju (24).

Potrošači su danas sve zainteresiraniji informirati se putem deklaracija o sastojcima pojedinih proizvoda koji su odabrali kupiti i konzumirati. Na osviještenost potrošača (poglavito dodataka prehrani koji se mogu uzimati bez recepta) značajan je pozitivan utjecaj medija, prvenstveno televizije. Odredbe o nužnosti skretanja pozornosti o oprezu pri uzimanju hrane i lijekova, jamačno su zadane kao javnozdravstvena mjera koja očekivano ima učinak u cijeloj populaciji.

Giles i sur. (25) ispitali su učinke kofeina, taurina i glukoze energetskog napitka individualno kao i u njihovoj kombinaciji, te otkrili kako je samo kofein odgovoran za promjene u kognitivnim učincima nakon konzumiranja, poboljšanje kontrole i radne memorije, kao i psihomotorne aktivnosti (25). Samo za usporedbu, limenka kole može sadržavati oko 35 mg kofeina, šalica kave oko 100 mg, dok jedan energetski napitak može nadmašiti čak preko 500 mg kofeina (26). Naravno, mnogi ovi napitci imaju izraženu količinu posluživanja na deklaraciji, a ponekad i usporedbu sadržaja kofeina u energetskim napitcima i skuhanj kavi (27), kako bi konzumenti mogli imati bolju predodžbu. Već je otprije poznato kako kava može stvoriti ovisnost zbog značajnih koncentracija kofeina (28).

Europska agencija za sigurnost hrane (EFSA) preporučuje 3 mg kofeina po kilogramu tjelesne težine dnevno za djecu i adolescente, 400 mg dnevno za odrasle osobe, dok za trudnice maksimalnu dnevnu količinu unosa od 200 mg. Sažeti pregled dnevnog unosa kofeina u svim populacijama (djece, adolescenata i odraslih) u proteklom desetljeću pokazao je kako su kava, čaj i bezalkoholni napitci najvažniji izvori ove supstance, te kako je ukupni dnevni unos kofeina ostao stabilan zadnjih 10-15 godina. Literatura daje uvid kako se prirodni proizvodi koji sadrže kofein, često ne moraju obilježavati na deklaracijama proizvoda, dok bi proizvodi koji ga

umjetno dodaju, poput energetskih napitaka, ipak trebali deklarirati. Zbog navedenog, zabrinutost oko konzumiranja ove supstance raste pa su tako i potrošači sve zainteresiraniji oko deklaracija ovih proizvoda (29).

1.4. Energetski napitci i alkohol

Miješanje energetskih napitaka s alkoholom osobito je popularno među adolescentima te može dovesti do štetnih posljedica. Ovo miješanje dvostrukog je učinka; sedativnog alkoholnog učinka uz stimulirajući efekt kofeina (30). Porast trenda ovog miješanja alkohola i energetskih napitaka među djecom i adolescentima stvara novi izazov javnozdravstvenim djelatnicima, jednako kao i mjerodavnim službama te zakonodavnoj vlasti. Istraživanje studentske populacije u Ujedinjenom Kraljevstvu o mogućim razlozima miješanja alkohola i energetskih napitaka ili nekom drugom vrstom bezalkoholnog pića navelo je „pijanstvo“ kao glavni razlog. Također, miješanje alkohola i energetskih napitaka studenti su smatrali poželjnim u nekim posebnim prilikama te su kao razlog naveli i opuštanje u društvu (31). Turel (32) tvrdi kako zdravstveni stručnjaci, zajedno sa zakonodavcima pa i samom obitelji, trebaju raditi na smanjenju prodaje energetskih napitaka osobama mlađim od 18 godina, što bi ujedno smanjilo njihovu potrošnju te samim time i unos kofeina. Kao najveći rizik od konzumacije energetskih napitaka navode jednokratni visoki unos kofeina (32). Hammond, Reid i Zukowski spominju kako konzumacija energetskih napitaka s alkoholom i drugim stimulansima može djelovati sinergički te čak povećati učinke ove supstance (33). Temple, Ziegler i Epstein pokazali su svojim simuliranim eksperimentalnim trgovinama kako su bez obzira na dob, svi kupci osjetljivi na cijenu, dok je samo mlađa populacija zainteresirana za deklaracije energetskih napitaka (34).

U suradnji navedenih mjerodavnih tijela valjalo bi izraditi posebne propise za promatrane vrste napitaka, u kojima bi se ograničile vrijednosti kofeina. Jednako tako valjalo bi uvesti zabranu prodaje istih napitaka mlađoj populaciji. Osim jasnih zabrana i zakonske regulative, bitno je odrediti i objaviti posebne smjernice za sadašnje tržište (22).

2. HIPOTEZA I CILJEVI ISTRAŽIVANJA

Hipoteza ovoga rada istražuje postoji li značajna razlika deklariranih i izmjerenih koncentracija kofeina u dostupnim energetske napitcima na tržištu Osječko baranjske županije.

U svrhu saznanja da li deklarirane vrijednosti odgovaraju stvarnim vrijednostima kofeina u energetske napitcima, glavni cilj ovog istraživanja bio je kvantitativno određivanje njihove koncentracije kofeina instrumentalnom kromatografskom metodom.

Specifični ciljevi su:

- Analizirati energetske napitke na sadržaj kofeina
- Usporediti koncentracije kofeina s deklariranim vrijednostima, prema ostalim specifikacijama (sa šećerom i bez), volumenu, cijeni te energetske vrijednosti
- Usporedba regulative o energetske napitcima u RH i ostalim zemljama te kvalitativna analiza deklaracija
- Ukazati na opasnosti konzumiranja energetske napitaka prema pregledu literature te navesti najčešće razloge konzumiranja energetske napitaka

3. MATERIJALI I METODE

3.1. Materijali

U pet najvećih trgovačkih centara u Osječko-Baranjskoj županiji na području istočne Hrvatske, tijekom veljače 2018. godine, pronađeno je i nabavljeno ukupno 48 maloprodajno dostupnih komercijalnih i robnih marki energetskih napitaka.

3.2. Određivanje sadržaja kofeina HPLC metodom

Visokotlačna tekućinska kromatografija (*eng. High pressure Liquid chromatography* – HPLC) instrumentalna je analitička metoda odjeljivanja sastojaka smjese kojom se identificiraju, te kvantitativno i kvalitativno određuju kemijski sastojci, a koja kao mobilnu fazu koristi smjesu otapala (35,36). S obzirom da se radi o većoj koncentraciji analita (*ppm*) u tekućem uzorku ova analitička metoda pokazala se kao najbolji izbor.

Nekoliko mililitara od svakog sakupljenog energetskog napitka preneseno je pojedinačno u vijalice od 10 ml, te je uzorak označen na odgovarajući način. Prije analize, ovako pripremljeni uzorci degazirani su na ultrazvučnoj kupelji ELMA, Elmasonic P 120 H kroz deset minuta te filtrirani preko 0.2 μm najlon-filtera za HPLC i šprice. Degazirani i filtrirani uzorci preneseni su u manje vijalice od 1,5 ml za kromatografsku analizu.

Identifikacija i kvantifikacija sadržaja kofeina u energetskim napitcima odrađena je prema modificiranoj metodi Alves i sur. (37). Analiza je provedena na tekućinskom kromatografu visoke učinkovitosti Infinity 1260 Agilent Technologies (USA) pomoću detektora s nizom dioda (DAD) na Prehrambeno tehnološkom fakultetu u Osijeku. Konfiguracija instrumenta sadržavala je autosampler G7129A, kvarternu pumpu G7111B i

detektor DAD G7117C. Korištena je standardna Zorbax C₁₈ kolona, dimenzija 150 mm x 4,6 mm te pakirana s česticama promjera 5 µm. Gradijentna mobilna faza sastojala se od 1% mravlje kiseline i acetonitrila (95: 5), s protokom postavljenim na 1 ml/min a vrijeme trajanja analize bilo je 13 minuta. Temperatura kolone bila je podešena na 30 °C. U početku, mobilna faza bila je postavljena na 1% mravlje kiseline i acetonitril (95: 5) tijekom 9 minuta, zatim je bila (20:80) te je do trinaeste minute ponovno dosegla početne uvjete. Volumen iniciranja bio je 20 µl, a valna duljina 276 nm. Pet različitih standardnih radnih koncentracija kalibracije unutar mjerenog područja pripravljene su iz izvorne otopine standarda kofeina. Faktor korelacije kalibracijske krivulje bio je 0,999. Izračunata granica detekcije (GD) bila je 3,97 mg/L dok je granica kvantifikacije (GK) iznosila 12,04 mg/L. Analiza je provedena u tri mjerenja.

Sva otapala korištena za kromatografske analize bila su analitičke čistoće i marke J.T. Baker (USA). Standard kofeina nabavljen je od Dr. Ehrenstorfer GmbH, CAS broja G130131, vagan te razrijeđen u određenoj količini vode kako bi se dobila početna koncentracija izvornog standarda potrebnog za daljnju pripremu radnih kalibracijskih standarda.

3.3. Kvalitativna analiza deklaracija

Deklaracije svih nabavljenih energetske napitaka koji su bili dostupni u tom trenutku na tržištu trgovačkih centara bile su pročitane i analizirane. Uzorci su bili svrstani u skupine prema robnoj marci proizvoda, udjelu šećera, volumenu, cijeni te energetske vrijednosti proizvoda kao i statistički obrađeni s obzirom na razlike u deklariranim i izmjerenim koncentracijama kofeina te prema uputstvima za konzumaciju.

