

Procjena energijske i nutritivne vrijednosti obroka te izloženosti pesticidima dječaka u predpubertetu i pubertetu

Bajan, Ana Ružica

Master's thesis / Diplomski rad

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Food Technology and Biotechnology / Sveučilište u Zagrebu, Prehrambeno-biotehnološki fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:159:971330>

Rights / Prava: [Attribution-NoDerivatives 4.0 International](#)/[Imenovanje-Bez prerada 4.0 međunarodna](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-23**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Food Technology and Biotechnology](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
PREHRAMBENO-BIOTEHNOLOŠKI FAKULTET

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, studeni 2022.

Ana Ružica Bajan

**PROCJENA ENERGIJSKE I
NUTRITIVNE VRIJEDNOSTI
OBROKA TE IZLOŽENOSTI
PESTICIDIMA DJEČAKA U
PREDPUBERTETU I PUBERTETU**

Rad je izrađen u Laboratoriju za znanost o prehrani na Zavodu za poznavanje i kontrolu sirovina i prehrambenih proizvoda Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu pod mentorstvom izv. prof. dr. sc. Irene Keser i komentorstvom dr. sc. Antonije Sulimanec Grgec, znanstvene suradnice s Instituta za medicinska istraživanja i medicinu rada u Zagrebu.

Rad je izrađen u sklopu projekta “Izloženost piretroidnim i organofosfatnim insekticidima u djece – procjena rizika od štetnih učinaka na neuropsihološki razvoj i hormonski status”; PyrOPECh, IP-2019-04-7193, Hrvatska zaklada za znanost, voditelj projekta: dr. sc. Veda Marija Varnai, znan. savj. u tr. zv.

ZAHVALA

Zahvaljujem se svojoj mentorici, izv. prof. dr. sc. Ireni Keser i komentorici, dr. sc. Antoniji Sulimanec Grgec na susretljivosti, stručnim i prijateljskim savjetima te vremenu i strpljenju koje su mi posvetile tijekom izrade ovog diplomskog rada.

Također, želim se zahvaliti dr. sc. Vedi Mariji Varnai na pruženoj prilici da budem dio ovog velikog projekta.

Ne postoje dovoljno velike riječi kojima želim izraziti zahvalnost svojim roditeljima, Vladi i Biljani te bratu Mariu kojima dugujem sve što danas jesam i bez čije velike ljubavi i požrtvornosti ne bih dogurala do pisanja ovog rada. Hvala vam na svakom odricanju koje ste podnijeli tijekom proteklih godina da bi mi omogućili školovanje, hvala vam što ste bili moj oslonac kada mi je bilo najpotrebnije i hvala vam što se sa mnom veselite mojim uspjesima.

Veliko hvala mojoj Karli što nikad nije prestala vjerovati u mene kao i za svaku utjehu onda kad se sve činilo nedostižno.

Veliko hvala mom Hrvoju na podršci, ljubavi i razumijevanju.

Hvala svim mojim dragim prijateljima i poznanicima koji su obilježili ovu prekrasnu etapu u mom životu.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Diplomski rad

Sveučilište u Zagrebu
Prehrambeno-biotehnološki fakultet
Zavod za poznavanje i kontrolu sirovina i prehrambenih proizvoda
Laboratorij za znanost o prehrani

Znanstveno područje: Biotehničke znanosti

Znanstveno polje: Nutricionizam

Diplomski sveučilišni studij: Nutricionizam

PROCJENA ENERGIJSKE I NUTRITIVNE VRIJEDNOSTI OBROKA TE IZLOŽENOSTI PESTICIDIMA DJEČAKA U PREDPUBERTETU I PUBERTETU

Ana Ružica Bajan, univ. bacc. nutr.
0125158828

Sažetak: Voće i povrće uglavnom se konzumira sirovo ili polupreradeno, zbog čega je za očekivati i veći unos pesticida njihovom konzumacijom u usporedbi s drugim skupinama namirnica. Cilj ovog istraživanja bio je procijeniti kakvoću prehrane dječaka u pubertetu i predpubertetu s područja Grada Zagreba (n=30), procijeniti unos pesticida konzumacijom voća i povrća te odrediti postoji li rizik za zdravlje dječaka zbog izloženosti pesticidima. Za procjenu kakvoće prehrane korištena je metoda dnevnika prehrane, a za procjenu unosa pesticida podaci o koncentracijama rezidua pesticida u hrani dobiveni u istraživanju ukupne prehrane. Utvrđen je nedostatan unos ugljikohidrata, vlakana, kalija, kalcija, magnezija i željeza te prekomjeran unos bjelancevina, masti, zasićenih masnih kiselina, natrija i fosfora. Prosječan unos voća i povrća bio je niži od preporučenog. Prosječan broj unesenih rezidua pesticida bio je 5. Temeljem dobivenih niskih vrijednosti kvocijenta opasnosti (<1 %) utvrđeno je da ne postoji rizik od štetnih učinaka pesticida za zdravlje dječaka.

Ključne riječi: voće i povrće, pesticidi, dnevnik prehrane, procjena rizika, kvocijent opasnosti

Rad sadrži: 53 stranice, 8 slika, 16 tablica, 90 literaturnih navoda, 2 priloga

Jezik izvornika: hrvatski

Rad je u tiskanom i elektroničkom (pdf format) obliku pohranjen u: Knjižnica Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta, Kačićeva 23, Zagreb

Mentor: izv. prof. dr. sc. Irena Keser

Komentor: dr. sc. Antonija Sulimanec Grgec, znan. sur., IMI

Stručno povjerenstvo za ocjenu i obranu:

1. doc. dr. sc. Teuta Murati (predsjednik)
2. izv. prof. dr. sc. Irena Keser (mentor)
3. dr. sc. Antonija Sulimanec Grgec, znan. sur., IMI (član)
4. izv. prof. dr. sc. Martina Bituh (zamjenski član)

Datum obrane: 24. studenog 2022.

BASIC DOCUMENTATION CARD

Graduate Thesis

University of Zagreb
Faculty of Food Technology and Biotechnology
Department of Food Quality Control
Laboratory for Nutrition Science

Scientific area: Biotechnical Sciences
Scientific field: Nutrition

Graduate university study programme: Nutrition

ASSESSMENT OF ENERGY AND NUTRITIONAL VALUE OF MEALS AND PESTICIDE EXPOSURE OF BOYS IN PREPUBERTY AND PUBERTY

Ana Ružica Bajan, univ. bacc. nutr.
0125158828

Abstract: As they are mostly consumed raw or semi-processed, an increased intake of pesticides from fruits and vegetables than from other foodstuffs is expected. The aim of this study was to assess the diet quality in group of boys in puberty and pre-puberty from Zagreb (n=30), the intake of pesticide residues from their consumption of fruits and vegetables and related health risk. Food diary method was used to assess diet quality and concentrations of pesticide residues in food obtained from total diet study were used to assess pesticide intake. Insufficient intake of carbohydrates, fibres, potassium, calcium, magnesium and iron was determined as well as an excessive intake of proteins, fats, saturated fatty acids, sodium and phosphorus. Average intake of fruits and vegetables was lower than recommended. On average, 5 pesticide residues were taken per participant. According to low hazard quotient ($<1\%$), there was no risk from adverse health effects of pesticides for boys.

Keywords: fruit and vegetables, pesticides, food diary, risk assessment, hazard quotient

Thesis contains: 53 pages, 8 figures, 16 tables, 90 references, 2 supplements

Original in: Croatian

Graduate Thesis in printed and electronic (pdf format) form is deposited in: The Library of the Faculty of Food Technology and Biotechnology, Kačićeva 23, Zagreb.

Mentor: Irena Keser, PhD, Associate professor

Co-mentor: Antonija Sulimanec Grgec, PhD, Research Associate

Reviewers:

1. Teuta Murati, PhD, Assistant professor (president)
2. Irena Keser, PhD, Associate professor (mentor)
3. Antonija Sulimanec Grgec, PhD, Research Associate (member)
4. Martina Bituh, PhD, Associate professor (substitute)

Thesis defended: November 24th, 2022

Sadržaj

1.	UVOD	1
2.	TEORIJSKI DIO	2
2.1.	ENERGIJSKE I NUTRITIVNE POTREBE DJEČAKA U DOBI OD 9-14 GODINA	2
2.1.1.	Energijske potrebe	2
2.1.2.	Nutritivne potrebe	3
2.2.	PESTICIDI - ORGANOFOSFATNI I PIRETROIDNI INSEKTICIDI	6
2.2.1.	Organofosfati	7
2.2.2.	Piretroidi	8
2.2.3.	Učinci na zdravlje djece	9
2.2.4.	Povezanost izloženosti piretroidima s pubertetskim razvojem u djece	11
2.3.	ZASTUPLJENOST PESTICIDA U HRANI	12
2.4.	METODE ZA PROCJENU PREHRAMBENOG UNOSA	13
2.4.1.	Metoda dnevnika prehrane	13
2.4.2.	Metoda duplikatne dijete	14
3.	EKSPERIMENTALNI DIO	16
3.1.	ISPITANICI	16
3.2.	METODE	16
3.2.1.	Dijetetičke metode	17
3.3.	OBRADA PODATAKA	17
4.	REZULTATI I RASPRAVA	18
4.1.	OBILJEŽJA ISPITANIKA	18
4.2.	ANALIZA DNEVNIKA PREHRANE	20
4.2.1.	Makronutrijenti	20
4.2.2.	Mikronutrijenti	25
4.2.3.	Unos voća i povrća	29
4.3.	REZIDUE U NAMIRNICAMA	30
4.3.1.	MRL za pojedine rezidue u namirnicama	33
4.4.	PROSJEČAN UNOS PESTICIDA	37
4.4.1.	Procjena rizika	40
4.5.	NEDOSTACI ISTRAŽIVANJA	42
5.	ZAKLJUČCI	43
6.	LITERATURA	44

1. UVOD

Konzumacija hrane biljnog podrijetla, posebice voća, povrća i mahunarki, smatra se pozitivnom prehrambenom navikom koja pridonosi prevenciji prekomjerne tjelesne mase, pretilosti te nekih nezaraznih kroničnih bolesti (Rebello i sur., 2014; Slavin i Lloyd, 2012). S druge strane, budući da se voće i povrće uglavnom konzumira sirovo ili polupreradeno, za očekivati je da sadrži veće razine ostataka pesticida u usporedbi s drugim skupinama namirnica. Posebice osjetljiva populacija na povećani unos pesticida su djeca, jer se njihovi mehanizmi detoksikacije još uvijek razvijaju, a sve više epidemioloških istraživanja ukazuje da je izloženost djece pesticidima usko povezana s neurorazvojnim poremećajima (Hicks i sur., 2017; Jacobson i sur., 2015). Djeca su često izložena pesticidima iz različitih podklasa, poput organoklornih, organofosfatnih ili piretroidnih insekticida, a mogući načini unosa u organizam su hranom, udisanjem ili dermalnom apsorpcijom zbog sve veće upotrebe pesticida u poljoprivredi i kućanstvu (Sagiv i sur., 2012; Bouchard i sur., 2011; Lu i sur., 2006a).

Europa je u posljednjem desetljeću svrstana kao treće područje u svijetu u kojem je upotreba pesticida po površina usjeva najveća, a unatoč različitim propisima i regulativama koje se provode kako bi se smanjili štetni učinci pesticida na zdravlje ljudi i okoliš, prosječna upotreba po površini usjeva nastavila je rasti između 2010. i 2016. godine (FAOSTAT, 2019). Europska agencija za sigurnost hrane (engl. *European Food Safety Authority, EFSA*) nastoji kontrolirati upotrebu pesticida na području Europske unije (EU) provođenjem Koordiniranog programa kontrole (engl. *EU-coordinated control programme, EUCP*) u sklopu kojeg nasumično uzorkuje prehrambene proizvode koje građani EU najviše konzumiraju.

Cilj ovog istraživanja bio je procijeniti kakvoću prehrane dječaka u pubertetu i predpubertetu metodom dnevnika prehrane, procijeniti unos rezidua pesticida konzumacijom namirnica iz skupine voće i povrće na temelju analiza rezidua pesticida u hrani, provedenoj u okviru znanstveno-istraživačkog projekta PyrOPECh (IP-2019-04-7193) te odrediti postoji li potencijalan rizik za zdravlje dječaka računanjem kvocijenta opasnosti za pojedinu reziduu pesticida.

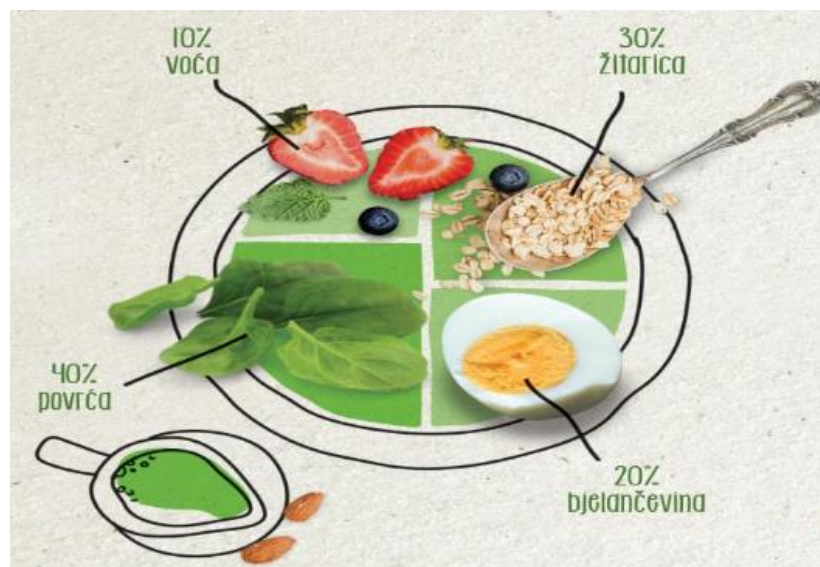
2. TEORIJSKI DIO

2.1. ENERGIJSKE I NUTRITIVNE POTREBE DJEČAKA U DOBI OD 9-14 GODINA

Prehrana je ključni čimbenik iz okoline koji utječe na tjelesni i mentalni razvoj u ranim fazama života. Pravilna prehrana (definirana kao odgovarajuća, dobro izbalansirana dijeta koja zadovoljava nutritivne i energijske potrebe organizma) je kamen temeljac za dobro zdravlje tijekom cijelog života (WHO, 2018a). Povezuje ju se s poboljšanjem zdravlja dojenčadi, djece i majki, jačim imunološkim sustavom, sigurnijom trudnoćom i porodom te manjim rizikom od pojave nezaraznih bolesti, kao što su dijabetes i kardiovaskularne bolesti (WHO, 2018b). Istraživanja podupiru teoriju da pravilna prehrana doprinosi poboljšanju potencijalne sposobnosti učenja kod djece, što dovodi do boljeg uspjeha u školi. U ovom razdoblju kada djeca intenzivno rastu i razvijaju se, posebno treba obratiti pažnju na potrebe za energijom i hranjivim tvarima. Ako je njihov unos dugoročno nedostatan, zdravlje djece i adolescenata lako se može ugroziti (Capak i sur., 2013).

2.1.1. Energijske potrebe

Dnevne energijske potrebe ovise o osnovnim fiziološkim potrebama, o razini tjelesne aktivnosti te drugim vanjskim čimbenicima. Hrvatski zavod za javno zdravstvo (HZJZ) izdao je 2018. godine „Prehrambene smjernice za 5. do 8. razrede osnovnih škola“ na kojima se nalazi grafički prikaz „Moj tanjur“ za djecu (slika 1). Prema ovom prikazu, jedan obrok na tanjuru trebao bi sadržavati 40 % povrća, 30 % žitarica, 20 % bjelancevina, u što ubrajamo meso, perad, ribu, jaja i mahunarke te 10 % voća.



Slika 1. „Moj tanjur“ za djecu (HZJZ, 2018)

U tablici 1 su navedeni preporučeni dnevni unosi energije za dječake u dobi 7 do 18 godina s adekvatnom tjelesnom masom i visinom koji su umjereno tjelesno aktivni.