3.4. Pregled zakonske regulative

Prema podacima pretraživanja dostupnih pravilnika, zakona, uredbi te naputaka na službenim stranicama Narodnih novina (NN) uz korištenje ključne riječi „energetski napitak“ te „energetsko piće“ u razdoblju od 2010. godine do danas prikazano je sadašnje stanje zakonske regulative energetskih napitaka u Hrvatskoj, izmjene do kojih je došlo ili ako se planiraju u budućnosti, te je dana usporedba sa zakonskom regulativom energetskih napitaka u drugim zemljama svijeta.

3.5. Pregled dosadašnjih slučajeva vezanih uz konzumaciju energetskih napitaka

Pregledom dostupne literature (PubMed, Science Direct, Scopus, Web of Science) dan je uvid u konkretne zabilježene dosadašnje štetne ishode povezane s konzumacijom energetskih napitaka. Pretraživanje baza uključivalo je slijedeće pojmove (*eng. Search items*): „caffeine in energy drinks“, „possible risk of energy drink consumption“, „energy drink labels“, „concerns, caffeine in energy drinks“, „energy drink, health effects“, „energy drink adverse effects“, „energy drink caffeine overdose“.

3.6. Statistička analiza

Nakon potvrde normalne distribucije podataka Kolmogorov-Smirnovovim testom, svi su podaci bili obrađeni metodama deskriptivne statistike. Brojčane varijable opisane su kao srednja i standardna odstupanja. Mann-Whitney U test i Kruskal-Wallis test korišteni su za usporedbu numeričkih varijabli među određenim odabranim skupinama. Kategoričke varijable opisane su u apsolutnim i relativnim frekvencijama. Razina statističke značajnosti bila je p

$<0,05$. Statistička analiza provedena je pomoću statističkog paketa Statistica za Windows 2010 (verzija 10.0, StatSoft Inc., Tulsa, OK).

4. REZULTATI

Devet marki komercijalno dostupnih energetske napitaka pronađeno je u veljači 2018. godine na tržištu Osječko baranjske županije koji su uključivali komercijalne marke (88,888% tj 8/9) i robne marke (11,111% tj. 1/9). Unutar svake marke proizvoda (1-9) bilo je dostupno nekoliko vrsta koji su se razlikovali prema okusu, volumenu ili količini šećera. Podaci prikupljeni s deklaracija proizvoda dani su u **Tablici 1**. Svi dostupni energetske napitci bili su proizvedeni u drugim zemljama. Tako je iz Europske Unije bilo 91.666% (44/48) (Nizozemska, Poljska, Irska, Austrija, Njemačka, Mađarska i Ujedinjena Kraljevina), dok je 8.333% (4/48) bilo proizvedeno u zemljama trećeg svijeta (Srbija). S naznakom „bez šećera“ (eng. „*sugar free*“ ili „zero sugar“) bilo je 16.667% (8/48) napitaka dok je 83,333% (40/48) deklarirano kao napitci koji sadrže šećer (masa šećera istaknuta u nutritivnoj tablici na deklaraciji) te su tako bile i klasirane u dvije skupine (proizvodi bez šećera i proizvodi sa šećerom). Cijene proizvoda bile su određene prema cjeniku HGK (*Hrvatske gospodarske komore*) te su bile razvrstane u tri kategorije (niska cjenovna klasa=3.99kn-5.98kn, srednja cjenovna klasa=5.99kn-9.48kn te visoka cjenovna klasa=9.49kn-11.99kn). Cjenovna podjela ove tri klase razvrstana je prema rasponu cijena boca vode (niska cjenovna klasa), boce gaziranih sokova (srednja cjenovna klasa) te tetrapaku negaziranih prirodnih napitaka (visoka cjenovna klasa). Tako je u visokoj cjenovnoj klasi bilo 33,333% (16/48), u srednjoj cjenovnoj klasi 20,833% (10/48) dok je većina napitaka tj. 45,834% (22/48) bila u niskoj cjenovnoj klasi. Volumeni energetske napitaka također su varirali (250ml, 355ml, 500ml, 1000ml) te su klasirani u dvije kategorije tj. energetske napitci manjeg volumena (70,833% tj. 34/48) (250 i 355 ml) i oni većeg volumena (29,167% tj. 14/48) (500 i 1000 ml). Pri tekstualnoj analizi deklaracija, zamijećene su varijacije i u energetske vrijednosti te je klasifikacija određena u dvije kategorije tj. energetske napitci niže energetske vrijednosti (2-19 kcal) i s većom energetske vrijednosti (44-66 kcal).

Raspodjela u ove dvije skupine napravljena je prema energetske vrijednostima određenih napitaka. Prva kategorija tj. napitci nižih energetske vrijednosti uključile su aromatiziranu vodu poznate marke kao najnižu energetske vrijednost (2 kcal) te srednju vrijednost više aromatiziranih voda kao i neke „light“ napitke te „light“ vitaminski instant napitak poznate hrvatske robne marke (srednja vrijednost 19 kcal kao točka prekida). Druga kategorija tj. napitci viših energetske vrijednosti bila je u rasponu od srednje vrijednosti energetske vrijednosti više vrsta napitaka (sokova) poznatih marki (44 kcal) dok se za gornju granicu većih energetske vrijednosti uzela u obzir srednja vrijednost svih okusa vitaminskog instant napitka poznate hrvatske marke (66 kcal). Nižih energetske vrijednosti bilo je 18,750% (9/48) dok je 81,250% (39/48) bilo s većom energetske vrijednošću.

Tablica 1. Deklarativne vrijednosti energetskih napitaka dostupnih na tržištu trgovačkih centara koji imaju svoje dućane na području istočne Slavonije (veljača, 2018)

Robna marka	Vrsta proizvoda	volumen (ml)	srednji volumen (ml)	cijena (kn)	g šećera/100ml	kcal/100ml	zemlja porijekla
1	1	500	500	11.99	11	45	Irska
	2	500		11.99	11	48	Srbija
	3	500		11.99	11	47	Srbija
	4	500		11.99	11	48	Srbija
	5	500		11.99	4.2	19	Češka
	6	500		11.99	0	2	Irska
	7	500		11.99	0	3	Srbija
2	1	355	355	9.49	11	46	Nizozemska
	2	355		9.49	11	48	Nizozemska
3	1	500	500	10.99	12	51	Ujedinjeno Kraljevstvo
	2	500		10.99	14	57	Ujedinjeno Kraljevstvo
	3	500		10.99	15	66	Ujedinjeno Kraljevstvo
4	1	250	276.250	10.49	11	46	Austrija
	2	250		10.49	11	46	Austrija
	3	355		14.99	11	46	Austrija
	4	250		10.49	0	3	Austrija
5	1	250	250	6.99	0	3	Njemačka
	2	250		6.99	10	45	Njemačka
	3	250		6.99	13	56	Njemačka
6	1	250	277.780	3.99	11	48	Austrija
	2	250		3.99	14	57	Austrija
	3	250		3.99	11.4	48	Austrija
	4	250		3.99	11	47	Austrija
	5	250		3.99	0	3	Austrija
	6	250		3.99	11	48	Austrija
	7	250		3.99	11	48	Austrija
	8	250		3.99	11	45	Austrija
	9	500		7.99	11	45	Austrija

Robna marka	Vrsta proizvoda	volumen (ml)	srednji volumen (ml)	cijena (kn)	g šećera/100ml	kcal/100ml	zemlja porijekla
7	1	250	386.360	4.99	11	47	Poljska
	2	250		4.99	11	45	Poljska
	3	250		4.99	11	44	Poljska
	4	250		4.99	11	46	Poljska
	5	250		4.99	11	47	Poljska
	6	250		4.99	<0.5	3	Poljska
	7	250		4.99	11	45	Poljska
	8	250		4.99	11	46	Poljska
	9	250		4.99	11	47	Poljska
	10	1000		9.48	11	47	Poljska
	11	1000		9.48	<0.5	3	Poljska
8	1	250	250	5.99	0	2,4	Mađarska
	2	250		5.99	10.9	46	Mađarska
	3	250		5.99	11.1	46	Mađarska
	4	250		5.99	11.5	47	Mađarska
	5	250		5.99	10.9	46	Mađarska
	6	250		5.99	10.9	46	Mađarska
	7	250		5.99	10.9	46	Mađarska
9	1	500	375.000	8.99	10.3	44	Poljska
	2	250		4.99	10.3	44	Poljska

4.1. Kvalitativna analiza deklaracija

Uočeno je kako su deklaracije svakog pojedinog energetskeg napitka imale napomenu "visoki sadržaj kofeina" te istaknuto upozorenje kako se „konzumacija ne preporučuje djeci, trudnicama i dojiljama“. Robna marka 7 na svojim vrstama ima napomenu kako konzumiranje velikih količina energetskeg napitaka u kombinaciji s intenzivnim vježbanjem ili konzumacijom alkohola ne isključuje negativne učinke, dok neki drugi (1₆ te 3) ističu izuzetnu važnost uravnotežene prehrane kao i različitost u prehranbenim navikama te zdrav način života. Preporuke su i kako ovakve napitke treba "konzumirati odgovorno". Također, na deklaracijama se ističe kako se napitak ne preporuča ljudima koji su osjetljivi na kofein te da nije dopušteno miješati energetske napitak s alkoholom. Robna marka 8 na deklaracijama svojih vrsta energetskeg napitaka uspoređuje sadržaj kofeina jedne limenke s espresso kavom. Tako za vrste 8₁, 8₂ i 8₇ vrijedi napomena kako „250ml napitka sadrži 80mg kofeina koji iznosi približno sadržaju kofeina u 1 šalici espresso kave“, dok za vrste 8₃, 8₄, 8₅, i 8₆ vrijedi da „250ml napitka sadrži 96 mg kofeina što je jednako približnoj količini kofeina u 1,5 šalici espresso kave“. Ova robna marka (8) na svim svojim proizvodima navodi kako „ne preporučuje konzumiranje više od jedne limenke dnevno“ (250 ml). Robna marka 1, s druge strane, na deklaracijama nekih svojih energetskeg napitaka (1₁, 1₃) izričito navodi maksimalni dnevni unos tog specifičnog energetskeg napitka od 500 ml (što je i karakteristično za tu marku proizvoda jer su sve limenke tog volumena). Na deklaracijama svih vrsta proizvoda robne marke 4 (1, 2, 3, 4) stoje napomene kako „vitaliziraju tijelo i um“ i da su "cijenjeni među vrhunskim sportašima, studentima i svima koji obavljaju zahtjevne poslove, kao i pri dugoj vožnji" što je zapravo dobra reklama tim proizvodima. Također, ističu i važnost umjerene konzumacije. Robna marka 1 također kod nekih svojih vrsta energetskeg napitaka (1 i 5) ima napomenu „ne preporučuje se konzumiranje osobama osjetljivim na kofein i oboljelim od šećerne bolesti“. Uzorak 6₁ navodi „ne koristiti

pri intenzivnim sportskim aktivnostima“, dok uzorci robne marke 6 (2,4,5,6,7,8,9) imaju malo drugačiju ali sličnu napomenu „ne piti nakon intenzivnih sportskih aktivnosti“.

Proizvođači energetskih napitaka, osim kofeina na svojim deklaracijama navode vodu, šećer, ugljični dioksid, ta urin, prirodne ili umjetne arome, boje, inozitol, vitamine (većinom niacin, pantotensku kiselinu, B₆ i B₁₂), regulatore kiselosti, antioksidanse i neke druge (ovisno o okusu, različitim koncentratima sokova, ekstraktima i sl.). Ako energetski napitak ne sadrži šećer te je tako i deklariran, nadomjestak su mu u pravilu umjetni zaslađivači (ponajviše acesulfam K, aspartam i sukraloza).

4.2. Rezultati mjerenja udjela kofeina

Rezultati prikazani u **Tablici 2** prikazuju kako od devet robnih marki testiranih energetskih napitaka samo su njih tri (4, 6 i 7) imali mala odstupanja (<5mg/L), dok su dvije robne marke (1 i 8) imale odstupanje od 5 do 10 mg/L. Također, četiri robne marke (2, 3, 5 i 9) pokazale su odstupanje veće od 10 mg/L, a jedna od ta četiri (robna marka 3) čak odstupanje od 30.440 mg/L što je i najveće odstupanje u ovoj studiji kao i najveće prekoračenje deklarirane vrijednosti. Prosječna mjerena koncentracija kofeina svih ispitivanih energetskih napitaka iznosila je 322.718 mg/L.

Tablica 2. Deklarirane i izmjerene vrijednosti kofeina u energetske napitcima te odstupanja od deklarirane vrijednosti

Robna marka	Vrsta proizvoda	Iznos kofeina na deklaraciji (mg /L)	Deklarirana srednja vrijednost kofeina (mg/L)	Izmjerena koncentracija (mg/L)	Izmjerena srednja vrijednost kofeina (mg/L)	Odstupanje izmjerene od deklarirane vrijednosti (%)	Srednje odstupanje od deklarirane vrijednosti (mg/L)
1	1	320	314.286	317,507	304.952±0.323	-0,779	-9.334
	2	320		302,239		-5,550	
	3	320		318,317		-0,526	
	4	320		313,523		-2,024	
	5	320		301,643		-5,737	
	6	300		277,400		-7,533	
	7	300		304,037		1,346	
2	1	320	320	341,733	333.272±0.235	6,792	13.272
	2	320		324,810		1,503	
3	3	300	300	325,763	330.440±0.506	8,588	30.440
	4	300		333,707		11,236	
	5	300		331,850		10,617	
4	1	320	320	322,383	317.802±0.365	0,745	-2.198
	2	320		316,473		-1,102	
	3	320		328,847		2,765	
	4	320		303,503		-5,155	

Robna marka	Vrsta proizvoda	Iznos kofeina na deklaraciji (mg/L)	Deklarirana srednja vrijednost kofeina (mg/L)	Izmjerena koncentracija (mg/L)	Izmjerena srednja vrijednost kofeina (mg/L)	Odstupanje izmjerene od deklarirane vrijednosti (%)	Srednje odstupanje od deklarirane vrijednosti (mg/L)
5	1	320	320	307,490	303.673±0.609	-3,909	-16.327
	2	320		319,150		-0,266	
	3	320		284,380		-11,131	
6	1	320	313.333	318,253	314.159±0.426	-0,546	0.825
	2	320		331,473		3,585	
	3	260		264,447		1,710	
	4	320		315,793		-1,315	
	5	320		316,740		-1,019	
	6	320		320,523		0,164	
	7	320		338,389		5,746	
	8	320		312,957		-2,201	
	9	320		308,853		-3,483	
7	1	300	300	317,377	302.425±0.381	5,792	2.425
	2	300		308,700		2,900	
	3	300		305,277		1,759	
	4	300		315,737		5,246	
	5	300		289,733		-3,422	
	6	300		301,237		0,412	
	7	300		323,633		7,878	
	8	300		271,490		-9,503	

Robna marka	Vrsta proizvoda	Iznos kofeina na deklaraciji (mg /L)	Deklarirana srednja vrijednost kofeina (mg/L)	Izmjerena koncentracija (mg/L)	Izmjerena srednja vrijednost kofeina (mg/L)	Odstupanje izmjerene od deklarirane vrijednosti (%)	Srednje odstupanje od deklarirane vrijednosti (mg/L)
7	9	300	300	294,810	302.425±0.381	-1,730	2.425
	10	300		304,747		1,582	
	11	300		293,937		-2,021	
8	1	320	356.571	329,087	363.392±0.546	2,840	6.821
	2	320		334,987		4,683	
	3	384		379,743		-1,109	
	4	384		395,827		3,080	
	5	384		388,143		1,079	
	6	384		388,963		1,293	
	7	320		326,996		2,186	
9	1	320	320	327,147	334.343±0.646	2,233	14.343
	2	320		341,540		6,731	

Tablica 3. prikazuje statistički značajnu razliku u označenim i izmjerenim vrijednostima kofeina s obzirom na deklarirani sadržaj šećera ("bez šećera" i u onima koji sadrže šećer) ($p = 0,024$). Rezultati koncentracije kofeina ukazuju na blago odstupanje u obje ispitivane skupine s obzirom da su u skupini 1 ("bez šećera") prosječne koncentracije kofeina bile niže od označenih, dok su u skupini 2 (proizvodi sa šećerom) vrijednosti bile nešto više od označenih.

Tablica 3. Razlika u izmjerenoj i deklariranoj vrijednosti kofeina između grupa energetskih napitaka prema udjelu šećera

Grupa energetskih napitaka s obzirom na deklaraciju	Broj uzoraka (%)	Deklarirana srednja vrijednost kofeina (mg/L)	Izmjerena srednja vrijednost kofeina (mg/L)	p^*
Grupa 1 (deklarirana kao "zero free" ili "bez šećera")	8 (16.667)	310.000	304.179	0.024
Grupa 2 (označena kako "sadrži šećer")	40 (83.333)	318.900	322.697	

*Mann-Whitney U test

Tablica 4. prikazuje još jednu statistički značajnu razliku i to u mjerenim i deklariranim koncentracijama kofeina između cjenovnih skupina proizvoda ($p = 0,024$). Energetski napitci srednjeg cjenovnog ranga pokazali su najniže odstupanje od deklarirane vrijednosti kofeina, dok su energetski napitci niskog i visokog cjenovnog ranga imali veće vrijednosti kofeina nego što je deklarirano.

Tablica 4. Razlika u izmjerenoj i deklariranoj vrijednosti kofeina između grupa energetskih napitaka s obzirom na cijenu proizvoda

Grupa energetskih napitaka s obzirom na cijenu proizvoda	Broj uzoraka (%)	Deklarirana srednja vrijednost kofeina (mg/L)	Izmjerena srednja vrijednost kofeina (mg/L)	P^*
Grupa 1 (visoka cijena)	16 (33.333)	313.750	316.483	0.024
Grupa 2 (srednja cijena proizvoda)	10 (20.833)	345.600	345.477	
Group 3 (niska cijena proizvoda)	22 (45.834)	307.273	310.127	

*Kruskal Wallis test

Nasuprot tim rezultatima, **Tablica 5.** pak pokazuje kako nema statistički značajne razlike u mjerenim i deklariranim koncentracijama kofeina između energetske napitaka s obzirom na volumen proizvoda ($p = 0,212$), iako su izmjerene vrijednosti malo više za obje promatrane skupine, manjih i većih volumena energetske napitaka.