Tablica 1. Preporučeni dnevni unosi energije za dječake dobi 7 do 18 godina koji su umjereno tjelesno aktivni (Capak i sur., 2013)

Dob djeteta (godine)	Preporučeni dnevni unos energije	
	(kcal/dan)	(kJ/dan)
7 do 9	1970	8242
10 do 13	2220	9288
14 do 18	2755	11527

2.1.2. Nutritivne potrebe

Makronutrijenti (ugljikohidrati, bjelančevine i masti) su izvori energije u organizmu i neophodni su za njegovo funkcioniranje, izgradnju i obnavljanje. Mikronutrijenti (vitamini i mineralne tvari) su spojevi koje u organizam unosimo u manjim količinama, a također su neophodni za izgradnju organizma iako nisu izvori energije (Capak i sur., 2013).

2.1.2.1. Makronutrijenti

Ugljikohidrati čine glavninu unosa energije. Preporuča se dati prednost proizvodima od cjelovitih žitarica (kruh, pahuljice, tjestenina) te mahunarkama (soja, leća, slanutak), krumpiru, voću i korjenastom povrću. Bjelančevine su nositelji aminokiselina i njihova uloga u organizmu je prvenstveno gradivna. Preporuča se konzumacija bjelančevina životinjskog (meso, riba, jaja, mlijeko i mliječni proizvodi) i biljnog podrijetla (mahunarke, orašasto voće). Masti su značajan izvor energije, nositelji esencijalnih masnih kiselina i nužne za apsorpciju pojedinih nutrijenata (npr. vitamina). Preporuča se izbjegavati masti i ulja s visokim sadržajem zasićenih masnih kiselina te prednost dati krtom mesu. vlakna imaju niz značajnih blagotvornih učinaka na zdravlje: poboljšavaju laksaciju i pravilnost probave povećavanjem volumena stolice, snižavaju razinu LDL-a i ukupnog kolesterola u krvi, snižavaju razinu glukoze i/ili inzulina u krvi nakon obroka i osiguravaju metabolite koji su izvori energije jer ih fermentiraju bakterije crijevne mikroflore (Phillips, 2013). Izvori vlakana su cjelovite žitarice, mahunarke te voće i povrće. U tablici 2 prikazani su preporučeni dnevni unosi hranjivih tvari za adekvatno uhranjene, umjereno tjelesno aktivne dječake prema dobi (od 7 do 18 godina).

Tablica 2. Preporučeni dnevni unos makronutrijenata za adekvatno uhranjene, umjereno tjelesno aktivne dječake (Capak i sur., 2013)

HRANJIVE TVARI	Dob djeteta		
	7 do 9 godina	10 do 13 godina	14 do 18 godina
Bjelančevine (% kcal/dan)	10 – 15	10 – 15	10 – 15
Bjelančevine (g/dan)	49,3 – 73,9	55,5 – 83,3	68,9 – 103,3
Masti (% kcal/dan)	30 – 35	30 – 35	25 - 30
Masti (g/dan)	65,7 – 76,7	74,0 – 86,3	≤ 91,8
Zasićene masne kiseline (% kcal/dan)	≤ 10	≤ 10	≤ 10
Zasićene masne kiseline (g/dan)	≤ 21,9	≤ 24,7	≤ 30,6
Ugljikohidrati (% kcal/dan)	> 50	> 50	> 50
Ugljikohidrati (g/dan)	> 246,3	> 277,5	> 344,4
Jednostavni šećeri (% kcal/dan)	< 10	< 10	< 10
Jednostavni šećeri (g/dan)	< 49,3	< 55,5	< 68,9
Vlakna (2,4 g/MJ ili 10 g/1000 kcal)	> 10	> 10	> 10
Vlakna (g/dan)	> 19,7	> 22,2	> 27,6

2.1.2.2. Mikronutrijenti

Vitamini i mineralne tvari su po kemijskom sastavu veoma različiti spojevi, nužni su za normalno funkcioniranje organizma, ali u njemu se ne mogu sintetizirati ili barem ne u dovoljnim količinama, stoga se moraju unijeti hranom (Capak i sur., 2013). Tijekom rasta i razvoja djeteta povećavaju se fiziološke potrebe za kalcijem, željezom, cinkom i vitaminom D. Adekvatan unos kalcija i vitamina D u ovoj dobi je izrazito važan zbog prevencije osteoporoze i prijeloma kostiju u kasnijoj životnoj dobi. U ovom je razdoblju posebna pozornost posvećena unosu kalcija, njegovoj bioraspoloživosti i prometu jer se on koristi kao pokazatelj adekvatne uhranjenosti kostiju. Kalcij je glavna mineralna tvar u kostima, a djetinjstvo, posebice rane godine puberteta, su kritično razdoblje za kalcificiranje kostura koji se nago razvija (Golden i Abrams, 2014; Ross i sur., 2011). Adekvatan status vitamina D neophodan je za aktivnu, transcelularnu apsorpciju kalcija, a procjenjuje se određivanjem koncentracija 25-hidroksivitamina D u serumu.

Anemija uzrokovana nedostatkom željeza globalni je zdravstveni problem koji pogađa djecu, žene i starije osobe, a čest je komorbiditet kod raznih medicinskih stanja. Etiologija nedostatka željeza kod djece u zemljama u razvoju je višestruka. Najčešći uzroci su nedostatan unos željeza (malnutricija), kronični gubitak krvi u gastrointestinalnom traktu (parazitske infekcije), smanjena apsorpcija te upalna stanja (Cappellini i sur., 2020). Preporučeni dnevni unos vitamina i mineralnih tvari za djecu u dobi od 7 do 18 godina prikazan je u tablici 3.

Tablica 3. Preporučeni dnevni unos vitamina i mineralnih tvari za djecu (Capak i sur., 2013)

VITAMINI I MINERALNE TVARI	Dob djeteta		
	7-9 godina	10-13 godina	14-18 godina
Vitamin A (mg ekvivalenta)	0,8	0,9	1,03
Vitamin B ₁ (tiamin) (mg)	1,0	1,1	1,2
Vitamin B ₂ (riboflavin) (mg)	1,1	1,3	1,4
Vitamin B ₃ (niacin) (mg ekvivalenta)	12	14	15,75
Vitamin B ₆ (piridoksin) (mg)	0,7	1,0	1,4
Vitamin C (mg)	80	90	100
Natrij (mg)	1380	1380	1600
Kalij (mg)	3800	4500	4700
Kalcij (mg)	900	1100	1200
Fosfor (mg)	800	1250	1250
Magnezij (mg)	170	240	342,5
Željezo (mg)	10	13,5	13,5
Cink (mg)	7	8	8,38

2.1.2.3. Unos voća i povrća

Zbog alarmantnog porasta prekomjerne tjelesne mase i pretilosti u adolescenata, prehrambene navike mladih zaslužuju posebnu pozornost ne samo zbog izravne implikacije na status tjelesne mase (Popkin, 2002), nego i na povećani rizik od kardio-metaboličkih stanja u odrasloj dobi, kao što su hipertenzija, metabolički sindrom i dijabetes tipa 2 (Lobstein i Jackson-Leach, 2016). Konzumacija hrane biljnog podrijetla, posebice voća, povrća i mahunarki, smatra se pozitivnom prehrambenom navikom na temelju potencijala u prevenciji prekomjerne tjelesne mase, pretilosti te nekih nezaraznih kroničnih bolesti (Rebello i sur, 2014; Slavin i Lloyd, 2012). Zbog utjecaja na prevenciju bolesti i održavanje zdravstvenog statusa, postavljeni su međunarodni prehrambeni ciljevi za konzumaciju voća i povrća (400 g/dan) i unos soli (< 5 g/dan) ili natrija (< 2 g/dan) (FAO/WHO, 2003). Prema EFSA-i, promicanje i održavanje kardiovaskularnog zdravlja djelovanjem fitokemikalija iz voća i povrća postiže se preporučenim unosom voća i povrća od 5 ili više serviranja dnevno, odnosno, barem 400 g voća i povrća na dan (1 serviranje = 80 g) (EFSA, 2011). Budući da se voće i povrće uglavnom konzumira sirovo ili polupreradeno, za očekivati je da sadrži veće razine ostataka pesticida u usporedbi s drugim skupinama namirnica biljnog podrijetla. Podaci iz USDA Programa podataka o pesticidima (engl. *Pesticide Data Program, PDP*), koji sustavno istražuje prisutnost ostataka pesticida u hrani koja se prodaje u supermarketima, pokazuju da je u 2018. godini više od 50 % namirnica iz skupine voće i povrće konzumiranih u SAD-u sadržavalo mjerljive ostatke pesticida, a više od 30 % sadržavalo je dva ili više pesticida (AMS, 2018).

2.2. PESTICIDI - ORGANOFOSFATNI I PIRETROIDNI INSEKTICIDI

Pesticidi su tvari ili pripravci koji se koriste u svrhu odbijanja, uništavanja ili suzbijanja štetočina (Costa, 2013). S obzirom na ciljane štetočine, dijele se u različite podklase. Primarne podklase su pesticidi namijenjeni uništavanju insekata (insekticidi), korova (herbicidi), gljiva i plijesni (fungicidi) te glodavaca (rodenticidi) od kojih svi imaju vlastite podklase na temelju kemijskih svojstava, fizičkog stanja/načina primjene (npr. fumiganti) te podrijetla (biopesticidi, botanički proizvodi) (Richardson i sur., 2019). Pesticidi su osnovno zaštitno sredstvo koje se koristi u poljoprivredi i javnom zdravstvu (Bonner i Alavanja, 2017).

Međutim, činjenica je da su mete pesticida često osim štetočina i neke neciljane vrste, primjerice ljudi, što je specifično za neurotoksične organoklorirane, organofosfatne i piretroidne pesticide (Richardson i sur., 2019).

2.2.1. Organofosfati

Kemijska struktura organofosfatnih (OP) spojeva, kao i živčanih agenasa, sastoji se od atoma fosfora vezanog na atom kisika ili sumpora (Casida, 2017). Reakcija metaboličke aktivacije OP spojeva posredovana je višestrukim enzimima citokroma P-450 i odvija se prvenstveno u jetri, ali nađeni su dokazi koji potkrepljuju mogućnost bioaktivacije i u nekim ciljnim organima kao što su mozak i pluća. OP spojevi pokazuju neurotoksično djelovanje jer ireverzibilno inhibiraju aktivnost enzima acetilkolinesteraze, koji katalizira reakciju hidrolize acetil-kolina, glavnog neurotransmitera živčanog sustava. Jednom vezan, fosforilirani serin u aktivnom mjestu enzima može se generirati spontanom hidrolizom, međutim, to je veoma spor proces. Inhibicija acetilkolinesteraze dovodi do nakupljanja acetil-kolina u sinapsama i hiperstimulacije kolinergičkih receptora u središnjem i perifernom živčanom sustavu. Upravo zbog hiperstimulacije receptora dolazi do ispoljavanja klasičnih znakova intoksikacije OP spojevima, a oni se klinički nazivaju SLUD sindrom (engl. *salivation, lacrimation, urination and diarrhea*) sindrom tj. salivacija, suzenje, mokrenje i dijareja) ili sveobuhvatniji DUMBBELS sindrom (engl. *diarrhea, urination, miosis/muscle weakness, bronchorrhea, bradycardia, emesis, lacrimation, salivation/sweating*) tj. dijareja, mokrenje, slabost u mišićima, bronhoreja, bradikardija, povraćanje, suzenje te salivacija/znojenje (Richardson i sur., 2019). Obično se navedeni znakovi primjećuju u situacijama akutnog trovanja koje rezultiraju inhibicijom acetilkolinesteraze preko 70 % (Pope i sur., 2005).

Nadalje, pretpostavlja se da izloženost ovim spojevima može utjecati na promjenu redoks procesa, izazvati oksidativni stres i utjecati na rad endokrinog sustava u bilo kojoj fazi hormonske regulacije, od sinteze do vezanja hormona na receptore (Martín Reina i sur., 2017). Epidemiološkim i laboratorijskim istraživanjima dokazano je da OP spojevi mogu imati toksične učinke tijekom razvoja i pri razinama izloženosti koje su niže od onih koje izazivaju kolinergičnu ekscitaciju (Carr i sur., 2018).

Glavni izvor izloženosti OP spojevima kod odraslih osoba i djece iz opće populacije je hrana (Hyland i sur., 2019; Lu i sur., 2006b). OP se ne nakupljaju u organizmu, već se više od 75 %

njihovog sadržaja metabolizira u dialkildifosfate (DAP) i zatim se izlučuju urinom unutar 6 do 48 h nakon izlaganja (Barr i Angerer, 2006). Najosjetljiviji i najpouzdaniji biomarkeri izloženosti OP su razine DAP ili specifičnih metabolita kao što su klorpirifos, malation i diazinon u urinu.

2.2.2. Piretroidi

Piretroidi (PYR) su sintetski analozi koji se strukturno temelje na šest prirodnih estera (piretrina) prisutnih u cvjetnim glavicama biljaka krizantema. Slično ovim prirodnim esterima, sintetski PYR imaju visoku insekticidnu moć i relativno nisku toksičnost za sisavce, s prednošću što su manje osjetljivi na hidrolizu i fotodegradaciju nego prototipski spojevi (Clark i Symington, 2011). Na temelju strukturnih razlika i simptoma akutne izloženosti kod glodavaca, PYR spojevi su podijeljeni u skupine tipova I i II (Soderlund, 2012). Tip I, označen kao T-sindrom, pokazuje znakove neurotoksičnosti koji uključuju tremor, trzanje, komu i smrt. Otkrićem deltametrina, prvog piretroida koji sadrži cijano skupinu, uočeni su simptomi akutne toksičnosti koji su se manifestirali kao salivacija, trzanje nogu i koreoatetozu i oni su nazvani tip II, odnosno CS-sindrom. Svakako treba napomenuti da ova klasifikacija nije savršena jer postoje piretroidi koji mogu ispoljavati simptome oba sindroma.

Primarne mete za neurotoksične efekte koje izazivaju PYR kod insekata su naponski-regulirani natrijevi kanali, dok su kalcijevi i kloridni kanali sekundarne mete (Zhu i sur., 2020). Piretroidi utječu na natrijeve ionske kanale u živčanom sustavu insekata tako što produljuju vrijeme njihovog otvaranja što u konačnici dovodi do stimulacije živčanih stanica i paralize (Frank i sur., 2018; Mukherjee i sur., 2010). Kalcijски signali reguliraju razne neuralne razvojne procese (Frank i sur., 2018; Soderlund, 2012), dok kloridni kanali stabiliziraju membranski potencijal mirovanja, reguliraju volumen stanica i transport kroz epitel (Frank i sur., 2018; Stamou i sur., 2013; Soderlund, 2012). Iako se smatra da je izloženost opće populacije PYR niska, nedostatak serumske karboksilesteraze kod ljudi (Crow i sur., 2007), enzima koji je uključen u primarni mehanizam detoksikacije PYR hidrolizom, može smanjiti sposobnost metaboliziranja piretroida te njihovo nakupljanje u organizmu.

Piretroidi se u organizam mogu unijeti prehrambenim i ne-prehrambenim izvorima zbog toga što su sastavni dijelovi šampona za kućne ljubimce, tretmana ušiju i repelenata za insekte (Saillenfait i sur., 2015) pa se mogu naći i u hrani te u zraku i kućnoj prašini (Morgan, 2012).

Vrijeme poluživota PYR nakon unosa je < 24 h, a nakon apsorpcije brzo se metaboliziraju u polarne metabolite koji se primarno eliminiraju urinom (Leng i sur., 1997).

2.2.3. Učinci na zdravlje djece

Djeca su posebno osjetljiva skupina stanovništva za izloženost pesticidima iz nekoliko razloga (Pascale i Laborde, 2020; UNICEF, 2018; Laborde i sur., 2015; Council of Environmental Health, 2012; WHO, 2008; Miller i sur., 2002):

- Dermalna apsorpcija je povećana zbog većeg omjera površine tijela prema tjelesnoj masi, a povećane su i perfuzija kože te hidracija
- Kemijska apsorpcija inhalacijom je veća zbog veće brzine disanja i veće minutne ventilacije pluća
- Djeca obično konzumiraju više hrane i vode po tjelesnoj masi od odraslih osoba, odnosno na istoj razini kontaminacije, konzumiraju veće doze. Prehrana djece sadržava proporcionalno veći sadržaj voća i povrća.
- Nezreli metabolički mehanizmi novorođenčadi i dojenčadi mogu predisponirati veliku toksičnost kada se uključeni pesticid metabolizira u manje toksičan ili netoksičan spoj.
- Navike djece i neke normalne faze razvoja čine ih više izloženima nego odrasle. Djeca mlađa od 5 godina istražuju svijet oko sebe te nisu sposobni prepoznati opasnost ili pročitati znakove upozorenja. Mlađa djeca puzeći po podu mogu skupljati rezidue s tla.