Tablica 5. Razlika u izmjerenoj i deklariranoj vrijednosti kofeina između grupa energetske napitaka s obzirom na volumen proizvoda

Grupa energetske napitaka s obzirom na volume proizvoda	Broj uzoraka (%)	Deklarirana srednja vrijednost kofeina (mg/L)	Izmjerena srednja vrijednost kofeina (mg/L)	<i>P</i>*
Grupa 1 (manji volumen; između 250 i 355 mL)	34 (70.833)	320.471	322.960	0.212
Grupa 2 (veći volumen; između 500 i 1000 mL)	14 (29.167)	310.000	311.476	

*Mann-Whitney U test

4.3. Pregled literature o mogućim rizicima konzumacije energetskih napitaka

Prema Godišnjem Izvješću Američkih toksikoloških Centara za 2017. godinu zabilježene su 1631 prijava izloženosti kofeinu iz energetskih napitaka (38) (više nego za 2016. godinu kada je bilo 1599 prijava izloženosti (39), te malo više nego 2015. godine (1626 prijava izloženosti) (40). Od toga je za 2017. godinu bilo 1303 djece do 19.godina starosti te 294 iznad 20 godina starosti (38).

Registrirano je kako energetske napitke konzumira 30-50% adolescenata i mlađe populacije. Određene studije navode ozbiljna trovanja koja se mogu povezati s konzumacijom kofeinskih napitaka kod prethodno zdravih osoba. Prema farmakokinetičkom modelu analize konzumacije energetskih napitaka, koncentracija kofeina u serumu nakon konzumacije 1-2 energetska napitka preklapa se s onima zabilježenim kod smrtnih ishoda uzrokovanim kofeinom. Ova stavka je posebno zabrinjavajuća kod mladih konzumenata manje tjelesne mase (41). Wikoff (2017) navodi kako iako postoje iznimke, dokazano je kako konzumacija do 400 mg kofeina dnevno kod zdravih odraslih ljudi ne bi trebala izazvati štetne učinke. Granica osjetljivosti na kofein može varirati kod svakog ponaosob zbog čega postoje smjernice pri konzumaciji. Naravno, posebna pažnja treba se posvetiti vulnerabilnim populacijskim skupinama (42). Izvor potencijalne akutne intoksikacije kofeinom izgledniji je uslijed konzumacije energetskih napitaka nego od strane ostalih prehrambenih izvora baš iz razloga visokog udjela kofeina sadržanog u njima (3).

Prema udruzi „Energy Drinks Europe“ pretjeran unos bilo koje vrste hrane i napitka može narušiti zdravlje pojedinca. Iz tog se razloga uvijek preporučuje umjerena konzumacija svih namirnica pa tako i energetskih napitaka (43).

4.4. Usporedba zakonske regulative energetskih napitaka u RH i ostalim zemljama

Pregledom svih dostupnih pravilnika, zakona, uredbi te naputaka na službenim stranicama Narodnih novina (NN) koristeći ključne riječi „energetski napitak“ te „energetsko piće“ od 2010. godine do danas, utvrdilo se kako su ovi napitci zakonski regulirani samo u Pravilniku o općem označavanju, reklamiranju i prezentiranju hrane iz 2011. godine u Republici Hrvatskoj te prema Članku 14, Stavku 2 „pića namijenjena konzumaciji bez promjena, prethodne pripreme ili nakon pripreme iz koncentriranog ili suhog proizvoda, a koja sadrže kofein iz bilo kojeg izvora u količini većoj od 150 mg/L, u istom vidnom polju u kojem je naziv hrane moraju imati i navod »visok sadržaj kofeina« te iza navoda u zagradi podatak o količini kofeina izraženoj u mg/100 mL“. Također, ostali sastojci energetskih napitaka poput taurina, određeni su nekim drugim propisima (44).

Ovaj Pravilnik usklađen je prema Regulativi Europske Unije br. 1169/2011. koja zahtjeva posebno deklariranje napitaka s visokim udjelom kofeina dodanog kako bi se poboljšao psihološki efekat. Tako u Regulativi osim što stoji kako „oni napitci koji sadrže preko 150 mg/L kofeina, potrebno je ovakav proizvod deklarirati još i: „Visok sadržaj kofeina. Nije preporučljivo za djecu, trudnice ili dojilje“. Napomene također trebaju biti u vidnom polju potrošača, odmah pored imena proizvoda, zajedno s količinom kofeina izraženom u mg/ 100 ml.“ Trenutno niti ne postoji dobno ograničenje za prodaju energetskih napitaka, iako trgovci mogu dobrovoljno uvesti minimalnu dob za prodaju visoko kofeinskih napitaka. „British Soft Drinks Association“ (BSDA) savjetovala je uključivanje izjave „konzumirati umjereno“ ili slično (45). Australija svrstava energetske napitke u „Opći zakon o hrani“ koji je u skladu s Kodeksom standarda 2.6.4. o kofeinskim napitcima. Kodeks navodi kako energetski napitci ne smiju imati više od 32 mg/100 ml kao i sukladnost s zahtjevima za označavanje kofeina preporuke za korištenje, te izjave kako proizvod nije prikladan za djecu, trudnice i dojilje (46).

Neke zemlje zabranile su prodaju energetskih napitaka nakon smrtnih ishoda povezanih s njihovom konzumacijom što se spominje u poglavlju 5.

5. RASPRAVA

Attipoe, Leggit i Deuster ispitivali su koncentracije kofeina u devet energetskih napitaka pored ostalih navedenih sastojaka na deklaracijama, utvrdili koncentracije kofeina u odstupanju od deklaracije unutar $\pm 15\%$, te naveli kako ti rezultati ne zadovoljavaju Smjernice FDA (eng. *Food and Drug Administration* – Uprava za hranu i lijekove SAD-a). Napitci koji nisu imali izraženu koncentraciju kofeina na svojim deklaracijama, imali su veće koncentracije kofeina od onih napitaka koji su naveli njegovu vrijednost. Promatrajući sva naša odstupanja od deklaracije izražena u postotku, može se zaključiti kako je naša studija provedena u Osijeku u skladu s navedenom studijom (47) (unutar $\pm 15\%$). Srđenović i sur. (48) također su pronašli snažnu povezanost izmjerenih i deklariranih vrijednosti kofeina u četiri odabrana energetska napitka te naveli kako su svi uzorci bili u intervalu pouzdanosti od 95%. Naša studija naime pokazuje kako dvije robne marke (3 i 5) nisu u tom intervalu (srednje odstupanje po robnoj marki: 10.147% i 5.102%) što i nije puno s obzirom na broj ispitivanih uzoraka. Ballus i suradnici ispitivali su koncentracije kofeina u dvadesetjednom energetskom napitku od sedam različitih robnih marki te utvrdili niže izmjerene vrijednosti kofeina u svim uzorcima nego što je deklarirano. Dvije robne marke su se uklopile u interval od 95% pouzdanosti, 2,2% i 0,4%, dok su ostali imali odstupanja od 12,9% do 17%. 72% uzoraka nije bilo u skladu s ANVISA (tal. *Agência Nacional de Vigilância Sanitaria* - Agencija za Sanitarni Nadzor) oko regulative koja nalaže slaganje koncentracija kofeina s deklaracijama proizvoda kao i da nije definirano koliko odstupanje od deklarirane vrijednosti smije postojati dok za ostale komponente energetskog napitka dozvoljava odstupanje od 20%. Kao razlog odstupanja navodi se mogućnost greške u kontroli kvalitete kod umjetnog dodavanja kofeina tijekom obrade energetskog napitka kao formuliranog proizvoda (49). Promatrajući srednje odstupanje od

deklarirane vrijednosti kofeina u našoj studiji, niža vrijednost udjela kofeina izmjerena je kod tri robne marke (1, 4 i 5).

Studija (50) koja je ispitivala koncentraciju kofeina u tri različita energetska napitka dostupna na lokalnom tržištu u Sudanu navela je prosječnu koncentraciju od 255,4 mg/L no bez usporedbe s deklaracijom. Keaver i sur. (51) ispitivali su koncentracije kofeina i šećera, cijenu te volumen dostupnih energetske napitaka (67) u Irskoj tijekom 2015. te otkrili prosječnu koncentraciju kofeina u energetskim napitcima od 307 mg/L što je nešto niža prosječna vrijednost nego u našem istraživanju (322.718 mg/L). Energetskih napitaka koji su sadržavali šećer bilo je 75,641% (59/78) dok je 24,359% (19/78) bilo bez šećera, slična no opet veća razlika nego u ovoj studiji (83.333% sa šećerom te 16.667% bez šećera). Prosječna deklarirana koncentracija šećera bila je 10,6 g/100 ml s minimalnom koncentracijom od 2,9 g/100 ml te maksimalnom koncentracijom od 15,6 g/100 ml. Volumen napitaka od 250 do 500 ml pokazao je značajne statističke razlike u koncentracijama kofeina i šećera. Rudolph i sur. (52) ispitali su različite proizvode koji sadrže kofein uključujući 21 energetski napitak te pomoću HPLC tehnike otkrili varijacije u izmjerenim koncentracijama kofeina u rasponu od 266 – 340 mg/L. Naveli su te varijacije kao znatno manje u odnosu na njihovu prosječnu koncentraciju (303 mg/L). Istraživanje (53) udjela kofeina u četirima vrsta energetske napitaka na lokalnom tržištu u Pakistanu otkrilo je prosječnu vrijednost kofeina od 299,91 mg/L, sličnu studiji Rudolph-a i sur. (29) kao i činjenicu kako je 50% uzoraka (2/4) imalo manje vrijednosti kofeina od deklariranih (76,966%, 80,135%), jedan koncentraciju višu od deklarirane (113%), a jedan je bio u skladu s deklaracijom (99,983%). Ayala, Simons i Kerrigan (54) usporedili su izmjerene i deklarirane vrijednosti kofeina u jedanaest energetske napitaka te objavili prosječnu koncentraciju od 357,182 mg/L što je veća prosječna koncentracija nego u našem istraživanju.

Ispitivani napitci imali su znatno veće vrijednosti, dok je jedna robna marka napitka pokazala odličnu podudarnost s deklaracijom.

Prasad Rai i suradnici (55) ispitali su 10 energetskih napitaka na Nepalskom tržištu te utvrdili varijacije u mjerenim vrijednostima kofeina od „nedetektiranih“ do 357,8 mg/L. Samo 60% testiranih uzoraka (6/10) podudaralo se s deklariranim vrijednostima kofeina. Nour, Trandafir i Ionică (56) izmjerili su prosječnu koncentraciju kofeina u deset ispitivanih energetskih napitaka na Rumunjskom tržištu od 309.600 mg/L. Sanchez (57) je istraživao koncentracije metilksantina u različitim uzorcima hrane i pića, odnosno kofein, teobromin i teofilin, te zaključio kako je kofein najčešći metilksantin u ispitivanim uzorcima. Energetski su napitci pokazali sadržaj kofeina sličan sadržaju u espresso kavi. U dvadesettri uzorka energetskih napitaka od četiri različite robne marke, deklarirali su vrijednost kofeina od 320 mg/L što je u skladu s deklaracijama u našem istraživanju, a rezultati za tri robne marke pokazali su kako nema statistički značajnih razlika između deklarirane i izmjerene vrijednosti kofeina, dok je jedna marka pokazala znatno veću koncentraciju kofeina od deklarirane vrijednosti. Sanchez je istaknuo ovu sličnost u koncentracijama kofeina kao dokaz umjetnog dodavanja kofeina u napitke. McCusker, Goldberger i Cone (58) naveli su prosječnu koncentraciju kofeina od 271,730 mg/L za energetske napitke koji "sadrže šećer" i 263,59 mg/L za energetske napitke koji ne sadrže šećer iste robne marke proizvoda, što je u skladu s našim istraživanjem (niža koncentracija kofeina u zašećerenim verzijama napitaka i onima bez šećera). U tadašnje vrijeme kofein nije bio izražen na deklaracijama ovih proizvoda tako da se vrijednosti nisu ni mogle uspoređivati.

Kole i Barnhill (24) spominju nedosljednu regulaciju proizvoda s kofeinom na američkom tržištu koji većinom ne štite potrošače te ukazuju na potrebne revizije i izmjene zakonske regulative. Napominju kako bi poboljšana zakonska regulacija definitivno smanjila te možda čak i spriječila nuspojave vezane uz potrošnju kofeina kod ciljanih ranjivih skupina

(24). Općenito, zakonska regulacija energetskih napitaka, zajedno s deklariranjem sadržaja kao i upozorenjima za štetnost zdravlju varira među zemljama, dok je prema literaturi svakako najmanje regulirano američko tržište koje je i najveće tržište danas. Tako se konzumacija energetskog napitka za poboljšanje atletske učinkovitosti ne mora nužno biti daleko od ne-medicinske uporabe anaboličkih steroida ili farmaceutskih stimulansa za postizanje konkurentne prednosti (59).

Konzumiranje energetskih napitaka, tj. napitaka koja sadrže kombinaciju kofeina, stimulansa i ostalih sastojaka za povećanje energije, može pridonijeti većem riziku od konzumacije alkohola u mlađoj populaciji. Prema Europskom istraživanju o pušenju, pijenju alkohola i uzimanju droga među učenicima 16 zemalja (ESPAD) 2015. godine 86,4% tinejdžera u dobi od 16 godina konzumira energetske napitke dok ih je 47,5% istodobno konzumiralo uz alkohol. Nije strano koliko je ova kombinacija izuzetno opasna te kako predstavlja poseban zdravstveni rizik kod mlađe populacije (60). Kako smo već naveli, u Hrvatskoj su energetske napitke zakonski regulirani Pravilnikom o općem označavanju, reklamiranju i prezentiranju hrane iz 2011. godine te prema Članku 14, Stavku 2 „pića namijenjena konzumaciji bez promjena, prethodne pripreme ili nakon pripreme iz koncentriranog ili suhog proizvoda, a koja sadrže kofein iz bilo kojeg izvora u količini većoj od 150 mg/L, u istom vidnom polju u kojem je naziv hrane moraju imati i navod »visok sadržaj kofeina« te iza navoda u zagradi podatak o količini kofeina izraženoj u mg/100 mL“ (44).

Udruga „Energy Drink Europe“ (EDE) postavila je jednostavne i jasne principe Kodeksa Prakse izvan zakonskih okvira za vodeću referencu industrije u odnosu na sastav proizvoda, marketing i promociju napitaka (61). Neke zemlje poput Turske, zabranile su energetske napitke baš iz razloga višeg sadržaja kofeina (62). Njemačka, Kanada i Kuvajt mijenjale su svoje zakone o energetskim napitcima ili o određenom energetskom napitku nakon smrtnih ishoda vezanih uz

konzumaciju istih. Velika Britanija je u nekim školama zabranila određeni energetske napitak dok je Litva 2014. postala prva europska zemlja koja je zabranila prodaju maloljetnicima, a to je napravila i Latvija 2016. godine. Food Safety and Standards Authority of India (FSSAI) je 2015. zabranila energetske napitke koji sadrže kofein i ginseng (61). Još su neke zemlje zabranile prodaju energetskih napitaka maloljetnicima što su podržale Američka Akademija Pedijatarata te Američka Medicinska Udruga (63). Mexico je 2014. uveo porez od 10% na zašćeerene napitke što uključuje i energetske napitke (22). Zemlje poput Bangladeša su se pak našle u velikom problemu oko zakonskog nereguliranja energetskih napitaka, uz loš nadzorni sustav i nedeklariranje svih sadržanih sastojaka zbog čega se ponekad ne zna njihova prava koncentracija. Posljedica ovog nedeklariranja je i nemogućnost procjene unosa kofeina, kao i unosa ostalih aditiva (64). Preporuke proizvođačima energetskih napitaka svakako je manje agresivno reklamiranje koje je direktno usmjereno adolescentima osim ako ili sve dok nezavisne studije ne potvrde sigurnu upotrebu ovih vrsta proizvoda za tu populaciju. Također, proizvođači su pozvani da proizvoljno poduzmu korake prema smanjenju potencijalne opasnosti zdravlju adolescenata (65).

Hrvatska je u Europarlamentu dala prijedloge izmjena Zakona o trgovini i ugostiteljskoj djelatnosti kojima bi se zabranila prodaja energetskih napitaka maloljetnicima, no Ministarstvo zdravstva smatra kako nema dovoljno dokaza na kojima bi se temeljila ova zabrana te zahtjeva dodatna istraživanja o upotrebi i dostupnosti energetskih napitaka djeci u dobi od 11 do 15 godina. Kako bi se poduzele ove javnozdravstvene mjere potrebni su dokazi o konkretnim podacima konzumacije energetskih napitaka od strane maloljetnika (mlađih osoba od 18 godina) (66).

Vezano na ovaj prijedlog, uočenu problematiku pokazuje i presječno istraživanje među učenicima srednje medicinske škole u Srbiji u 2016. godini koje je pokazalo kako oko polovice učenika konzumira energetske napitke, a što je slično istraživanjima u Poljskoj, Saudijskoj Arabiji i Grčkoj. Istraživanje naglašava da iako je 81,8% mlade populacije svjesno štetnih učinaka konzumacije energetskih napitaka, polovica učenika medicinske srednje škole ih svejedno konzumira, dok ih 28% čak miješa s alkoholom. Muški dio mlade populacije nije pak svjestan rizika konzumacije energetskih napitaka. S obzirom kako prodaja energetskih napitaka u Srbiji također nije zakonski regulirana što se tiče maloljetnika, ovo je mogući značajan potencijalni rastući javnozdravstveni problem u budućnosti. Studija također predlaže poboljšanje toksikološkog nadzora, zakonodavstva oko same prodaje ovih napitaka te implementacije prikladnih promotivnih programa u medicinskim školama kako bi učenici stekli znanja i vještine primjene ovih zdravstvenih promocija u svojim budućim medicinskim zanimanjima (67). Studija u Slovačkoj provedena 2014. godine pokazala je vrlo učestalu konzumaciju energetskih napitaka od strane adolescenata, ponajviše među dječacima te nešto starijim adolescentima. Također, redovna konzumacija ovih napitaka bila je povezana sa širokim spektrom negativnih zdravstvenih i bihevioralnih ishoda kao i lošijim uspjehom u školi. Ovo je i više nego dovoljan dokaz za potrebnim preventivnim akcijama koje bi imale za cilj smanjenje konzumacije energetskih napitaka kod adolescenata (68). Istraživanje provedeno na studentima jednog privatnog Sveučilišta potvrdilo je njihovu neosviještenost udjela kofeina u energetskim napitcima te kako su skloni precjenjivanju sadržaja kofeina u svim tipovima napitaka. Ustvrdilo se i kako je vjerojatnije da studenti koji imaju poremećaj spavanja, mentalne bolesti, učestaliju upotrebu narkotika te rizično ponašanje su i redoviti korisnici energetskih napitaka, no ne i redoviti konzumenti kave. Također, konzumenti energetskih napitaka imali su veće poremećaje u ponašanju te spavanju, stres, mentalne bolesti, češću uporabu alkohola i droga od onih koji su ih manje konzumirali ili ih uopće ne konzumiraju (69).