2.2.3.1. Reproductivni poremećaji

Eksperimentalna istraživanja u vezi s reproduktivnom toksičnošću među ljudima su ograničena, ali postoje neka epidemiološka istraživanja koja su ocjenjivala učinke pesticida na reproduktivne parametre. Kronična izloženost organofosfatnim i karbamatnim pesticidima može uzrokovati oštećenje kromatina sperme i smanjiti kvalitetu sjemenja te utjecati na promjenu razine spolnih hormona što štetno utječe na reproduktivno zdravlje (Miranda-Contreras i sur., 2013). Nađena je negativna korelacija između DNA fragmentacijskog indeksa i izloženosti organofosfatnim i karbamatnim pesticidima, ali s druge strane, nije nađena povezanost izloženosti pesticidima sa značajnim promjenama razina testosterona, lutenizirajućeg (LH), folikulostimulirajućeg (FSH), tiroid-stimulirajućeg (TSH) hormona i tiroksina (T4) (Jamal i sur.,

2016). Također, utvrđeno je da i niske koncentracije piretroidnih insekticida u krvi mogu smanjiti broj spermija, povećati oštećenja DNA spermija i smanjiti volumen i pH sjemena (Meeker i sur., 2009; Recio-Vega i sur., 2008).

2.2.3.2. *Neurorazvojni poremećaji*

U epidemiološkim istraživanjima koja uključuju djecu koriste se standardizirani neurorazvojni i neuropsihološki testovi u kombinaciji s metabolitima piretroida utvrđenih u urinu ili s drugim zamjenskim indeksima izloženosti kako bi se utvrdila povezanost neurorazvojnih poremećaja s izloženosti piretroidima. Uobičajeni i najrašireniji piretroidni urinarni metabolit je 3-fenoksibenzojeva kiselina (3-PBA). Podaci iz Nacionalne ankete o zdravlju i prehrani (engl. *National Health and Nutrition Examination Survey, NHANES*) 1999.-2002. korišteni su za procjenu ishoda izloženosti piretroidima. Kod djece koja imaju dijagnosticiran poremećaj pažnje uzrokovan hiperaktivnošću (engl. *Attention Deficit Hyperactivity Disorder, ADHD*) ili koriste lijekove za isti, nađene su povišene koncentracije 3-PBA u urinu te je na taj način uočena povezanost izloženosti piretroidima s pojavom ADHD-a u djece (Richardson i sur., 2015). Ugniježđenim istraživanjem parova (engl. *Nested Case-Control Study*) nađena je slaba, ali značajna povezanost između prevalencije ADHD-a i 3-PBA u urinu. Istraživanje je uključivalo 5489 djece u dobi 6 do 15 godina od kojih je 9,2 % imalo dijagnozu ADHD-a na temelju izvješća roditelja (Richardson i sur., 2015; Bouchard i sur., 2010; Braun i sur., 2006). Od 5489 slučajeva ADHD-a, razine 3-PBA bile su dostupne za 2123 slučaj i te koncentracije su bile povezane s ADHD-om s omjerom šansi od 2,3 (1,4–3,9) (Richardson i sur., 2015). Nisu pronađene razlike među spolovima.

U istraživanju Wagner-Schumana i suradnika (2015) koristili su se podaci iz iste nacionalne ankete (NHANES, 2001.-2002.), a uključivali su 687 djece u dobi od 8 do 15 godina. Dječaci s povećanim razinama 3-PBA u urinu imali su dvostruko veću vjerojatnost da će im se dijagnosticirati ADHD u usporedbi s dječacima kod kojih nije detektirana 3-PBA. Takva povezanost nije nađena u djevojčica (Wagner-Schuman i sur., 2015).

U drugom istraživanju nađena je povezanost neurobiheviornalnih oštećenja (gubitka pamćenja te oštećenja motoričkih funkcija) s izloženosti OP kod djece u dobi od 5 do 15 godina (Butler-Dawson i sur., 2016). Rezultati istraživanja ukazuju na to da su dječaci puno osjetljiviji na neurotoksične učinke pesticida nego djevojčice. U istraživanju Liu i suradnika (2016) samo dječaci

su pokazali povezanost izloženosti OP s odgođenim motoričkim i društvenim razvojem (Liu i sur., 2016).

Presječno istraživanje u Kostariki je za procjenjivanje izloženosti pesticidima kod djece koja žive u blizini plantaža banana koristilo analizu metabolita klorpirifosa, mankozeba (fungicid) i piretroida u urinu. Povišene razine metabolita klorpirifosa povezane su s lošom radnom memorijom i slabijom vizualno-motoričkom koordinacijom u dječaka (van Wendel de Joode i sur., 2016).

Izloženost OP i piretroidima tijekom trećeg tromjesečja trudnoće povezuje se s povećanom mogućnošću razvoja autizma kod djece (Shelton i sur., 2014). Preliminarni dokazi CHARGE (engl. *Childhood Autism Risks from Genetics and the Environment*) istraživanja sugeriraju da suplementacija folnom kiselinom može biti učinkovita u smanjenju rizika od razvoja autizma. Izgledi za rođenje djeteta s autizmom su bili 2,5 puta veći kod majki koje su izložene pesticidima i pritom imaju nizak unos folne kiseline. Ovo je istraživanje među prvim predložilo mogući preventivni učinak suplementacije folnom kiselinom (Schmidt i sur., 2017).

2.2.4. Povezanost izloženosti piretroidima s pubertetskim razvojem u djece

Pubertet je proces spolnog sazrijevanja koji je neophodan za postizanje sposobnosti razmnožavanja. Pubertetsko sazrijevanje događa se povećanjem izlučivanja gonadotropina (GnRH) te lutenizirajućeg (LH) i folikulostimulirajućeg (FSH) hormona, lučenjem spolnih steroidnih hormona iz osi hipotalams-hipofiza-gonade što dovodi do razvoja sekundarnih spolnih karakteristika (Ye i Liu, 2018). LH stimulira Leydigove stanice testisa na sintezu i sekreciju testosterona, dok FSH djeluje na Sertolijeve stanice testisa kako bi proizvele androgen-vezujući protein koji je ključan za pokretanje spermatogeneze (Wirbisky i Freeman, 2015; Jin i Yang 2014). Istraživanja o utjecaju piretroida na pubertalni razvoj su veoma ograničena. Posljednja istraživanja pronalaze pozitivnu korelaciju 3-PBA s LH i FSH u dječaka dobi 9 do 16 godina. Također, uočena je povezanost povećane izloženosti piretroidima s ranijim pubertalnim razvojem u dječaka (Ye i sur., 2017).

2.3. ZASTUPLJENOST PESTICIDA U HRANI

Pored Kine, Južne i Srednje Amerike, Europa je u posljednjem desetljeću svrstana kao treće područje u svijetu u kojem je upotreba pesticida po površina usjeva najveća, a unatoč različitim propisima i regulativama koje se provode kako bi se smanjili štetni učinci pesticida na zdravlje ljudi i okoliš, prosječna upotreba po površini usjeva nastavila je rasti između 2010. i 2016. godine (FAOSTAT, 2019).

Koordinirani program kontrole (EUCP) nasumično uzorkuje prehrambene proizvode koje građani EU najviše konzumiraju. U 2019. godini za kontrolu je odabrano 12 prehrambenih proizvoda: jabuke, glavice kupusa, zelena salata, breskve, špinat, jagode, rajčice, zrno zobi, zrno ječma, vino (crno ili bijelo), kravlje mlijeko i svinjska mast. Ukupno je analizirano 12 579 uzoraka za 182 rezidue pesticida, od kojih 158 u hrani biljnog podrijetla i 8 u hrani životinjskog podrijetla (16 rezidua analizirano je u svim uzorcima) (EFSA, 2021).

Analizom je utvrđeno da 6 674 uzoraka (53 %) nema kvantificirane razine rezidua što znači da se dobivena vrijednost rezidue nalazi ispod granice kvantifikacije (engl. *Limit of Quantification*, LOQ), 5 664 uzoraka (45 %) sadrži jednu ili više rezidua pesticida u koncentracijama iznad LOQ i ispod ili jednako s najvećim razinama ostataka (engl. *Maximum Residue Levels*, MRL) i 241 uzorak (2 %) sadrži koncentracije ostataka koje premašuju MRL, s tim da se 120 uzoraka (1 %) smatra nesukladnim kada se u obzir uzme faktor nesigurnosti. Nadalje, broj uzoraka u kojima su analizirane rezidue pesticida u 2019. godini (96 302) povećan je za 5,8 % u odnosu na 2018. godinu (91 015). Stopa prekoračenja MRL-a smanjena je sa 4,5 % u 2018. na 3,9 % u 2019. godini. Stopa prekoračenja MRL-a po pojedinom prehrambenom proizvodu porasla je od 2016. do 2019. godine u jagodama (s 1,8 % na 3,3 %), kupusu (s 1,1 % na 1,9 %), grožđu (s 0,4 % na 0,9 %) i svinjskoj masti (s 0,1 % na 0,3 %). S druge strane, stopa je smanjena u odnosu na 2016. za breskve (s 1,9 % na 1,5 %), zelenu salatu (s 2,4 % na 1,8 %), jabuke (s 2,7 % na 2,1 %) i rajčice (s 2,6 % na 1,7 %). Zaključeno je da visoki udio uzoraka s reziduama pesticida ispod LOQ vrijednosti, može rezultirati posebno visokim vrijednostima gornje granice izloženosti pesticidima. Pretpostavlja se da čak i ako nisu kvantificirani, rezidue su prisutne u svim uzorcima na razini LOQ.

Nekoliko neodobrenih pesticida od strane EU više puta je pronađeno u nasumično uzorkovanoj hrani uzgojenoj u EU i to u razinama koje prelaze zakonske granice, a to su:

- acefat i klorprofam u jabukama
- klorotalonil u zelenoj salati
- dieldrin i iprodion u breskvama
- klorotalonil, klotianidin, ciflutrin, metomil i permetrin u špinatu
- karbofuran u jagodama
- klorfenapir i triadimefon u rajčici
- iprodion i oksadiksil u grožđu

Zbog visoke stope prekoračenja MRL-a u špinatu (6,7 %) i prisutnosti do 5 neodobrenih pesticida u razinama koje prelaze zakonske granice, preporučeno je da se nastave kontrolirati razine rezidua u špinatu kroz EUCP. Peta najčešće kvantificirana rezidua u hrani bio je fosetil-aluminij. S obzirom na trenutnu procjenu i pregled fosetil-aluminija i fosfonata izraženog kao fosfonska kiselina, EFSA preporučuje da države članice nastave pratiti fosfonsku kiselinu u proizvodima biljnog i životinjskog podrijetla.

2.4. METODE ZA PROCJENU PREHRAMBENOG UNOSA

Procjena prehrambenog unosa može se izvršiti objektivnim opažanjem korištenjem duplikatnih dijeta ili bilješki o konzumaciji hrane od strane obučenog ispitivača. Metode bilježenja konzumacije hrane u stvarnom vremenu sastoje se od dnevnika prehrane (sa ili bez vaganja konzumirane hrane) i metode duplikatne dijete.

2.4.1. Metoda dnevnika prehrane

Dnevnik prehrane (engl. *Food Diary*) je prospektivna metoda procjene unosa hrane u kojoj ispitanik bilježi svu hranu i sirovine koje konzumira u određenom vremenskom razdoblju (Ortega i sur., 2015). Ovisno o cilju ili hipotezi istraživanja često se od ispitanika traži da bilježe detaljne podatke o hrani, načinu pripreme, sastojcima i receptima složenih jela, čak i naziv robne marke komercijalnih proizvoda. Dnevnikom prehrane prikupljaju se podaci vlastitom evidencijom ispitanika i to u vrijeme kada se hrana pojede, čime se minimizira oslanjanje na pamćenje

ispitanika. U nekim slučajevima, dnevnik prehrane može popuniti netko drugi. To se često odnosi na djecu ili ljude koji imaju poteškoća sa zapisivanjem konzumirane hrane (Thompson i Subar, 2013). Međutim, da bi se očuvala točnost podataka, ispitanici moraju proći edukaciju prije sudjelovanja u istraživanju. Potrebno je da ispitanici budu motivirani s obzirom da se na njih prenosi relativno veliki teret (Shim i sur., 2014; Thompson i Byers, 1994).

Količinu konzumirane hrane potrebno je izmjeriti što je preciznije moguće. Masa svake namirnice može se izmjeriti kuhinjskom vagom ili procijeniti korištenjem kuhinjskog posuđa (npr. zdjele, šalice, čaše). Još jedan od načina procjene veličine porcije je korištenjem trodimenzionalnih modela hrane ili dvodimenzionalnih pomagala kao što su fotografije (Thompson i Subar, 2013). Također, važno je definirati broj dana za koje će se voditi dnevnik prehrane te trebaju li biti uzastopni ili ne. Da bi se dobile dovoljno pouzdane informacije, potrebno je provoditi dnevnik prehrane minimalno 3 dana, ali ako je pak vrijeme provođenja predugo može doći do loše usklađenosti podataka (Ortega i sur., 2009; Ortega i sur., 2000).

Glavna prednost dnevnika prehrane je prikupljanje točnih kvantitativnih informacija o hrani koja se konzumira tijekom samog bilježenja (Thompson i Subar, 2013). S obzirom da se namirnice evidentiraju dok se konzumiraju, manje je vjerojatno da će se iste izostaviti ili zaboraviti, odnosno, dnevnik prehrane će biti točniji. Dnevnik prehrane uz vaganje daje preciznije procjene za pojedince i može se povezivati sa zdravstvenim indeksima, odnosno, koristiti za procjenu nutritivnog statusa pomoću analize krvi.

Jedan od nedostataka metode je to što može biti komplicirana nekim pojedincima, posebno onima koji ne kuhaju redovito i nisu upoznati s vaganjem hrane. Utvrđeno je da neki ispitanici mogu nenamjerno poboljšati svoje prehrambene navike kroz razmišljanje o sebi. Drugi pak mogu promijeniti prehranu namjerno kako bi izbjegli opterećivanje odgovorima ili čak odlučiti ne prijaviti stvarni unos što može utjecati na vrstu i na količinu konzumirane hrane (Thompson i Byers, 1994). Također, prehrana je vrlo varijabilna iz dana u dan, tako da zabilježeni podaci mogu predstavljati trenutnu, ali ne i uobičajenu prehranu (Ortega i sur., 2015).

2.4.2. Metoda duplikatne dijete

Metodom duplikatne dijete prikupljaju se dvostruki uzorci hrane koju ispitanik uobičajeno konzumira te se podvrgava kemijskoj analizi kako bi dobili podatke o potencijalnoj prehrambenoj izloženosti. Metoda se uglavnom koristi za procjenu izloženosti kontaminantima iz okoliša kao što

su ftalati i policiklički aromatski ugljikovodici (PAH) u hrani i pićima (Fromme i sur., 2007). Prednosti metode su to što se ne oslanja na pamćenje ispitanika, podaci koji se dobiju su rezultat kemijske analize hrane i pomoću nje se može procijeniti izloženost kontaminantima iz okoliša. Glavni nedostatak metode je to što je skupa, zahtijeva dodatnu opremu, stručnjake i laboratorije za izvođenje analiza te nije pogodna za studije velikih razmjera (Shim i sur., 2014).

3. EKSPERIMENTALNI DIO

3.1. ISPITANICI

Istraživanje je provedeno u skupini od 30 dječaka u dobi od 9 do 14 godina. Ispitanici su učenici osnovnih škola s područja Grada Zagreba. Svi ispitanici su omnivori i nijedan nije na posebnoj režimu prehrane.

3.2. METODE

Metode korištene u ovom istraživanju bile su antropometrijske i dijetetičke metode. Podaci o tjelesnoj masi i tjelesnoj visini prikupili su se od roditelja ispitanika kako bi se izračunao indeks tjelesne mase i odredio stupanj uhranjenosti. Prikupljeni su podaci o pojedenoj hrani na razini jednog dana i skupljeni obroci i pojedinačne namirnice za analizu pesticida. Dijetetička metoda dnevnika prehrane uz vaganje korištena je za procjenu energijske i nutritivne vrijednosti konzumiranih obroka. Za procjenu unosa pesticida prehranom korišteni su podaci istraživanja ukupne prehrane (engl. *Total Diet Study, TDS*) provedenog u okviru PyrOPECh projekta (IP-2019-04-7193), koje je prethodilo ovom istraživanju. Točnije, radilo se o koncentracijama rezidua pesticida u namirnicama iz skupine voće i povrće s obzirom da su navedene skupine prepoznate kao glavni izvori pesticida u prehrani ljudi. Zbog kompleksnosti matrice složena jela na bazi povrća/voća izostavljena su iz obrade. Ukratko, uzorci hrane za PyrOPECh TDS odabrani su na način da pokrivaju najmanje 95 % prehrane hrvatskih adolescenata (na temelju nacionalnih podataka iz baze FoodEx, <https://www.efsa.europa.eu/en/microstrategy/foodex2-level-7>). Sva hrana skupljena je u trgovinama i tržnicama u Zagrebu i pripremljena na način uobičajen za naše područje. Voće i povrće je očišćeno od prašine/zemlje, uklonjeni su svi nejestivi dijelovi i oprano je vodom iz slavine. Pojedine vrste namirnica poput jabuke, kruške, tikvice, salatnih krastavaca i sličnih pripremane su na dva načina, s korom i bez kore. Za svaku namirnicu (prema vrsti i/ili načinu obrade) priređen je kompozitni uzorak združivanjem 3 do 5 pojedinačnih uzoraka (homogenizacija). Svi uzorci pohranjeni su na -20 °C do analize u Backweston Laboratory Complex-u Ministarstva poljoprivrede, hrane i mora Republike Irske, Celbridge, Irska. Uzorci su ekstrahirani miniLuke metodom i analizirani pomoću plinske kromatografije spregnute sa spektrometrijom masa visoke moći razlučivanja te tekućinske kromatografije (LC-QQQ).

3.2.1. Dijetetičke metode

Podaci o prehrani ispitanika prikupljani su metodom dnevnika prehrane uz vaganje. Dnevnik prehrane vodili su roditelji ispitanika u razdoblju od 03. lipnja 2021. do 17. listopada 2021. Navodili su vrijeme konzumacije obroka, vrstu hrane i pića koju su dječaci konzumirali te konzumiranu količinu, a za složena jela i recepturu. Energijska i nutritivna vrijednost obroka izračunata je korištenjem računalnog programa „Prehrana“ (Infosistem d.d., Zagreb) koji sadrži podatke o kemijskom sastavu namirnica. Promatrani dijetetički parametri uključivali su energiju, bjelančevine, masti, zasićene masne kiseline, jednostruko nezasićene masne kiseline, višestruko nezasićene masne kiseline, kolesterol, ugljikohidrate, prehrambena vlakna, vitamine A, C, B₁, B₂, B₃ i B₆ te mineralne tvari kalcij, kalij, natrij, magnezij, fosfor i željezo.

3.3. OBRADA PODATAKA

Statistička obrada podataka provedena je pomoću programa Microsoft Office Excel 2010, a rezultati su prikazani kao srednja vrijednost i standardna devijacija te su im pridružene minimalne i maksimalne vrijednosti za pojedini promatrani parametar. Pri obradi podataka korišteni su osnovni elementi deskriptivne statistike te parametrijski *t*-test za nezavisne uzorke (Studentov *t*-test) kojim su određene razlike promatranih varijabli između ispitanika podijeljenih prema dobi. Analize su provedene s razinom statističke značajnosti postavljenom na 95 % ($p < 0,05$).

4. REZULTATI I RASPRAVA

Cilj ovog istraživanja bio je procijeniti kakvoću prehrane dječaka u pubertetu i predpubertetu, procijeniti unos rezidua pesticida konzumacijom namirnica iz skupine voće i povrće te odrediti postoji li potencijalan rizik za zdravlje računanjem kvocijenta opasnosti za pojedinu reziduu. Rezultati istraživanja prikazani su u 13 tablica i 7 slika, a podijeljeni su u 4 potpoglavlja. U potpoglavlju 4.1. predstavljena su obilježja ispitanika te raspodjela prema dobi i stupnju uhranjenosti, u potpoglavlju 4.2. odrađena je analiza prikupljenih dnevnika prehrane kojom su se procijenili prosječni dnevni unosi energije te makro i mikronutrijenata kao i prosječan dnevni unos voća i povrća. Nadalje, u potpoglavlju 4.3. razrađena je analiza rezidua pesticida u namirnicama, a u potpoglavlju 4.4. određen je i prosječan dnevni unos rezidua pesticida konzumacijom namirnica iz skupine voće i povrće te je izračunat kvocijent opasnosti.

4.1. OBILJEŽJA ISPITANIKA

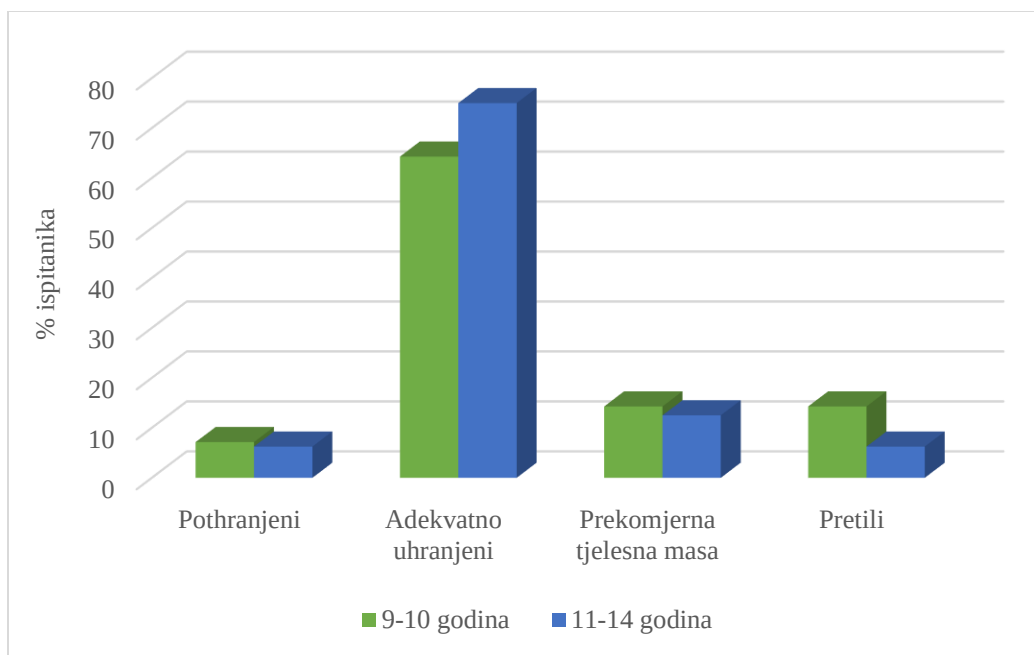
U dva kućanstva navedena je upotreba sredstava protiv štetnika unutar 2 dana od dana vođenja dnevnika prehrane (pesticida Bumortin i repelenta BOKILL Universal). Prosječan broj ukućana u kućanstvu ispitanika je 4. U 6 kućanstava (njih 20 %) zaposlen je samo jedan roditelj, dok su u preostalih 24 (80 %) zaposlena oba roditelja. Visoku ili višu stručnu spremu ima 90 % majki (njih 27) i 73 % očeva (njih 22), dok ostatak (njih 3, odnosno, njih 8) ima srednju stručnu spremu. Prosječna dob ispitanika bila je 11 ± 2 godina. Antropometrijski podaci ispitanika prikazani su u tablici 4.

Tablica 4. Antropometrijski podaci ispitanika (n=30)

Parametri	Srednja vrijednost $\pm$ SD	Raspon (min–max)
Dob (godina)	11 ± 2	9 – 14
Tjelesna visina (cm)	158 ± 15	134 – 183
Tjelesna masa (kg)	48 ± 13	23 – 83
Indeks tjelesne mase (kg/m^2)	$19,0 \pm 3,3$	12,8 – 28,1

Prosječan indeks tjelesne mase (ITM) svih ispitanika iznosio je $19,0 \pm 3,3 \text{ kg/m}^2$. Od 30 ispitanika, njih 15 (50 %) imalo je ITM manji od $18,5 \text{ kg/m}^2$, a najniži je iznosio $12,8 \text{ kg/m}^2$. Ostali ispitanici (46,7 %) imali su ITM $18,5\text{--}24,9 \text{ kg/m}^2$, dok je samo jedan ispitanik imao ITM $> 25 \text{ kg/m}^2$ ($28,1 \text{ kg/m}^2$). S obzirom da se radi o populaciji dječaka u pubertetu i predpubertetu, za procjenu stupnja uhranjenosti, pored ITM koriste se i percentilne krivulje ovisnosti ITM za dob. Za procjenu stupnja uhranjenosti ispitanika u odnosu na druge dječake iste dobi korištene su percentilne krivulje za dob Centra za kontrolu i prevenciju bolesti (engl. *United States Centers for Disease Control and Prevention, CDC*).

Ispitanici čije su se očitane vrijednosti na percentilnim krivuljama nalazile do 5. percentila svrstani su u grupu pothranjene djece, od 5. do 85. percentila u grupu adekvatno uhranjene djece, od 85. do 95. percentila u grupu djece čija je tjelesna masa prekomjerna, a ispitanici čije su očitane vrijednosti ITM za dob iznad 95. percentila u grupu pretile djece (CDC, 2013). Raspodjela ispitanika prema dobi i stupnju uhranjenosti prikazana je na slici 2. Prema dobi ispitanici su podijeljeni u dvije skupine: ispitanici dobi 9-10 godina te 11-14 godina. U skupini ispitanika dobi 9-10 godina ($n=14$), većina ispitanika (njih 9, odnosno, 64,3 %) je adekvatno uhranjeno, po dva ispitanika imaju prekomjernu tjelesnu masu ili su pretili, dok je samo jedan ispitanik pothranjen. Od 16 ispitanika dobi 11-14 godina, njih 12 (75 %) je adekvatno uhranjeno, po jedan ispitanik je pothranjen ili pretio, a dva ispitanika imaju prekomjernu tjelesnu masu (slika 2).



Slika 2. Raspodjela ispitanika prema dobi i stupnju uhranjenosti

4.2. ANALIZA DNEVNIKA PREHRANE

4.2.1. Makronutrijenti

Metodom dnevnika prehrane prikupljeni su podaci o konzumaciji hrane i pića, na temelju čega je izračunat prosječan dnevni energijski unos ispitanika, a iznosio je $2444,0 \pm 721,2$ kcal. Minimalni dnevni unos energije iznosio je 1191,5 kcal, a maksimalni 3842,3 kcal (tablica 5). Utvrđena je statistički značajna razlika u dnevnom energijskom unosu ovisno o dobi ispitanika. Ispitanici dobi 9-10 godina prosječno su unosili $1986,5 \pm 482,7$ kcal na dan, a ispitanici dobi 11-14 godina $2844,4 \pm 661,3$ kcal na dan (tablica 6). Takva razlika je za očekivati s obzirom da se energijske potrebe dječaka razlikuju s obzirom na dob, odnosno, povećavaju se s dobi i više su kod dječaka dobi 14 godina u odnosu na dječake dobi 9 godina (Capak i sur., 2013). Sličan trend pronađen je u istraživanju Shomakera i sur. (2010), gdje je prosječan energijski unos dječaka u pubertetu iznosio 1955 ± 70 kcal, što je više nego kod dječaka u predpubertetu (1287 ± 90 kcal) ili dječaka u ranom-srednjem pubertetu (1413 ± 92 kcal) (Shomaker i sur., 2010).

Tablica 5. Prosječan dnevni unos energije i makronutrijenata za sve ispitanike

Parametri	$\bar{x} \pm SD$	Minimum	Maksimum
Energija (kcal)	2444,0 $\pm$ 721,2	1191,5	3842,3
Bjelančevine (g)	105,1 $\pm$ 41,7	39,2	232,6
Bjelančevine (% kcal)	17,2 $\pm$ 4,1	10,0	26,9
Masti (g)	98,2 $\pm$ 39,7	48,8	196,9
Masti (% kcal)	36,2 $\pm$ 8,8	20,6	54,0
Zasićene masne kiseline (g)	38,3 $\pm$ 16,7	13,0	80,3
Zasićene masne kiseline (% kcal)	14,2 $\pm$ 4,5	6,1	25,9
Jednostruko nezasićene masne kiseline (g)	25,1 $\pm$ 19,0	4,5	82,8
Jednostruko nezasićene masne kiseline (% kcal)	9,1 $\pm$ 5,1	1,7	22,9
Višestruko nezasićene masne kiseline (g)	10,4 $\pm$ 8,6	1,5	42,4
Višestruko nezasićene masne kiseline (% kcal)	3,8 $\pm$ 2,6	0,5	11,7
Kolesterol (mg)	464,6 $\pm$ 387,1	0,0	1343,8
Ugljikohidrati (g)	289,0 $\pm$ 98,3	109,2	525,8
Ugljikohidrati (% kcal)	47,4 $\pm$ 9,2	24,1	63,9
Vlakna (g)	15,6 $\pm$ 6,8	5,2	30,3

Ispitanici u ovom istraživanju prosječno su unosili 105,1 $\pm$ 41,7 g bjelančevina na dan, a prosječan dnevni unos energije iz bjelančevina kod svih ispitanika iznosio je 17,2 $\pm$ 4,1 % kcal (tablica 5). Utvrđena je statistički značajna razlika u unosu bjelančevina prema dobi ispitanika. Ispitanici dobi 9-10 godina unosili su 82,8 $\pm$ 25,3 g bjelančevina na dan što čini 16,7 $\pm$ 4,0 % udjela energije dobivene iz bjelančevina, dok su ispitanici dobi 11-14 godina unosili 124,5 $\pm$ 44,1 g bjelančevina na dan, što čini 17,5 $\pm$ 4,3 % kcal (tablica 6). Ove vrijednosti su veće od preporučenih prema Hrvatskim nacionalnim smjernicama za prehranu učenika u osnovnim školama gdje je preporučen dnevni unos energije iz bjelančevina 10-15 % kcal, a preporuke za unos bjelančevina za dječake dobi 14-18 godina su 68,9-103,3 g/dan (Capak i sur., 2013). Zabilježen je povećani unos bjelančevina u usporedbi s rezultatima istraživanja Shomakera i sur. (2010), prema kojima dječaci prosječne dobi 9,5 $\pm$ 1,0 godina unose 13,8 $\pm$ 0,6 % energije iz bjelančevina na dan, a ispitanici dobi 11,8 $\pm$ 2,0 godina 15,3 $\pm$ 0,6 % kcal (Shomaker i sur., 2010).