Larson i suradnici (70) proveli su istraživanje o nezdravim navikama adolescenata srednjih škola u Minneapolisu te ustanovili povezanost konzumacije energetske i sportske napitaka s igranjem video-igrica, konzumacijom zaslađenih napitaka te pušenjem.

Konzumacija energetske napitke kod 13-godišnjeg dječaka rezultirala je smrtnim ishodom jer je kofein povećanjem cirkardijalnog ritma utjecao na fiziološke i biokemijske parametre koji su izazvali povredu koronarne arterije (71). Smrt 25-godišnje žene nastupila je nakon konzumacije koncentriranih energetske napitaka unatoč prethodnoj dijagnozi tahikardije. Jedan takav koncentrirani energetske napitak može sadržavati čak više od 60 puta koncentracije kofeina u koli (cca 19 g/L) (72). Dvadesetogodišnji muškarac nesvjesno se predozirao kofeinom nakon konzumacije 3 limenke energetske napitke od 250 ml i to 5 sati prije košarkaške utakmice. Tijekom utakmice, nakon što je nastupila tahikardija i mučnina, muškarac se onesvijestio te preminuo unutar 3 dana (73). Šesnaestogodišnji dječak iz SAD-a preminuo je nakon prekomjerne konzumacije kofeinskih napitaka (kave s mlijekom, osvježavajućeg bezalkoholnog gaziranog dijetnog napitka poznate robne marke i energetske napitka) unutar 2 sata. Uzrok smrti bio je fatalna aritmija prouzrokovana velikom količinom kofeina u kratkom periodu (74). Također, konzumacija prevelike količine energetske napitaka povezuje se i s puknućem krvnih žila u mozgu koje mogu uzrokovati fatalno krvarenje (75).

Pregled literature, što zbog slabe zakonske regulative što zbog nedovoljnog broja istraživanja, upućuje na činjenicu kako bi konzumacija energetske napitaka kao i njihovo miješanje s alkoholom, moglo dovesti do nepoželjnih učinaka kod vulnerabilnih skupina ljudi (posebice adolescenata) a sve radi sve većeg pritiska u školi. Alarm je prijeko potreban, s obzirom na mladu vulnerabilnu skupinu kod koje je još moguće intervenirati te tako i dovesti do značajnih promjena.

6. ZAKLJUČCI

Tržište Osječko-baranjske županije, pokazalo je raznoliku ponudu energetske napitaka. S obzirom na dobivene rezultate ispitivanih uzoraka možemo zaključiti kako su deklaracije na njima dostatne, temeljito dajući dovoljno pojedinosti. Koncentracije kofeina navedene na svim limenkama ispitivanih energetske napitaka pretežno su u skladu s deklariranim vrijednostima, uz izražene i neke druge sastojke. Sve limenke imale su naznačenu "visoku razinu kofeina" na deklaracijama, uz isticanje opreza. Neke robne marke naznačile su čak maksimalan ili preporučeni unos. Nekolicina limenki određenih robnih marki nisu imali nikakva upozorenja u vezi miješanja energetske napitaka i alkohola. Uzimajući u obzir zdravstvene opasnosti zbog visoke koncentracije kofeina i miješanja s alkoholom, možemo naglasiti kako deklaracije navode točne vrijednosti te dostatno upozoravaju na moguće zdravstvene opasnosti. U današnje vrijeme, to je iznimno bitno s obzirom da potrošači sve više žele biti informirani o hrani koju konzumiraju. Proizvodima za posebnu namjenu, kao što su energetske napitci, sadržavajući tvari poput kofeina, čiji dnevni unos treba kontrolirati zbog mogućih štetnih učinaka na zdravlje, točnost označavanja iznimno je važna. Odluka ostaje na samim potrošačima koliko će takovog proizvoda konzumirati. Preporuka bi svakako bila čitati deklaracije prije konzumiranja određenih proizvoda kao što je energetske napitak. Također, daljnja istraživanja temeljena na anketama potrošača uvijek su dobrodošla kako bi se stekao što bolji uvid u potrošnju pojedinog energetske napitka a u skladu s rezultatima anketa i ujednačenosti prema deklaracijama, uvidjelo bi se postoji li opasnost po zdravlje ljudi i u kojoj mjeri.

Studija, kao i dosadašnja literatura, obuhvatila je moguću problematiku potencijalnih opasnosti konzumacije energetske napitaka. Iako još uvijek javnozdravstveni problem u Republici Hrvatskoj ne postoji, nije isključeno kako on ne može nastati. Rast ovog tržišta nužno traži identifikaciju određenih vulnerabilnih skupina koje bi u budućnosti mogle biti ugrožene.

Uočen problem i u radu izneseni rezultati istraživanja kao i izneseni prijedlozi o interdisciplinarnim rješenjima, su upravo ono što je javno zdravstvo uvijek činilo a i danas čini za zajednicu.

7. SAŽETAK

Znanstvene studije dokazale su kako konzumacija energetskih napitaka može dovesti do trenutnih i kratkotrajnih poboljšanja mentalnih i fizičkih učinaka zbog čega ih sve više studenata konzumira u svrhu postizanja boljih rezultata. Dugoročna pak konzumacija može dovesti do ozbiljnih štetnih učinaka poput hipertenzije, tahikardije, zastoja srca, glavobolje, anksioznosti, nesаницe pa čak i smrtnog ishoda. Cilj istraživanja bio je kvantitativno odrediti koncentracije kofeina u energetskim napitcima dostupnim na tržištu u Istočnoj Slavoniji te ih usporediti s deklariranim vrijednostima, prema ostalim specifikacijama (sa šećerom i bez), volumenu i cijeni te energetske vrijednosti. Od ukupno 48 dostupnih energetskih napitaka svrstanih u devet robnih marki, tri su pokazale manja odstupanja od deklarirane vrijednosti kofeina (<5 mg/L) dok su dvije robne marke pokazale odstupanje od 5 – 10 mg/L. Čak četiri robne marke pokazale su odstupanje veće od 10 mg/L a jedan od njih odstupanje od 30.440 mg/L koje je i najveće odstupanje dokazano u ovom istraživanju. Razlika u izmjerenoj i deklariranoj vrijednosti kofeina između grupa energetskih napitaka prema udjelu šećera pokazala se statistički značajnom ($p=0.024$) isto kao i razlika u izmjerenoj i deklariranoj vrijednosti kofeina između grupa energetskih napitaka s obzirom na cijenu proizvoda ($p=0.024$). Statistički najznačajna razlika dokazana je pak u izmjerenoj i deklariranoj vrijednosti kofeina između grupa energetskih napitaka s obzirom na deklariranu energetske vrijednost proizvoda ($p=0,009$) dok statistički značajne razlike u u izmjerenoj i deklariranoj vrijednosti kofeina između grupa energetskih napitaka s obzirom na volumen proizvoda nije bilo ($p=0.212$).

Energetski napitci u Republici Hrvatskoj zakonski su regulirani Pravilnikom o općem označavanju, reklamiranju i prezentiranju hrane iz 2011. godine koji je usklađen prema Regulativi Europske Unije. S obzirom na dobivene rezultate ispitivanih uzoraka, za zaključiti je kako su deklaracije na energetskim napitcima dostatne, temeljito dajući dovoljno pojedinosti dok su koncentracije kofeina navedene na svim limenkama ispitivanih energetskih napitaka pretežno u skladu s deklariranim vrijednostima. Potencijalne opasnosti konzumacije energetskih napitaka s obzirom na štetne efekte koje kofein u njima može prouzrokovati upućuju na preporuke potrošačima o informiranju sastava proizvoda putem deklaracija prije same konzumacije. Iako još uvijek javnozdravstveni problem vezan uz konzumaciju energetskih napitaka u Republici Hrvatskoj ne postoji, nije isključeno kako on ne može nastati. Zbog brzog rasta tržišta ovih napitaka nužno bi bilo identificirati određene vulnerabilne skupine koje bi u budućnosti mogle postati ugrožene.

8. LITERATURA

1. Visram S, Hashem K. Energy drinks : what's the evidence ? Briefing Paper. London: Food Research Collaboration. [pristupljeno 27.07.2018]. Dostupno na: <http://foodresearch.org.uk/wp-content/uploads/2016/07/Energy-drinks-final-19-July-2016.pdf>
2. Gaspar S, Ramos F. Encyclopedia of food and health: Caffeine consumption and health effects. University of Coimbra, Coimbra, Portugal. Ed: Caballero B, Finglas PM, Toldra F. 2016.
3. Breda JJ, Whiting SH, Encarnação R, Norberg S, Jones R, Reinap M, Jewell J. Energy drink consumption in Europe: A review of the risks, adverse health effects, and policy options to respond. *Front Public Health*. 2014;2(134):1–5. doi: 10.3389/fpubh.2014.00134.
4. Preedy VR. Caffeine: Chemistry, Analysis, Function and Effects. The Royal Society of Chemistry, Cambridge. 2012.
5. Higgins JP, MPhil TDT, Higgins CL. Energy Beverages: Content and Safety. *Mayo Clin Proc Innov Qual Outcome*. 2010;85(11):1033-1041. doi: 10.4065/mcp.2010.0381.
6. Hashem KM, He FJ, McGregor GA. Cross-sectional surveys of the amount of sugar, energy and caffeine in sugar- sweetened drinks marketed and consumed as energy drinks in the UK between 2015 and 2017: monitoring reformulation progress. *BMJ Open*. 2017;7(12) e018136. doi:10.1136/bmjopen-2017-018136.
7. Benowitz NL. Clinical pharmacology of caffeine. *Annual Review of Medicine*. 1990;41:277-288. doi: 10.1146/annurev.me.41.020190.001425