Tablica 6. Prosječan dnevni unos energije i makronutrijenata ispitanika s obzirom na dob

Parametri	$\bar{x} \pm SD$		p-vrijednost
	9-10 godina	11-14 godina	
Energija (kcal)	1986,5 $\pm$ 482,7	2844,4 $\pm$ 661,3	<0,001
Bjelančevine (g)	82,8 $\pm$ 25,3	124,5 $\pm$ 44,1	0,004
Bjelančevine (% kcal)	16,7 $\pm$ 4,0	17,5 $\pm$ 4,3	0,604
Masti (g)	80,3 $\pm$ 25,0	113,9 $\pm$ 44,2	0,015
Masti (% kcal)	36,6 $\pm$ 8,0	35,9 $\pm$ 9,8	0,822
Zasićene masne kiseline (g)	30,8 $\pm$ 11,2	44,9 $\pm$ 18,2	0,016
Zasićene masne kiseline (% kcal)	14,3 $\pm$ 4,8	14,2 $\pm$ 4,3	0,952
Jednostruko nezasićene masne kiseline (g)	16,7 $\pm$ 6,8	32,4 $\pm$ 23,1	0,019
Jednostruko nezasićene masne kiseline (% kcal)	8,1 $\pm$ 3,8	10,0 $\pm$ 6,0	0,307
Višestruko nezasićene masne kiseline (g)	8,0 $\pm$ 6,1	12,5 $\pm$ 10,1	0,150
Višestruko nezasićene masne kiseline (% kcal)	3,7 $\pm$ 2,4	3,9 $\pm$ 2,8	0,822
Kolesterol (mg)	405,3 $\pm$ 384,0	516,5 $\pm$ 394,6	0,442
Ugljikohidrati (g)	239,5 $\pm$ 75,8	332,3 $\pm$ 97,0	0,007
Ugljikohidrati (% kcal)	48,0 $\pm$ 9,0	47,0 $\pm$ 9,7	0,763
Vlakna (g)	11,7 $\pm$ 5,5	19,1 $\pm$ 6,1	0,002

Prosječan unos masti za sve ispitanike iznosio je 98,2 $\pm$ 39,7 g na dan što iznosi 36,2 $\pm$ 8,8 % energije iz masti (tablica 5). Takav unos je prekomjeran prema Hrvatskim nacionalnim smjernicama i prema smjernicama EFSA-e gdje je preporučeni raspon dnevnog unosa energije iz masti za djecu dobi 4-17 godina 20-35 % kcal (EFSA, 2017). Unos masti kod ispitanika dobi 11-14 godina je statistički značajno veći (113,9 $\pm$ 44,2 g na dan) u odnosu na ispitanike dobi 9-10 godina (80,3 $\pm$ 25,0 g na dan). Ako unos masti promatramo kao % udjela energije, tada nema statistički značajnih razlika u unosu masti između ove dvije skupine ispitanika. Za ispitanike dobi 9-10 godina unos masti iznosi 36,6 $\pm$ 8,0 % kcal, a za ispitanike dobi 11-14 godina 35,9 $\pm$ 9,8 % kcal (tablica 6). Ispitanici dobi 9-10 godina imaju približno sličan unos masti kao ispitanici u istraživanju Shomakera i sur. (2010) (36,6 $\pm$ 1,1 % kcal), dok ispitanici dobi 11-14 godina bilježe nešto niži unos u odnosu na ispitanike u spomenutom istraživanju (37,5 $\pm$ 1,0 % kcal) (Shomaker i sur., 2010).

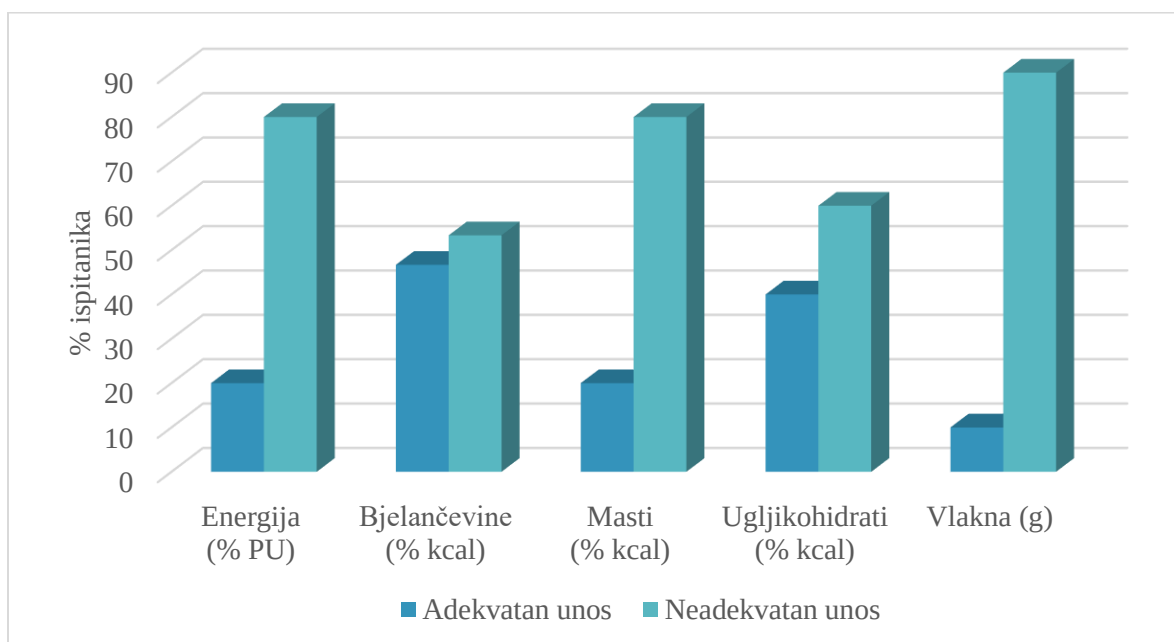
Prosječan unos zasićenih masnih kiselina svih ispitanika iznosio je $38,3 \pm 16,7$ g na dan, odnosno, doprinos zasićenih masnih kiselina ukupnom energijskom unosu iznosio je $14,2 \pm 4,5$ % kcal (tablica 5). Ovakav unos s obzirom na preporučeni unos i prema Hrvatskim nacionalnim smjernicama (Capak i sur., 2013) (<10 % kcal) i prema preporukama EFSA-e smatramo prekomjernim. Prema preporukama, taj unos trebao bi biti što je manje mogući (engl. *As Low As Possible*) (EFSA, 2017). Statistički značajno više zasićenih masnih kiselina unose ispitanici dobi 11-14 godina ($44,9 \pm 18,2$ g na dan) u odnosu na drugu skupinu ispitanika ($30,8 \pm 11,2$ g na dan) (tablica 6). Unos jednostruko i višestruko nezasićenih masnih kiselina kod svih ispitanika bio je niži u odnosu na zasićene masne kiseline, a iznosio je $25,1 \pm 19,0$ g na dan ($9,1 \pm 5,1$ % kcal) za jednostruko nezasićene masne kiseline, odnosno, $10,4 \pm 8,6$ g na dan ($3,8 \pm 2,6$ % kcal) za višestruko nezasićene masne kiseline (tablica 5). Statistički značajna razlika utvrđena je za unos jednostruko nezasićenih masnih kiselina među ispitanicima podijeljenih prema dobi, dok iste za unos višestruko nezasićenih masnih kiselina nema (tablica 6).

Dnevni unos energije iz ugljikohidrata kod svih ispitanika iznosio je $47,4 \pm 9,2$ % kcal, što odgovara unosu od $289,0 \pm 98,3$ g ugljikohidrata na dan (tablica 5). Statistički značajno veći unos ugljikohidrata imala je skupina ispitanika dobi 11-14 godina ($332,3 \pm 97,0$ g na dan) prema ispitanicima dobi 9-10 godina ($239,5 \pm 75,8$ g na dan). Ako unos ugljikohidrata promatramo kao % kcal između ove dvije skupine, tada isti nije statistički značajno različit ($47,0 \pm 9,7$ % kcal za skupinu ispitanika 11-14 godina, prema $48,0 \pm 9,0$ % kcal za skupinu ispitanika dobi 9-10 godina) (tablica 6). Prema Hrvatskim nacionalnim smjernicama preporuka je da ugljikohidrati čine > 50 % energijskog unosa (Capak i sur., 2013) te stoga ovakav unos smatramo nedostatnim, dok se prema preporukama EFSA-e ovakav unos nalazi na donjoj granici preporučenog dnevnog unosa ($45-60$ % kcal) (EFSA, 2017). Prema nacionalnom istraživanju provedenom u Austriji (*Austrian Nutrition Report* (OSES) 2010-2012), dječaci dobi 10-14 godina unose 247 g ugljikohidrata na dan (Rippin i sur., 2018), što je manje u odnosu na ispitanike u ovom istraživanju.

Prosječan unos vlakana u svih ispitanika iznosi $15,6 \pm 6,8$ g na dan, s najnižom vrijednošću 5,2 g na dan i najvišom od 30,3 g na dan (tablica 5). Ispitanici dobi 9-10 godina unose statistički značajno manje vlakana ($11,7 \pm 5,5$ g na dan) u odnosu na ispitanike dobi 11-14 godina ($19,1 \pm 6,1$ g na dan) (tablica 6). Vrijednosti za unos vlakana su niže u obje skupine ispitanika od preporučenih ako se u obzir uzmu Hrvatske nacionalne smjernice (Capak i sur., 2013) za unos vlakana u djece dobi 7-18 godina ($19,7$ i $> 27,6$ g na dan) te preporuke EFSA-e (16 i 21 g na dan)

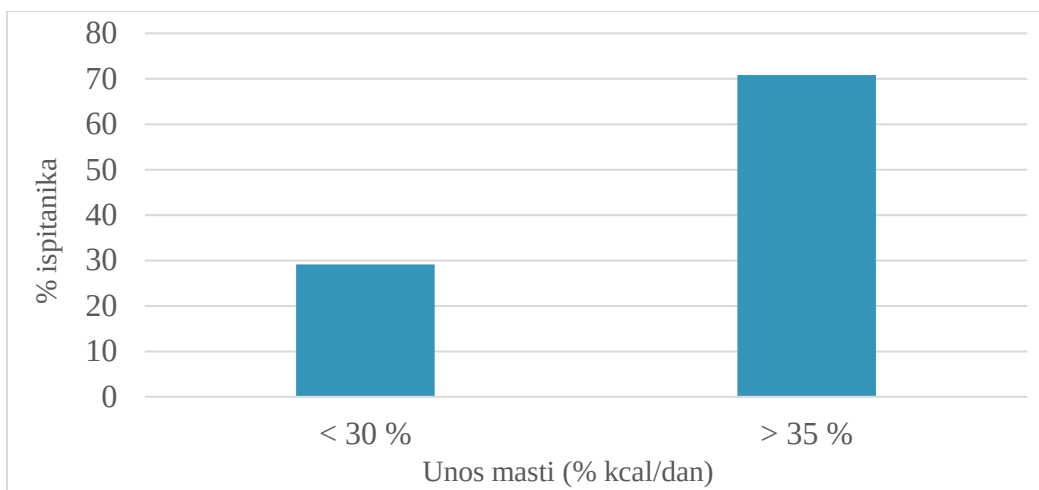
(EFSA, 2017). Ispitanici dobi 9-10 godina unose znatno manje vlakana nego ispitanici dobi 7-9 godina u Austriji (18,0 g na dan), ali s druge strane, ispitanici dobi 10-14 godina u Austriji unose manje vlakana (17,6 g na dan) u odnosu na ispitanike iste dobi u ovom istraživanju (Rippin i sur., 2018).

Uzimajući u obzir sve ispitanike, samo 20 % imalo je adekvatan unos energije (slika 3), ostalih 50 % imalo je prekomjeran, a 30 % nedostatan unos energije. Što se tiče unosa bjelančevina, 53,3 % ispitanika imalo je prekomjeran unos. Od 80 % ispitanika koji su imali neadekvatan unos masti, njih 29,2 % imalo je unos masti < 30 % kcal, što smatramo nedostatnim, a preostalih 70,8 % ispitanika imalo je unos masti > 35 % kcal (slika 4). Od ispitanika s adekvatnim unosom masti, njih 83,3 % imalo je prekomjeran unos zasićenih masnih kiselina. Nedostatan unos ugljikohidrata prema Hrvatskim nacionalnim smjernicama (> 50 % kcal) (Capak i sur., 2013) ima 60 % svih ispitanika, a 90 % ima nedostatan unos vlakana (slika 3).



PU=preporučeni unos

Slika 3. Udio ispitanika s adekvatnim i neadekvatnim unosom energije, bjelančevina, masti, ugljikohidrata i vlakana



Slika 4. Udio ispitanika s previsokim i preniskim unosom masti od ukupnog broja ispitanika s neadekvatnim unosom masti (n=25)

4.2.2. Mikronutrijenti

Prosječan unos vitamina kod svih ispitanika bio je u skladu s preporukama osim za vitamin A, čiji je unos bio nedosatatan (tablica 7). Prosječan unos vitamina A kod svih ispitanika iznosio je $0,7 \pm 0,5$ mg/dan. Statistički značajna razlika u unosu vitamina prema dobi ispitanika utvrđena je samo za vitamin B₃ (niacin) (tablica 8).

Tablica 7. Prosječan dnevni unos vitamina svih ispitanika

Parametri	$\bar{x} \pm SD$	Minimum	Maksimum
Vitamin A (mg)	$0,7 \pm 0,5$	0	2,0
Vitamin A (% PU)	$78,4 \pm 57,3$	1,7	239,3
Vitamin C (mg)	$113,2 \pm 75,7$	19,8	292,9
Vitamin C (% PU)	$127,4 \pm 75,7$	22,0	354,6
Vitamin B ₁ (mg)	$1,4 \pm 0,7$	0,3	3,5
Vitamin B ₁ (% PU)	$124,4 \pm 68,8$	31,8	313,6
Vitamin B ₂ (mg)	$1,4 \pm 0,7$	0,4	3,5
Vitamin B ₂ (% PU)	$114,1 \pm 58,8$	33,6	270,0
Vitamin B ₃ (mg)	$21,7 \pm 13,0$	3,5	57,8
Vitamin B ₃ (% PU)	$157,1 \pm 91,8$	25,0	412,6
Vitamin B ₆ (mg)	$1,7 \pm 1,1$	0,6	5,1
Vitamin B ₆ (% PU)	$177,3 \pm 115$	55,0	507,0

PU=preporučeni unos

Tablica 8. Prosječan dnevni unos vitamina s obzirom na dob ispitanika

Parametri	$\bar{x} \pm SD$		p-vrijednost
	9-10 godina	11-14 godina	
Vitamin A (mg)	0,6 ± 0,5	0,8 ± 0,6	0,320
Vitamin A (% PU)	71,0 ± 61,0	84,9 ± 55,0	0,517
Vitamin C (mg)	104,8 ± 79,2	120,6 ± 74,4	0,578
Vitamin C (% PU)	124,9 ± 98,3	129,5 ± 80,8	0,887
Vitamin B ₁ (mg)	1,1 ± 0,7	1,6 ± 0,8	0,097
Vitamin B ₁ (% PU)	107,3 ± 67,1	139,5 ± 68,6	0,206
Vitamin B ₂ (mg)	1,2 ± 0,8	1,7 ± 0,7	0,111
Vitamin B ₂ (% PU)	101,7 ± 64,0	124,9 ± 53,6	0,291
Vitamin B ₃ (mg)	15,8 ± 6,4	26,8 ± 15,2	0,016
Vitamin B ₃ (% PU)	123,9 ± 54,2	186,2 ± 108,7	0,055
Vitamin B ₆ (mg)	1,3 ± 0,7	2,0 ± 1,2	0,085
Vitamin B ₆ (% PU)	168,1 ± 103,5	185,4 ± 127,0	0,688

PU=preporučeni unos

Prosječni unosi kalija, kalcija, magnezija i željeza za sve ispitanike bili su niži od preporučenog (tablica 9). Kada promatramo ispitanike podijeljene u dvije skupine, prosječan dnevni unos željeza je statistički značajno niži kod ispitanika dobi 9-10 godina ($8,1 \pm 3,2$ mg/dan), prema ispitanicima dobi 11-14 godina ($13,3 \pm 5,2$ mg/dan). Takvim unosom, skupina ispitanika dobi 9-10 godina ostvaruje $71,9 \pm 35,8$ % preporučenog unosa (PU), dok ispitanici dobi 11-14 godina svojim unosom ostvaruju $98,4 \pm 38,6$ % PU, što nije statistički značajno različito (tablica 10). Dječaci dobi 10-14 godina u Austriji unose manje količine željeza ($10,5$ mg/dan) u usporedbi s ispitanicima iste dobi u ovom istraživanju (Rippin i sur., 2018).

Tablica 9. Prosječan dnevni unos mineralnih tvari svih ispitanika

Parametri	$\bar{x} \pm SD$	Minimum	Maksimum
Natrij (mg)	2772,0 ± 1418,3	929,1	6386,4
Natrij (% PU)	195,4 ± 99,6	67,3	462,8
Kalij (mg)	2447,0 ± 1023,1	822,1	4965,2
Kalij (% PU)	56,0 ± 23,0	21,6	110,3
Kalcij (mg)	639,8 ± 298,0	83,8	1164,1
Kalcij (% PU)	59,7 ± 28,1	9,3	116,2
Fosfor (mg)	1194,3 ± 537,8	418,0	2642,2
Fosfor (% PU)	105,8 ± 45,4	33,4	211,4

PU=preporučeni unos

Tablica 9. Prosječan dnevni unos mineralnih tvari svih ispitanika – *nastavak*

Parametri	$\bar{x} \pm SD$	Minimum	Maksimum
Magnezij (mg)	129,1 $\pm$ 59,8	39,6	267,1
Magnezij (% PU)	55,6 $\pm$ 26,6	13,7	111,3
Željezo (mg)	10,9 $\pm$ 5,0	3,5	22,2
Željezo (% PU)	86,0 $\pm$ 39,0	25,9	171,5

PU=preporučeni unos

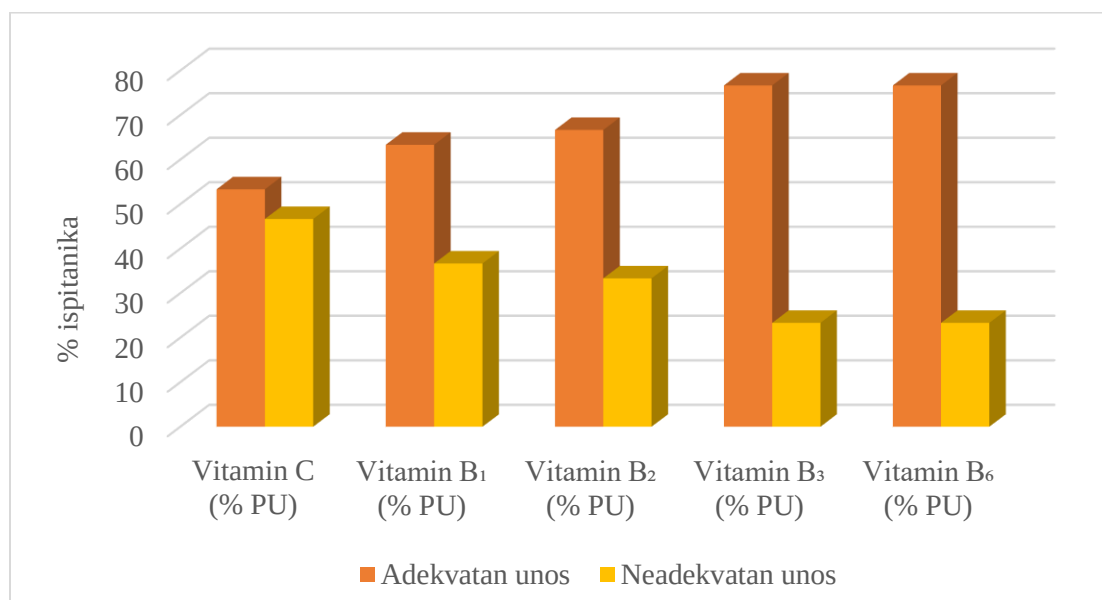
Ispitanici prosječno unose 129,1 $\pm$ 59,8 mg magnezija na dan, a najviša vrijednost dnevnog unosa iznosi 267,1 mg (tablica 9). Za unos kalija i fosfora utvrđena je statistički značajna razlika među ispitanicima, ali ne i za unos magnezija (tablica 10). Ispitanici dobi 11-14 godina prosječno unose 725,4 $\pm$ 283,8 mg kalcija na dan, što je približno jednako unosu dječaka iste dobi u Austriji (733 mg/dan) (Rippin i sur., 2018). Prekomjerman unos za sve ispitanike bio je unos fosfora (1194,3 $\pm$ 537,8 mg/dan) te unos natrija. Prosječan unos natrija iznosio je 2772,0 $\pm$ 1418,3 mg/dan, što u odnosu i na Hrvatske nacionalne smjernice (1380-1600 mg/dan) (Capak i sur., 2013) i na preporuke EFSA-e (<1,7 g natrija na dan, odnosno, < 2 g natrija na dan) (EFSA, 2017), smatramo prekomjernim (tablica 9). Ispitanici dobi 11-14 godina unose prosječno 2833,3 $\pm$ 1059,8 mg natrija na dan (tablica 10), što je slično u usporedbi s unosom dječaka dobi 10-16 godina (2840 mg/dan) procijenjenim u nacionalnom istraživanju u Latviji (*Latvian National Food Consumption Survey 2007–2009*) (Rippin i sur., 2018).

Tablica 10. Prosječan dnevni unos mineralnih tvari s obzirom na dob ispitanika

Parametri	$\bar{x} \pm SD$		p-vrijednost
	9-10 godina	11-14 godina	
Natrij (mg)	2702,0 $\pm$ 1783,6	2833,3 $\pm$ 1059,8	0,812
Natrij (% PU)	195,8 $\pm$ 129,2	195,0 $\pm$ 68,6	0,984
Kalij (mg)	1823,6 $\pm$ 718,7	2992,6 $\pm$ 946,5	<0,001
Kalij (% PU)	44,7 $\pm$ 20,0	65,8 $\pm$ 21,4	0,010
Kalcij (mg)	542,1 $\pm$ 293,1	725,4 $\pm$ 283,8	0,093
Kalcij (% PU)	54,5 $\pm$ 30,8	64,4 $\pm$ 25,6	0,343
Fosfor (mg)	879,4 $\pm$ 336,1	1469,8 $\pm$ 536,4	0,001
Fosfor (% PU)	92,3 $\pm$ 45,9	117,6 $\pm$ 42,9	0,131
Magnezij (mg)	107,8 $\pm$ 45,0	147,8 $\pm$ 66,1	0,066
Magnezij (% PU)	54,3 $\pm$ 24,8	56,9 $\pm$ 28,9	0,796
Željezo (mg)	8,1 $\pm$ 3,2	13,3 $\pm$ 5,2	0,003
Željezo (% PU)	71,9 $\pm$ 35,8	98,4 $\pm$ 38,6	0,062

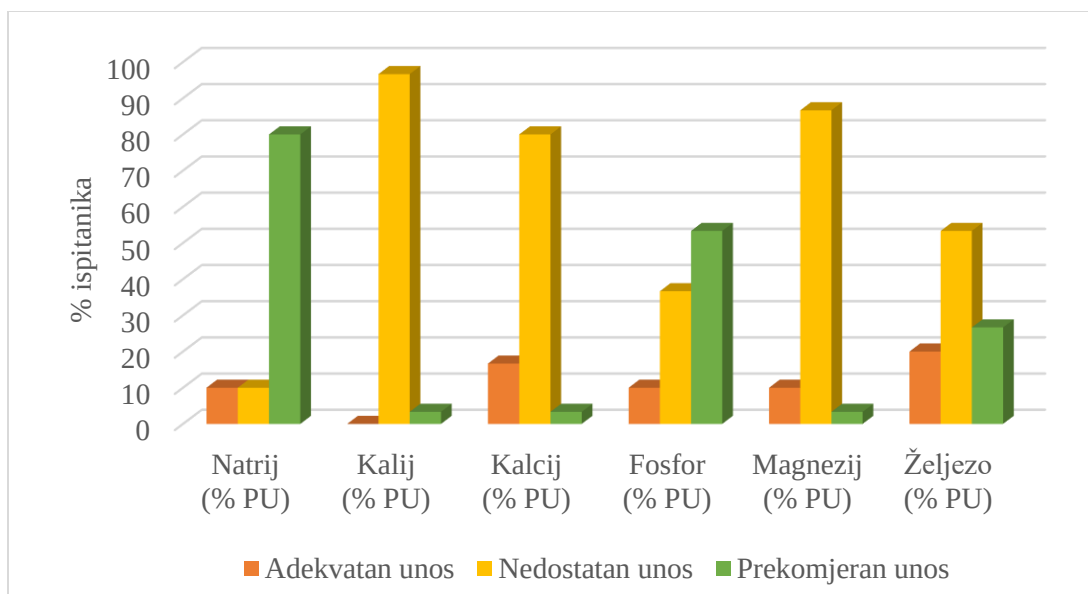
PU=preporučeni unos

Adekvatnim unosom za vitamine B skupine i vitamin C smatra se unos koji je veći od 90 % PU, dok unos niži od toga smatramo neadekvatnim. Uzimajući u obzir sve ispitanike, 53,3 % ispitanika ima adekvatan unos vitamina C, dok ga preostalih 46,7 % ispitanika ne unosi dovoljno. Oko 60 % ispitanika ima adekvatan unos vitamina B₁ i B₂, a 70 % unosi adekvatne količine vitamina B₃ i B₆ (slika 5). Adekvatan unos natrija je unos niži od 100 % PU, dok je neadekvatan svaki unos veći od toga zbog toga što je nepoželjno unositi natrij u velikim količinama. Prekomjeren unos natrija utvrđen je u 80 % svih ispitanika, a samo 10 % ispitanika ima adekvatan unos. Rasponi za adekvatan unos mineralnih tvari su 100 ± 10 % PU. Sve vrijednosti niže, odnosno, više od toga smatramo nedostatnim, odnosno prekomjernim. Oko 80 % svih ispitanika ima nedostatan unos kalcija i magnezija, a njih čak 96,7 % ne unosi dovoljne količine kalija. Adekvatan unos željeza utvrđen je u 20 % ispitanika, dok njih 53,3 % ne zadovoljava dnevni unos željeza prehranom (slika 6).



PU=preporučeni unos

Slika 5. Udio ispitanika s adekvatnim i neadekvatnim unosom vitamina



PU=preporučeni unos

Slika 6. Udio ispitanika s adekvatnim, nedostatnim i prekomjernim unosom mineralnih tvari

4.2.3. Unos voća i povrća

Izračunat je prosječan unos voća i povrća u ispitanika (tablica 11). Smatra se da je glavni izvor pesticida upravo hrana (Xue i sur., 2014; Yu i sur., 2012; Fortes i sur., 2013; Lu i sur., 2008), posebice konvencionalno uzgojene namirnice iz skupine voće i povrće. Iz izračuna je izostavljen krumpir te komercijalni voćni sokovi. Prosječan unos voća kod ispitanika iznosio je $165,8 \pm 154,6$ g/dan, a povrća $84,5 \pm 119,0$ g/dan (tablica 11), što je niže od preporuka EFSA-e (> 400 g voća i povrća na dan) (EFSA, 2011), dok neki ispitanici nisu uopće konzumirali voće i povrće u danu. Prosječan unos voća u ispitanika dobi 9-10 godina iznosio je $134,2 \pm 138,2$ g/dan, a povrća $76,4 \pm 86,8$ g/dan, što nije statistički značajno različito u odnosu na unos voća ($193,5 \pm 167,0$ g/dan) i povrća ($91,6 \pm 91,6$ g/dan) u ispitanika dobi 11-14 godina (tablica 11).

Tablica 11. Unos voća i povrća u ispitanika

Parametri	Svi ispitanici (n=30)	9-10 godina (n=14)	11-14 godina (n=16)	p-vrijednost
Unos voća (g)				
$\bar{x} \pm SD$	165,8 $\pm$ 154,6	134,2 $\pm$ 138,2	193,5 $\pm$ 167,0	0,304
raspon (min-max)		0-393	0-570	
Unos povrća (g)				
$\bar{x} \pm SD$	84,5 $\pm$ 119,0	76,4 $\pm$ 86,8	91,6 $\pm$ 91,6	0,725
raspon (min-max)		0-217	0-560	

Unos voća i povrća praćen je u sudionika talijanske ankete “Evaluacija prehrambenih navika u adolescenata” koja je uključivala 565 ispitanika muškog i ženskog spola dobi 12-15 godina. Utvrđeno je da mladići u prosjeku konzumiraju 193 g/dan voća i sušenog voća, 129 g/dan povrća i 17 g/dan leguminoza (Noale i sur., 2014). U usporedbi s rezultatima ovog istraživanja nema velike razlike kada je u pitanju voće, dok je kod povrća vidljivo da ispitanici u navedenom istraživanju konzumiraju nešto više povrća dnevno. S druge strane, španjolski adolescenti dobi 12-17 godina koji žive na Balearskim otocima u prosjeku unose manje voća (173 g/dan), a više povrća (130 g/dan) (Llull i sur., 2011) u odnosu na ispitanike u ovom istraživanju.

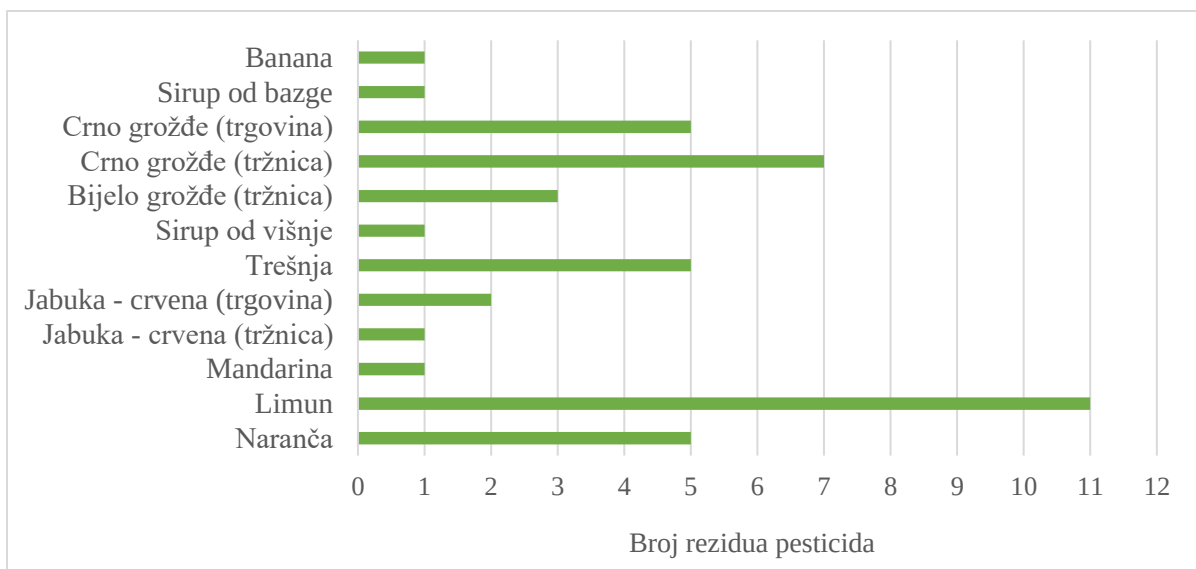
4.3. REZIDUE U NAMIRNICAMA

Iz dnevnika prehrane izdvojeno je 30 različitih namirnica iz skupine voća i povrća, prema kategorijama citrusno, jabučasto, koštuničavo, tropsko, lubeničasto, bobičasto i jagodasto voće, voćni sokovi, te lisnato, plodasto, cvjetasto, mahunasto, ukiseljeno i lukovičasto povrće i gljive. Namirnice su povezane s rezultatima analize rezidua pesticida dobivenim u okviru PyrOPECh TDS-a. Utvrđeno je prisutstvo 31 rezidue pesticida iz klasa akaricid, fungicid, herbicid, insekticid i regulator rasta (prilog 1).

Na slici 7 prikazan je broj rezidua po namirnici iz skupine voće. Od jedne do dvije rezidue nađene su u banani, jabukama i sirupima od bazge i višnje. U bijelom stolnom grožđu nađene su 3 rezidua, a u naranči, trešnjama i crnom stolnom grožđu od 5 do 7 rezidua.

Najveći broj rezidua, njih 11, nađeno je u limunu. Za razliku od ovog istraživanja, u TDS provedenom u Francuskoj najveći broj rezidua, njih 16 pronađeno je u bijelom stolnom grožđu (Nougadère i sur., 2012).

U skupini voće rezidue pesticida nisu utvrđene u lubenici i kruškama.