8. Burdan F. Chapter 90: Pharmacology of caffeine: The main active compound of coffee in: *Coffee in Health and Disease Prevention* by Victor R. Preedy. 2015; Elsevier. 823-829. doi: 10.1016/B978-0-12-409517-5.00090-5.
9. Martínez-López S, Sarriá B, Baeza G, Mateos R, Bravo-Clemente L. Pharmacokinetics of caffeine and its metabolites in plasma and urine after consuming a soluble green/roasted coffee blend by healthy subjects. *Food Research International*. 2014; 64. 125-133. doi: 10.1016/j.foodres.2014.05.043.
10. Tavares C, Sakata RK. Caffeine in the Treatment of Pain. *Brazilian Journal of Anesthesiology*. 2012;62(3):387-401. doi: 10.1016/S0034-7094(12)70139-3.
11. Grosso LM, Bracken MB. Caffeine Metabolism, Genetics, and Perinatal Outcomes: A Review of Exposure Assessment Considerations during Pregnancy. *Annals of Epidemiology*. 2005;15(6):460-466. doi: 10.1016/j.annepidem.2004.12.011.
12. Fisone G, Borgkvist A, Usiello A. Caffeine as a psychomotor stimulant: mechanism of action. *Cellular and Molecular Life Sciences*. 2004;61(7-8):857-872. doi: 10.1007/s00018-003-3269-3.
13. Ferre S, O'Brien MC, Alcohol and caffeine: The perfect storm. *Journal of caffeine research*. 2011;1(3):153-162 doi: 10.1089/caf.2011.0017.
14. Yu NY, Bieder A, Raman A, Mileti E, Katayama S, Einarsdottir E, Fredholm BB, Falk A, Tapia-Páez I, Daub CO, Kere J. Acute doses of caffeine shift nervous system cell expression profiles toward promotion of neuronal projection growth. *Scientific Reports*. 2017;7(1). Article number: 11458. doi: 10.1038/s41598-017-11574-6.
15. Institute of Medicine Staff. *Caffeine for the Sustainment of Mental Task Performance: Formulations for Military Operations*. Washington, DC, USA: National Academies Press. 2001; ISBN: 0-309-08258-7. [pristupljeno 14.02.2018]. Dostupno na: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK223802/>

16. Echeverri D, Montes F, Cabrera M, Galán A, Prieto A. Caffeine's Vascular Mechanisms of Action. *International Journal of Vascular Medicine*. 2010;1-10. doi: 10.1155/2010/834060.
17. Glade M. Caffeine—Not just a stimulant. *Nutrition*. 2010;26(10):932-938. doi: 10.1016/j.nut.2010.08.004.
18. Sudano I, Binggeli C, Spieker L, Lüscher T, Ruschitzka F, Noll G, Corti R. Cardiovascular Effects of Coffee: Is It a Risk Factor?. *Progress in Cardiovascular Nursing*. 2005;20(2):65-69.
19. Sinha R, Farah B, Singh B, Siddique M, Li Y, Wu Y, Ilkayeva OR, Gooding J, Ching J, Zhou J, Martinez L, Xie S, Bay BH, Summers SA, Newgard CB, Yen PM. Caffeine stimulates hepatic lipid metabolism by the autophagy-lysosomal pathway in mice. *Hepatology*. 2014;59(4):1366-1380. doi: 10.1002/hep.26667.
20. Margetić B, Aukst-Margetić B. Utjecaj alkohola na pojedine neurotransmitore. *Socijalna Psihijatrija*. 2004;32(2):66-71. [pristupljeno 14.02.2018]. Dostupno na: https://www.researchgate.net/profile/Branka_Aukst-Margetic/publication/237076540_Utjecaj_alkohola_na_pojedine_neurotransmitore/links/00b4951ec3810338f8000000/Utjecaj-alkohola-na-pojedine-neurotransmitore.pdf
21. Talio MC, Acosta MG, Alesso M, Luconi MO, Fernández LP. Quantification of caffeine in dietary supplements and energy drinks by solid-surface fluorescence using a pre-concentration step on multi-walled carbon nanotubes and Rhodamine B. *Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess*. 2014;31(8):1367–1374. doi: 10.1080/19440049.2014.928831.
22. Al-Shaar L, Vercammen K, Lu C, Richardson S, Tamez M, Mattei J. Health effects and public health concerns of energy drink consumption in the United States: A mini-review. *Front Public Health* 2017;5(225):1-6. doi: 10.3389/fpubh.2017.00225.

23. Energy Drink Europe. Code of practice for the marketing and labelling of energy drinks. 2014. [pristupljeno 27.07.2018]. Dostupno na: http://www.energydrinkseurope.org/wp-content/uploads/2015/01/FINAL_EDE-Code-of-Practice_clean_250914.pdf
24. Kole J, Barnhill A. Caffeine Content Labeling: A missed opportunity for promoting personal and public health. *J Caffeine Res.* 2013;3(3):108–113. doi: 10.1089/jcr.2013.0017.
25. Giles GE, Mahoney CR, Brunyé TT, Gardony AL, Taylor HA, Kanarek RB. Differential cognitive effects of energy drink ingredients: caffeine, taurine, and glucose. *Pharmacol Biochem Behav.* 2012;102(4):569–577. doi: 10.1016/j.pbb.2012.07.004.
26. Serrano E, Riebl S. Nutrition H, Tech V, Bull R. Energy drinks : are they healthy for children? Virginia Cooperative Extension. 2014. [pristupljeno 27.07.2018]. Dostupno na: http://pubs.ext.vt.edu/content/dam/pubs_ext_vt_edu/HNFE/HNFE-183/HNFE-183-pdf.pdf
27. Justus H. Trendy energy drinks and the renal diet. *J Ren Nutr.* 2018;28(2):73–82. doi: 10.1053/j.jrn.2017.12.005.
28. Matinuzzi V, Peterson D, Iacobone S, Badjou S. Effects and Effectiveness of Energy Drinks. ASEE Northeast Section Conference-University of Massachusetts Lowell. 2012. [pristupljeno 27.07.2018]. Dostupno na: http://asee-ne.org/proceedings/2012/PM_3135.pdf
29. Verster JC, Koenig J. Caffeine intake and its sources: A review of national representative studies. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 2018;58(8):1250-1259. doi: 10.1080/10408398.2016.1247252.
30. Pound CM, Blair B. Energy and sports drinks in children and adolescents. *Paediatr Child Health.* 2017;22(7):406–410. doi: 10.1093/pch/pxx132.

31. Johnson SJ, Alford C, Verster JC, Stewart K. Motives for mixing alcohol with energy drinks and other non-alcoholic beverages and its effects on overall alcohol consumption among UK students. *Appetite*. 2016;96(1):588–597. doi: 10.1016/j.appet.2015.10.007.
32. Turel O. Are energy drinks scapegoats? Decomposing teenagers' caffeine intake from energy drinks and soda beverages. *Subst Use Misuse*. 2018;53(12):2089-2092. doi: 10.1080/10826084.2018.1441313.
33. Hammond D, Reid JL, Zukowski S. Adverse effects of caffeinated energy drinks among youth and young adults in Canada: a Web-based survey. *CMAJ Open* 2018;6(1):19–25. doi: 10.9778/cmajo.20160154.
34. Temple JL, Ziegler AM, Epstein LH. influence of price and labeling on energy drink purchasing in an experimental convenience store. *J Nutr Educ Behav*. 2015;48(1):54–59. doi: 10.1016/j.jneb.2015.08.007.
35. Aniszewski T. Chapter 2 - Alkaloid chemistry. *Alkaloids (Second Ed.) Chemistry, Biology, Ecology, and Applications*. 2015;99-103. doi: 10.1016/B978-0-444-59433-4.00002-X
36. Skoog DA, West DM, Hooler FJ. *Foundamentals of analytical chemistry*, 6. izd. Zagreb, Školska knjiga, 1999.
37. Alves D, Nascimento DO, Raffin RP, Boligon A, Ourique AF. Evaluation of the antioxidant activity by the dpph radical scavenging method of free and liposome-associated cocoa extracts. *Disciplinarium Scientia*. 2016;17(3):375–386. <https://www.periodicos.unifra.br/index.php/disciplinarumNT/article/viewFile/1892/1795>
38. Gummin DD, Mowry JB, Spyker DA, Brooks DE, Osterthaler KM, Banner W. 2017 Annual Report of the American Association of Poison Control Centers' National Poison Data System (NPDS). Annual Report. *Clinical Toxicology*. [pristupljeno 14.02.2019].