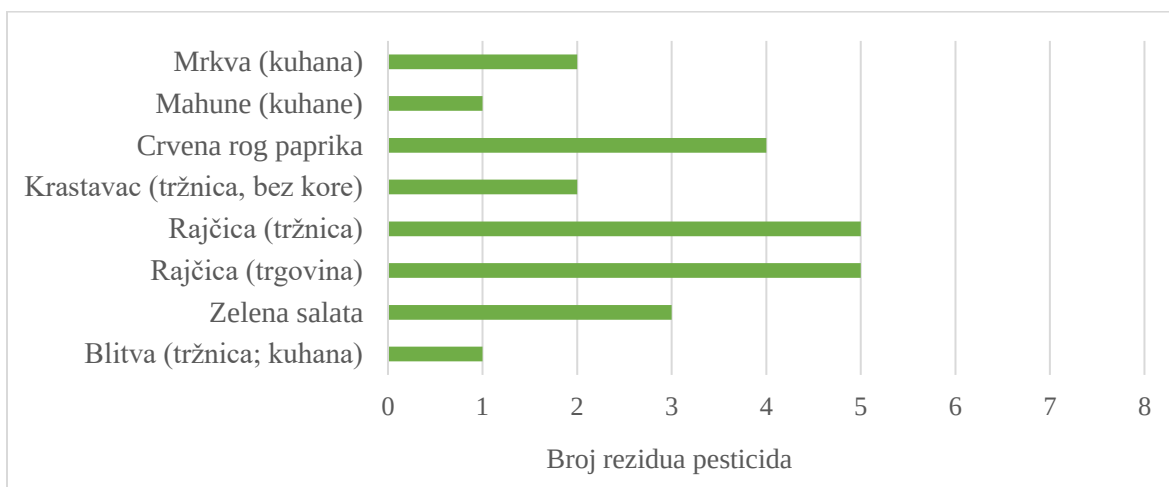
Slika 7. Broj rezidua u pojedinoj namirnici iz skupine voće

U istraživanju provedenom 2020. godine u Sjevernoj Americi, pronađene su dvije rezidue pesticida u bananama i 4 u jabukama, što je više nego u ovom istraživanju, a 3 rezidue u narančama, što je manje u odnosu na rezultate ovog istraživanja (Wesselink i sur., 2020). Nadalje, u ovom i u spomenutom istraživanju, pronađeno je više od 4 rezidue pesticida u grožđu.

Koordiniranim programom kontrole kojeg je provela EFSA 2019. godine u 60 % analiziranih namirnica limuna i naranača utvrđeno je više od jedne rezidue pesticida, od toga je 6,5 % uzoraka limuna i 7,1 % naranača imalo 5 rezidua. Višestruke rezidue također su utvrđene u 20 % analiziranog crnog grožđa, trešanja, jabuka i mandarina od čega 11,1 % uzoraka crnog grožđa sadržava po dvije rezidue, a 17,7 % trešanja, 11,8 % jabuka te 16,1 % mandarina sadržava po 3 rezidue pesticida. Analizom rezidua u bananama pronađene su po dvije rezidue pesticida u 20,6 % analiziranih uzoraka (EFSA, 2021).

Na slici 8 prikazan je broj rezidua po namirnici iz skupine povrće. Od jedne do dvije rezidue nađene su u kuhanoj blitvi i mahunama, kuhanoj mrkvi i svježim krastavcima, 3 rezidue u zelenoj salati, a 4 u crvenoj rogov papriki. Najveći broj identificiranih rezidua, njih 5, nađen je u rajčicama neovisno o mjestu nabave (trgovina i tržnica).

U skupini povrće rezidue pesticida nisu utvrđene u gljivama (šampinjoni kupljeni u trgovini, vrganji kupljeni na tržnici), luku, paprici baburi, kiselim krastavcima te termički obrađenom kelju i brokoli.



Slika 8. Broj rezidua u pojedinoj namirnici iz skupine povrće

Koordiniranim programom kontrole iz 2019. godine višestruke rezidue utvrđene su u 20 % analiziranih namirnica paprike, zelene salate i krastavaca. U 6,8 % analiziranih uzoraka zelene salate pronađene su čak 4 rezidue pesticida, u 10,2 % paprika i 8,3 % krastavaca njih 3 (EFSA, 2021). U istraživanju provedenom 2014. godine u Poljskoj najveći broj rezidua pesticida pronađen je u uzorcima ogrozda (66,7 %), jabuka (61,9 %), grožđa (50,0 %) i crnog ribiza (48,6 %) te u uzorcima celera (62,5 %), rajčice (59,5 %), slatke paprike (55,6 %) i pekinškog kupusa (53,8 %) (Szpyrka i sur., 2014). U istraživanju Wesselink i sur. (2020) pronađen je jednak broj rezidua u rajčici i zelenoj salati, ali i veći broj rezidua u mrkvi (njih 4) i paprikama (njih 5) u odnosu na ovo istraživanje (Wesselink i sur., 2020).

Prema zadnjem dostupnom izvješću EFSA (2019), broj uzoraka s višestrukim reziduama pesticida neznatno je smanjen u odnosu na prethodnu godinu, s 29 % na 27 %. Unatoč tome,

neprerađeni prehrambeni proizvodi (ribiz, trešnje, grejp, rukola, stolno grožđe, limun, jagode i kruške) i oni koji se smatraju prerađenima (lišće grožđa i slično, mljevena paprika i sušene gljive) i dalje čine više od 60 % uzoraka u kojima su utvrđene višestruke rezidue. Stoga se preporučuje nastavak praćenja razina rezidua u navedenim namirnicama u okviru nacionalnih programa država članica EU (EFSA, 2021).

4.3.1. MRL za pojedine rezidue u namirnicama

U 12 namirnica iz skupine voće utvrđena je prisutnost 23 rezidue pesticida. Rezultati analize su izraženi u mg/kg i nalaze se u tablici 12.

Najčešće identificirana rezidua u analiziranom voću i voćnim sokovima bila je fludioksonil (naranča, jabuka, trešnja, bijelo i crno stolno grožđe, neovisno o mjestu kupnje proizvoda, trgovina ili tržnica). Nadalje, slijede acetamiprid, azoksistrobin i boskalid u namirnicama iz skupine citrusa, jabučastog i košunjicačavog voća, dok je imazalil isključivo nađen u citrusnom voću (naranča, limun i mandarina). Utvrđena vrijednost azoksistrobina u bananama bila je ispod LOQ.

U svim namirnicama rezidue pesticida bile su niže od njihovih MRL vrijednosti, osim za 5 rezidua u limunu (klorpirifos, malation, piridaben, pirimetanil, piriproksifen). Prekoračenje MRL vrijednosti bilo je u rasponu od 104 % za pirimetanil do 1565 % za klorpirifos (prilog 2). Prekoračenje MRL vrijednosti za rezidue 2019. godine utvrđeno je u 6,0 % uzoraka limuna, odnosno, 5,5 % uzoraka krastavaca (EFSA, 2021).

U istraživanju Knežević i sur. (2012) također su pronađene rezidue imazalila u citrusima. Najveća vrijednost ostatka iznosila je 27,9 mg/kg u narančama te 1,65 mg/kg u limunu, što su daleko veće vrijednosti nego vrijednosti dobivene ovim istraživanjem (Knežević i sur., 2012).

Tablica 12. Rezultati analize rezidua u pojedinim namirnicama iz skupine voće

Kategorija voća	Voće	Rezidua	MRL (mg/kg)	Izvor	Dobivena vrijednost (mg/kg)
Citrusno voće	Naranča	Metoksifenozyd	2	Reg. (EU) 2015/1040	0,027
		Piraklostrobin	2	Reg. (EU) 2020/1633	0,050
		Fludioksonil	4	Reg. (EU) 2021/1807	0,038
		Imazalil	10	Reg. (EU) 2020/856	0,921
		Azoksistrobin	15	Reg. (EU) 2022/476	0,030
	Limun	Klorpirifos	0,01	Reg. (EU) 2020/1085	0,156
		Piridaben	0,3	Reg. (EU) 2020/1565	1,14
		Spirodiklofen	0,5	Reg. (EU) 2016/1902	0,027
		Piripoksifen	0,6	Reg. (EU) 2020/856	0,803
		Acetamiprid	0,9	Reg. (EU) 2019/88	0,078
		Malation	2	Reg. (EU) 2015/399	5,59
		Imazalil	5	Reg. (EU) 2020/856	0,719
		Tebukonazol	5	Reg. (EU) 2018/1514	0,761
		Pirimetanil	8	Reg. (EU) 2018/832	8,35
		Ortho-fenilfenol	10	Reg. (EU) 2018/78	0,076
		Azoksistrobin	15	Reg. (EU) 2022/476	0,039
	Mandarina	Imazalil	5	Reg. (EU) 2020/856	0,019
Jabučasto voće	Jabuka (tržnica)	Fludioksonil	5	Reg. (EU) 2021/1807	0,024
	Jabuka (trgovina)	Pirimikarb	0,5	Reg. (EU) 2016/71	0,032
		Boskalid	2	Reg. (EU) 2021/590	0,029
Koštuničavo voće	Trešnja	Acetamiprid	1,5	Reg. (EU) 2019/88	0,025
		Fluopiram	2	Reg. (EU) 2021/1807	0,012
		Boskalid	4	Reg. (EU) 2021/590	0,038
		Fludioksonil	5	Reg. (EU) 2021/1807	0,037
	Sirup od višnje Šljiva	Fenheksamid	7	Reg. (EU) 2018/1514	0,034
		Difenilamin	0,05	Reg. (EU) 2018/1515	0,019
		Boskalid	3	Reg. (EU) 2021/590	0,022

Tablica 12. Rezultati analize rezidua u pojedinim namirnicama iz skupine voće - *nastavak*

Kategorija voća	Voće	Rezidua	MRL (mg/kg)	Izvor	Dobivena vrijednost (mg/kg)
Bobičasto voće	Bijelo grožđe (tržnica)	Acetamiprid	0,5	Reg. (EU) 2019/88	0,030
		Fluksapiroksad	3	Reg. (EU) 2021/644	0,061
		Fludioksonil	5	Reg. (EU) 2021/1807	0,013
	Crno grožđe (trgovina)	Fludioksonil	4	Reg. (EU) 2021/1807	0,023
		Tebufenozid	4	Reg. (EU) 2018/1514	0,029
		Fludioksonil	5	Reg. (EU) 2021/1807	0,049
		Zoksamid	5	Reg. (EU) 2017/171	0,017
	Crno grožđe (tržnica)	Tebukonazol	0,5	Reg. (EU) 2018/1514	0,014
		Fluopikolid	2	Reg. (EU) No 2021/616	0,014
		Fluopiram	2	Reg. (EU) 2021/1807	0,021
		Metaksil	2	Reg. (EU) 2017/1164	0,024
		Dimetomorf	3	Reg. (EU) 2020/1633	0,016
		Fludioksonil	5	Reg. (EU) 2021/1807	0,015
		Boskalid	5	Reg. (EU) 2021/590	0,212
	Sirup od bazge	Difenilamin	0,05	Reg. (EU) 2018/1515	0,023
Tropsko voće	Banana	Azoksistrobin	2	Reg. (EU) 2022/476	<LOQ

LOQ (engl. *Limit of Quantification*): 0,01 mg/kg

U 7 analiziranih namirnica iz skupine povrće utvrđeno je ukupno 15 rezidua pesticida. Rezultati analize su izraženi u mg/kg i nalaze se u tablici 13. Najčeće identificirana rezidua u analiziranom povrću bila je boskalid (mrkva, rajčice i zelena salata), zatim slijede acetamiprid (blitva i krastavac) i azoksistrobin (rajčice i crvena rog paprika).

U svim namirnicama razine rezidua bile su niže od njihovih MRL vrijednosti. Za pet rezidua utvrđene su vrijednosti niže od LOQ. Izuzetak su krastavci kupljeni na tržnici u kojima je utvrđena vrijednost oksamila bila višestruko veća od MRL vrijednosti (320 % MRL) (prilog 2). Koordiniranim programom kontrole kojeg je provela EFSA 2019. godine nisu pronađeni mjerljivi ostatci izokarbofosa u niti jednoj ispitivanoj namirnici, a u jednom ispitivanom uzorku pronađen je oksamil u količini koja premašuje akutnu referentnu vrijednost (ARfD) (EFSA, 2021). U istraživanju provedenom 2016. godine u Španjolskoj, pronađene su veće razine ostataka

ciprodinila u zelenoj salati (0,07 mg/kg) (Lemos i sur., 2016), nego u ovom istraživanju. U ovom istraživanju izvori acetamiprida u prehrani ispitanika bili su limun, trešnja, bijelo grožđe (tržnica), blitva i krastavac. Prema EFSA-i, za 2019. godinu izvori acetamiprida bile su jabuke, breskve, zelena salata, rajčice i špinat. Zbog visokih razina acetamiprida, procijenjeno je da navedene namirnice pridonose akutnoj izloženosti acetamipridu (101 do 450 % ARfD) (EFSA 2021), što nije bilo slučaj u ovom istraživanju.

Tablica 13. Rezultati analize rezidua u pojedinim namirnicama iz skupine povrće

Povrće		Rezidua	MRL (mg/kg)	Izvor	Dobivena vrijednost (mg/kg)
Lisnato	Blitva Zelena salata	Acetamiprid	0,6	Reg. (EU) 2019/88	0,015
		Izokarbofos	0,01	Reg. (EU) 1146/2014	<LOQ
		Ciprodinil	15	Reg. (EU) 2022/1435	<LOQ
		Boskalid	50	Reg. (EU) 2022/1324	0,016
Plodasto	Rajčica (trgovina)	Azoksitrobin	3	Reg. (EU) 2021/1807	0,013
		Boskalid	3	Reg. (EU) 2021/590	0,017
		Fluopiram	0,5	Reg. (EU) 2021/1807	0,012
		Metalaksil	0,3	Reg. (EU) 2017/1164	0,030
		Pirimetanil	1	Reg. (EU) 2018/832	0,055
	Rajčica (tržnica)	Tebukonazol	0,9	Reg. (EU) 2018/1514	0,011
		Azoksistrobin	3	Reg. (EU) 2021/1807	0,010
		Boskalid	3	Reg. (EU) 2021/590	0,022
		Fludioksonil	3	Reg. (EU) 2021/1807	<LOQ
		Piraklostrobin	0,3	Reg. (EU) 2020/1633	0,014
	Krastavac (tržnica)	Oksamil	0,01	Reg. (EU) 2019/552	0,030
		Acetamiprid	0,3	Reg. (EU) 2019/88	0,013
	Crvena rog paprika	Azoksistrobin	3	Reg. (EU) 2021/1807	0,011
		Fludioksonil	1	Reg. (EU) 2021/1807	<LOQ
		Klorprofam	0,01	Reg. (EU) 2021/155	<LOQ
Korjenasto	Mrkva (kuhana)	Prosulfokarb	1	Reg. (EU) 2013/777	0,005
		Boskalid	5	Reg. (EU) 2021/590	0,010
Mahunasto	Mahuna	Fenazakvin	0,01	Reg. (EU) 2021/1110	0,016

LOQ (engl. *Limit of Quantification*): 0,01 mg/kg

4.4. PROSJEČAN UNOS PESTICIDA

Prehrambeni unos rezidua pesticida izračunat je na temelju podataka iz dnevnika prehrane o konzumaciji određenih vrsta namirnica iz skupine voće i povrće te rezultata analize rezidua pesticida u hrani provedene u okviru projekta PyrOPECh TDS.

Prosječan unos pojedinog pesticida po konzumentu računat je prema sljedećoj formuli:

$$X = \frac{P \cdot m}{TM} \quad [1]$$

gdje je:

X = prosječan unos pesticida za konzumenta,

P = količina pesticida u kg namirnice (ng/kg),

m = masa pojedene hrane (kg),

TM = tjelesna masa konzumenta (kg).

Prosječan unos pojedine rezidue pesticida (izražen u ng/kg TM) prikazan je za konzumente namirnica iz skupine voće i povrće (tablica 14). Iz obrade su isključena složena jela. Dio ispitanika (n=7) na dan prikupljanja dnevnika prehrane nije konzumirao namirnice iz skupine voće i povrće te shodno tome nije unosio rezidue pesticida ovom vrstom hrane.

Najveći dio konzumenata, 59 % unosi azoksistrobin i boskalid (tablica 14), što je u prosjeku 22 ± 15 ng/kg TM i 94 ± 98 ng/kg TM. Najveći unosi ovih pesticida utvrđeni su u ispitanika 17 (57 ng/kg TM za azoksistrobin) i ispitanika 14 (378 ng/kg TM za boskalid) konzumacijom soka od naranče i crnog stolnog grožđa. Rajčica je također značajan izvor navedenih rezidua. U okviru PyrOPECh TDS utvrđeno je da rajčice u prosjeku sadrže 0,02 mg boskalida/kg, što je dvostruko manje od razina boskalida nađenih u rajčicama u Španjolskoj 2016. godine (0,05 mg/kg) (Lemos i sur., 2016). Nadalje, unos fludioksonila uočen je kod 45 % ispitanika, što u prosjeku iznosi 44 ± 30 ng/kg TM, a većinom je povezan s unosom voća (trešnje, grožđe, jabuka, naranča). Oko 30 % konzumenata (n=7) unosi acetamiprid, fluopiram, imazalil i metalaksil. Unosi ovih rezidua povezani su s konzumacijom rajčice, stolnog grožđa i trešanja (fluopiram i metalaksil) te citrusnog voća (imazalil), a kretali su se u rasponu od 28 ng/kg TM za fluopiram do 185 ng/kg TM za imazalil.