- Dostupno na:
https://aapcc.s3.amazonaws.com/pdfs/annual_reports/2013_NPDS_Annual_Report.pdf
39. Gummin DD, Mowry JB, Spyker DA, Brooks DE, Fraser MO, Banner W. 2016 Annual Report of the American Association of Poison Control Centers' National Poison Data System (NPDS): 34th Annual Report. *Clinical Toxicology*. [pristupljeno 14.02.2019]. Dostupno na:
https://aapcc.s3.amazonaws.com/pdfs/annual_reports/12_21_2017_2016_Annua.pdf
40. Mowry JB, Spyker DA, Brooks DE, Zimmerman A, Schauben JL. 2015 Annual Report of the American Association of Poison Control Centers' National Poison Data System (NPDS): 33rd Annual Report. *Clinical Toxicology*. doi: 10.1080/15563650.2016.1245421.
41. Beauchamp G, Amaducci A, Cook M. Caffeine Toxicity: A brief review and update. *Clinical Pediatric Emergency Medicine*. 2017;18(3):197-202. doi: 10.1016/j.cpem.2017.07.002.
42. Wikoff D, Welsh BT, Henderson R, Brorby GP, Britt J, Myers E, Goldberger J, Lieberman HR, O'Brien C, Peck J, Tenebein M, Weaver C, Harvey S, Urban J, Doepker C. Systematic review of the potential adverse effects of caffeine consumption in healthy adults, pregnant women, adolescents, and children. 2017;109(Pt 1):585-648. doi: 10.1016/j.fct.2017.04.002.
43. EDE – Energy drinks Europe. 2015. [pristupljeno 14.02.2019.]. Dostupno na:
<http://www.energydrinkseurope.org/overdose/>
44. Ministarstvo poljoprivrede, ribarstva i ruralnog razvoja. Pravilnik o označavanju, reklamiranju i prezentiranju hrane. *Narodne novine* 63/2011. [pristupljeno 18.10.2018]. Dostupno na: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2011_06_63_1404.html

45. British Nutrition Foundation “Should children be drinking energy drinks?” 18.January 2018. [pristupljeno 18.10.2018]. Dostupno na: <https://www.nutrition.org.uk/nutritioninthenews/headlines/childrenenergydrinks.html>
46. Food Standards, Australia, New Zealand. [pristupljeno 18.10.2018]. Dostupno na: <http://www.foodstandards.gov.au/consumer/generalissues/Pages/Caffeine.as>
47. Attipoe S, Leggit J, Deuster PA. Caffeine content in popular energy drinks and energy shots. *Mil Med.* 2016;181(9):1016-1020. doi: 10.7205/MILMED-D-15-00459.
48. Srdjenovic B, Djordjevic-Milic V, Grujic N, Injac R, Lepojevic Z. Simultaneous HPLC determination of caffeine, theobromine, and theophylline in food, drinks, and herbal products. *J Chromatogr Sci.* 2008;46(2):144–149. doi: 10.1093/chromsci/46.2.144.
49. Ballus CA, Meinhart AD, Bizzotto CS, Teixeira Filho J, Godoy HT. A fast and efficient method for the study of caffeine levels in energy drinks using micellar electrokinetic chromatography (MEKC). *Food Science and Technology.* 2012;32(2):401–404. doi: 10.1590/S0101-20612012005000042.
50. Musa MA, Eisa M, Taha MI, Zakaria BA, Elbashir AA. Determination of caffeine in some Sudanese beverages by high performance liquid chromatography. *Pak J Nutr.* 2012;11(4):336-342. doi: 10.3923/pjn.2012.336.342.
51. Keaver L, Gilpin S, Fernandes Da Silva JC, Buckley C, Foley-Nolan C. Energy drinks available in Ireland: a description of caffeine and sugar content. *Public Health Nutr.* 2017;20(9):1534–1539. doi: 10.1017/S1368980017000362
52. Rudolph E, Färbinger A, König J. Determination of the caffeine contents of various food items within the Austrian market and validation of a caffeine assessment tool (CAT). *Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess: Part A,* 2014;29(12):1849-1860. doi: 10.1080/19440049.2012.719642.
53. Ahmad S, A., Parveen N, Babar A, Aslam Lodhi R, Rameez B, Shafi A, Noor N, Naseer

- F. Determination of caffeine in soft and energy drinks available in market by using U.V/ visible spectrophotometer. *Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences*. 2016;5(8):14-20. [pristupljeno 27.07.2018]. Dostupno na: https://www.researchgate.net/publication/309617419_Determination_of_Caffeine_In_Soft_And_Energy_Drinks_Available_In_Market_By_Using_UVVisible_Spectrophotometer
54. Ayala J, Simons K, Kerrigan S. Quantitative determination of caffeine and alcohol in energy drinks and the potential to produce positive transdermal alcohol concentrations in human subjects. *J Anal Toxicol*. 2009;33(1):27-33.
55. Prasad Rai K, Bahadur Rai H, Dahal S, Chaudhary S, Shrestha S. Determination of caffeine and taurine contents in energy drinks by HPLC-UV. *Journal of Food Science and Technology Nepal*. 2016;9:66-73. doi: 10.3126/jfstn.v9i0.16199.
56. Nour V, Trandafir I, Ionica ME. Chromatographic determination of caffeine contents in soft and energy drinks available on the Roman market. *Chemistry & Chemical Engineering, Biotechnology, Food Industry*. 2010;11(3):351-358.
57. Sanchez J. methylxanthine content in commonly consumed foods in Spain and determination of its intake during consumption. *Foods*. 2017;6(12):109. doi: 10.3390/foods6120109.
58. McCusker RR, Goldberger BA, Cone EJ. Caffeine content of energy drinks, carbonated sodas, and other beverages. *J Anal Toxicol*. 2006;30(2):112–114.
59. Reissig CJ, Strain EC, Griffiths RR. Caffeinated energy drinks - a growing problem. *Drug Alcohol Depend*. 2009;99(1–3):1–10. doi: 10.1016/j.drugalcdep.2008.08.001.
60. HZJZ, 2015. ESPAD (Europsko istraživanje o pušenju, pijenju i uzimanju droga među učenicima) - Prikaz hrvatskih nacionalnih rezultata, Zagreb https://www.hzjz.hr/wp-content/uploads/2016/10/HR_ESPAD_2015_RGB_3.pdf

61. EDE – Energy drinks Europe. 2014. [pristupljeno 27.07.2018]. Dostupno na: <http://www.energydrinkseurope.org/regulation/>
62. Rahamathulla MP. Prevalence, side effects and awareness about energy drinks among the female university students in Saudi Arabia. *Pak J Med Sci.* 2017;33(2):347–352.
63. Curran CP, Marczynski CA. Taurine, caffeine, and energy drinks: Reviewing the risks to the adolescent brain. *Birth Defects Res.* 2017;109(20):1640–1648. doi: 10.12669/pjms.332.12084.
64. Islam MS, Hossain MS, Bhadra S, Rouf ASS. Simultaneous determination of caffeine, preservatives and antioxidants in energy- and soft-drinks commercially available in Bangladesh. *Dhaka Univ J Pharm Sci.* 2016;15(1):97–108. doi: 10.3329/dujps.v15i1.29203.
65. Harris JL, Munsell CR. Energy drinks and adolescents: what’s the harm? *Nutr Rev.* 2015;73(4):247-257. doi: 10.1093/nutrit/nuu061.
66. Martinović LjB. Hrvatska zasad NEĆE zabraniti prodaju energetske pića djeci i maloljetnicima. 13.03.2018. [pristupljeno 27.07.2018]. Dostupno na: http://www.novolist.hr/Vijesti/Hrvatska/Hrvatska-zasad-NECE-zabraniti-prodaju-energetskih-pica-djeci-i-maloljetnicima?meta_refresh=true
67. Švonja Parezanović G, Perić Prkosovački B. Energy drink consumption among medical high school students. *Pediatrics Croatica.* 2016;60(3):85-90. doi: 10.13112/PC.2016.13.
68. Holubcikova J, Kolarcik P, Madarasova Geckova A, Reijneveld SA, Van Dijk JP. Regular energy drink consumption is associated with the risk of health and behavioural problems in adolescents. *Eur J Pediatr.* 2017;176(5):599-605. doi: 10.1007/s00431-017-2881-4.
69. Kelly CK, Prichard JR. Demographics, health, and risk behaviors of young adults who drink energy drinks and coffee beverages. *J Caffeine Res.* 2016;6(2):73-81. doi:

10.1089/jcr.2015.0027.

70. Larson N, DeWolfe J, Story M, Neumark-Sztainer D. Adolescent Consumption of sports and energy drinks: linkages to higher physical activity, unhealthy beverage patterns, cigarette smoking, and screen media use. *J Nutr Edu Behav.* 2014;46(3):181-187. doi: 10.1016/j.jneb.2014.02.008
71. Polat N, Ardiç I, Akkoyun M, Vuruşkan. Spontaneous coronary artery dissection in a healthy adolescent following consumption of caffeinated “energy drinks”. *Turk Kardiyol Dern Ars.* 2013;41(8):738-742. doi: 10.5543/tkda.2013.37542.
72. Cannon ME, Cooke CT, McCarthy JS. Caffeine-induced cardiac arrhythmia: an unrecognised danger of healthfood products. *Med J Aust.* 2001;174(19):520-521. <https://www.mja.com.au/journal/2001/174/10/caffeine-induced-cardiac-arrhythmia-unrecognised-danger-healthfood-products>
73. Avci S, Sarikaya R, Büyükcem F. Death of a young man after overuse of energy drink. 2013. *Am J Emerg Med.* 2013;31(11):1624.e3-4. doi: 10.1016/j.ajem.2013.06.03.
74. Sankararaman S, Syed W, Medici V, Sferra TJ. Impact of energy drinks on health and well-being. *Curr Nutr Rep.* 2018;7(3):121-130. doi: 10.1007/s13668-018-0231-4.
75. Venkatraman A, Khawaja A, Shapshak AH. Hemorrhagic stroke after consumption of an energy drink. *Am J of Emerg Med.* 2017;35(3):522.e5-522.e6. doi: 10.1016/j.ajem.2016.10.022

Prilog

Primjer HPLC/DAD kromatograma određivanja koncentracije kofeina u energetsom napitku (uzorak s najvećim odstupanjem 3b: odstupanje od deklarativne vrijednosti: 11.236 %)