Tablica 14. Unos pesticida (ng/kg TM na dan) konzumacijom namirnica iz skupine voće i povrće procenjen za konzumente (n=22)

Rezidua pesticida	Opis	n	$\bar{x} \pm SD$	Medijan	Min	Max
Acetamiprid	IN	8	45 $\pm$ 24	45	10	78
Azoksistrobin	FU	13	22 $\pm$ 16	13	6	57
Boskalid	FU	13	94 $\pm$ 98	72	2	378
Klorprofam	PG, HB	1	6			
<u>Klorpirifos</u>	IN, AC	1	147			
Ciprodinil	FU	4	8 $\pm$ 9	7	0	20
Dimetomorf	FU	2	24	24	20	28
Difenilamin	PG	3	35 $\pm$ 47	11	6	89
Fenazakuin	AC	1	63			
Fenheksamid	FU	1	106			
Fludioksonil	FU	10	44 $\pm$ 30	40	11	115
Fluopikolid	FU	2	21 $\pm$ 5	21	18	25
Fluopiram	FU, NE	8	28 $\pm$ 13	32	11	43
Fluksapiroksad	FU	2	181	181	107	255
Imazalil	FU	8	203 $\pm$ 231	96	25	674
Izokarbofos	AC, IN	6	14 $\pm$ 11	16	0	26
Malation	IN, AC	1	5248			
Metalaksil	FU	7	54 $\pm$ 34	38	29	109
Metoksifenozyd	IN	1	10			
Ortho-fenilfenol	FU	1	71			
<u>Oksamil</u>	IN, NE	3	67 $\pm$ 43	46	39	116
Pirimikarb	IN	3	119 $\pm$ 26	118	94	145
Prosulfokarb	HB	1	1			
Piraklostrobin	FU, PG	1	18			
Piridaben	AC, IN	1	1071			
Pirimetanil	FU	5	877 $\pm$ 1748	69	52	4001
Piriproksifen	IN	1	753			
Spirodiklofen	AC, IN	1	25			
Tebukonazol	FU	3	252 $\pm$ 400	24	17	714
Tebufenozid	IN	1	38			
Zoksamid	FU	1	21			

AC: akaricid; FU: fungicid; HB: herbicid; IN: insekticid; PG: regulator rasta; NE: nematocid
Podcrtani naziv označava organofosfatni pesticid.

Najveći unos imazalila bio je konzumacijom svježe cjeđenih sokova naranče kod ispitanika 5 i 22 (ca. 330 ng/kg TM) te limuna u ispitanika 25. Acetamiprid je insekticid široke upotrebe za zaštitu voća i povrća od insekata s usnim ustojem za sisanje kao što su lisne uši. Njegov unos bio

je povezan s konzumacijom trešanja, bijelog i crnog grožđa, limuna te blitve i krastavaca. Izooskarfobos unosi 27 % (n=6), pirimetanil 23 % (n=5), ciprodinil 18 % (n=4) konzumenata dok ostale rezidue unosi manje od 15 % konzumenata ($n \leq 3$).

Ispitanici su u prosjeku unosili 5 rezidua pesticida (raspon: 1 do 16) konzumacijom voća, voćnih sokova i povrća (tablica 15). Najveći broj unesenih rezidua pesticida po ispitaniku bio je 16 i utvrđen je u ispitanika 25, a povezuje se s konzumacijom limunade. Naime, u limunu je utvrđeno čak 11 rezidua pesticida što čini 68,7 % unesenih rezidua u ovog ispitanika. Slijedi ispitanik 22, s unosom 14 rezidua zbog konzumacije grožđa, mandarina, banana i zelene salate, te ispitanik 5 s unosom 11 rezidua putem soka od naranče, banana, rajčice i zelene salate.

Tablica 15. Unos pesticida (ng/kg TM) po konzumentu namirnicama iz skupine voće i povrće

Ispitanici	1	2	3	4	5	7	11	12	13	14	17	18	19	21	22	23	24	25	27	28	29	30	Konzumenti, n=22 (%)	Svi ispitanici, n=30 (%)
Acetamiprid				78						35	56	17	10	52	39		73						36	27
Azoksistrobin	13	11	11		12		26				57			12	6	16	12	38	45		24		59	43
Boskalid	105	2	20	117	22		129			378					161	83	12	55	63		72		59	43
Klorprofam																					6		5	3
Klorpirifos																		147					5	3
Ciprodinil					0,2												3	20				11	18	13
Dimetomorf										28					20								9	7
Difenilamin	6	11				89																	14	10
Fenazakuin																				63			5	3
Fenheksamid				106																			5	3
Fludioksonil				115	14			52	54	43	33			26	30					72	11		45	33
Fluopikolid										25					18								9	7
Fluopiram			13	37	15					37					27		11	37	43				36	27
Fluksapiroksad								255							107								9	7
Imazalil					329						333		150		25		34	674	42		33		36	27
Izooskarfobos					0,2										19		3	22			26	12	27	20
Malation																		5248					5	3
Metalaksil			34		38					42					30		29	95	109				32	23
Metoksifenozid					10																		5	3
Ortho-fenilfenol																		71					5	3
Oksamil											46	39		116									14	10
Pirimikarb	118						145										94						14	10
Prosulfokarb		1																					5	3
Piraklostrobin					18																		5	3
Piridaben																		1071					5	3
Pirimetanil			62		69												52	4001	199				23	17
Piriprosifen																		753					5	3
Spirodiklofen																		25					5	3
Tebukonazol										24					17			714					14	10
Tebufozid															38								5	3
Zoksamid															21								5	3
Broj rezidua po ispitaniku	4	4	5	5	11	1	3	2	1	8	5	2	2	4	14	3	8	16	6	2	3	5		

4.4.1. Procjena rizika

Potencijalni rizik za potrošače konzumacijom pojedinog voća i povrća procijenjen je računanjem kvocijenta opasnosti (engl. *Hazard Quotient*, HQ) za pojedinu reziduu prema formuli:

$$HQ (\%) = \frac{EDI}{ADI} \cdot 100 \quad [2]$$

gdje je:

EDI – procijenjeni dnevni unos (engl. *Estimated Daily Intake*) (ng/kg TM/dan)

ADI – dozvoljeni dnevni unos (engl. *Acceptable Daily Intake*) (ng/kg TM/dan)

Rezultati su prikazani u tablici 16, iznose od 0,01-17,49 %, a odnose se na ispitanike koji su dana prikupljanja dnevnika prehrane konzumirali voće i povrće. Rezidue s najnižim HQ su azoksistrobin, difenilamin, klorprofam, fludioksonil i metoksifenozyd (0,01 %). Za većinu rezidua HQ je manji od 1 %, osim za piridaben (10,71 %), fenazakvin (1,26 %) oksamil (4,60 %) te rezidue za koje je izračunat najveći kvocijent opasnosti, malation (17,49 %) i klorpirifos (14,70 %).

Potencijalni rizik za zdravlje ispitanika povezan s konzumacijom namirnica iz skupine voće i povrće ne izaziva zabrinutost, budući da rezultati pokazuju vrlo nizak postotak HQ-a. Slično je utvrđeno u istraživanju unosa povrća iz roda *Brassica* provedenom u Poljskoj 2012. godine (Łozowicka i sur., 2012). Iste godine u Hrvatskoj je provedeno istraživanje o procjeni rizika zbog unosa pesticida putem hrane. Utvrđeno je da se ne očekuju dugoročni rizici za zdravlje potrošača zbog unosa pesticida konzumacijom voća i povrća (Knežević i sur., 2012). Procjena kroničnog rizika obavljena je u sklopu Koordiniranog programa kontrole 2019. godine. Utvrđeno je da konzumacija hrane s ostacima pesticida ne izaziva zabrinutost za zdravlje potrošača, a među analiziranim reziduama najveći rizik za odrasle osobe predstavljali su ziram (38,2 % ADI) i propineb (28,6 % ADI), u male djece metiram (28,6 % ADI) a u starije djece imazalil (15,0 % ADI) (EFSA, 2021). Višestruko manji HQ za imazalil zabilježen je u ovom istraživanju (0,38 %) (tablica 16). Zaključno, s obzirom da vrijednosti HQ-a ne premašuju 20 %, procijenjeno je da ne postoji potencijalan rizik za zdravlje ispitanika s obzirom na njihove postojeće navike konzumiranja voća i povrća, čak ni u slučaju kad bi njihov unos voća i povrća bio u skladu s preporukama.

Tablica 16. Kvocijent opasnosti za pojedinu reziduu procijenjen za konzumente voća i povrća

Rezidua	EDI (ng/kg TM/dan)	ADI (x 10⁶) (ng/kg TM/dan)	HQ (%)
Acetamiprid	45	0,025	0,18
Azoksistrobin	13	0,200	0,01
Boskalid	72	0,040	0,18
Klorprofam	6	0,050	0,01
Klorpirifos	147	0,001	14,70
Ciprodinil	7	0,030	0,02
Dimetomorf	24	0,050	0,05
Difenilamin	11	0,075	0,01
Fenazakvin	63	0,005	1,26
Fenheksamid	106	0,200	0,05
Fludioksonil	40	0,370	0,01
Fluopikolid	21	0,080	0,03
Fluopiram	32	0,012	0,27
Fluksapiroksad	181	0,020	0,91
Imazalil	96	0,025	0,38
Izokarbofos	16	/	/
Malation	5248	0,030	17,49
Metalaksil	38	0,080	0,05
Metoksifenozyd	10	0,1	0,01
Ortho-fenilfenol	71	/	/
Oksamil	46	0,001	4,60
Pirimikarb	118	0,035	0,34
Prosulfokarb	1	0,005	0,02
Piraklostrobin	18	0,030	0,06
Piridaben	1071	0,010	10,71
Pirimetanil	69	0,170	0,04
Piriproksifen	753	0,100	0,75
Spirodiklofen	25	0,015	0,17
Tebukonazol	24	0,030	0,08
Tebufenozid	38	0,020	0,19
Zoksamid	21	/	/

Oznake: EDI: procijenjeni dnevni unos; ADI: dozvoljeni dnevni unos; HQ: kvocijent opasnosti

4.5. NEDOSTACI ISTRAŽIVANJA

Jedno od ograničenja ovog istraživanja je mali broj muških ispitanika ($n=30$), što može davati nereprezentativne rezultate za mušku populaciju iste dobi. Za analizu prehrambenog unosa prikupljen je dnevnik prehrane na razini samo jednog dana te dobiveni rezultati ne daju pouzdanu informaciju o uobičajenoj prehrani ispitanika. U programu „Prehrana“ u kojem su obrađeni prikupljeni dnevnici prehrane postoji mogući nedostatak podataka za količinu nekih mikronutrijenata kod određenih namirnica zbog nedostatnih informacija o kemijskom sastavu namirnica koje se nalaze u programu. Zbog toga može doći do netočne procjene dnevnog unosa mikronutrijenata. Iz obrade podataka za unos pesticida izostavljena su složena jela na bazi povrća/voća, što također može dovesti do krive procjene unosa pesticida putem konzumacije voća i povrća.

5. ZAKLJUČCI

1. U skupini dječaka u predpubertetu i pubertetu prosječan energijski unos bio je adekvatan za ispitanike dobi 9 do 10 godina, a prekomjeran za ispitanike dobi 11 do 14 godina.
2. Prosječan dnevni unos makronutrijenata bio je viši od preporuka, osim ugljikohidrata i vlakana.
3. Prosječan dnevni unos svih vitamina bio je u skladu s preporukama osim za vitamin A.
4. Prosječan dnevni unos mineralnih tvari, kalija, kalcija, magnezija i željeza bio je niži od preporučenog. Utvrđeno je da samo 20 % ispitanika ima adekvatan unos kalcija, magnezija i željeza. Prosječan dnevni unos natrija i fosfora je bio previsok.
5. Prosječan dnevni unos voća od 166 g i povrća od 85 g bio je niži od preporučenog.
6. Među namirnicama koje su ispitanici konzumirali, prisutstvo četiri i više rezidua pesticida utvrđeno je za crno stolno grožđe, trešnje, rajčice i crvenu rog papriku. Najviše rezidua pronađeno je u limunu (11), od kojih je čak 5 rezidua imalo razine veće od njihovih MRL vrijednosti (104 % do 1565 % MRL). Među analiziranim povrćem, razina rezidua pesticida veća od MRL (oksamil, 320 % MRL) jedino je utvrđena za svježe krastavce.
7. Na temelju prehrambenih navika o unosu voća i povrća i nalaza analiza rezidua pesticida u hrani iz skupina voće i povrće, procijenjeno je da ne postoji rizik od štetnih učinaka pesticida na zdravlje dječaka u predpubertetu i pubertetu s područja Grada Zagreba.
8. S obzirom na utvrđen broj pesticida u limunu, uključujući pet rezidua koje su iznad MRL, preporuča se pripaziti na konzumaciju limuna u obliku svježe cijeđenih sokova.

6. LITERATURA

AMS (2018) USDA AMS. U.S. Department of Agriculture, Pesticide Data Program (PDP), annual summary 2018. AMS - Agricultural Marketing Service. www.ams.usda.gov/datasets/pdp. Pristupljeno 17. listopada 2022.

Barr DB, Angerer J (2006) Potential uses of biomonitoring data: a case study using the organophosphorus pesticides chlorpyrifos and malathion. *Environ Health Perspect* **114**, 1763–1769. <https://doi.org/10.1289/ehp.9062>

Bonner MR, Alavanja MCR (2017) Pesticides, human health and food security. *Food Energy Secur* **6**, 89–93. <https://doi.org/10.1002/fes3.112>

Bouchard MF, Bellinger DC, Wright RO, Weisskopf MG (2010) Attention-deficit/ hyperactivity disorder and urinary metabolites of organophosphate pesticides. *Pediatrics* **125**, 1270–1277. <https://doi.org/10.1542/peds.2009-3058>

Bouchard MF, Chevrier J, Harley KG, Kogut K, Vedar M., Calderon N i sur. (2011) Prenatal exposure to organophosphate pesticides and IQ in 7-year-old children. *Environ Health Perspect* **119**, 1189–1195. <https://doi.org/10.1289/ehp.1003185>

Braun JM, Kahn RS, Froehlich T, Auinger P, Lanphear BP (2006) Exposures to environmental toxicants and attention deficit hyperactivity disorder in U.S. children. *Environ Health Perspect* **114**, 1904–1909. <https://doi.org/10.1289/ehp.9478>

Butler-Dawson J, Galvin K, Thorne PS, Rohlman DS (2016) Organophosphorus pesticide exposure and neurobehavioral performance in Latino children living in an orchard community. *Neurotoxicology* **53**, 165–172. <https://doi.org/10.1016/j.neuro.2016.01.009>

Capak K, Colić Barić I, Musić Milanović S, Petrović G, Pucarín Cvetković J, Jureša V i sur. (2013) Nacionalne smjernice za prehranu učenika u osnovnim školama, Ministarstvo zdravlja Republike Hrvatske, Zagreb.

Cappellini MD, Musallam KM, Taher AT (2020) Iron deficiency anemia revisited. *J Intern Med* **287**, 153–170. <https://doi.org/10.1111/joim.13004>

Carr RL, Alugubelly N, Mohammed AN (2018) Possible Mechanisms of Developmental Neurotoxicity of Organophosphate Insecticides. U: Aschner M, Costa LG (ured.) *Advances in Neurotoxicology*, Elsevier Inc., str. 145–188.

Casida JE (2017) Organophosphorus xenobiotic toxicology. *Annu Rev Pharmacol* **57**, 309–327. <https://doi.org/10.1146/annurev-pharmtox-010716-104926>

CDC (2013) Use and Interpretation of the WHO and CDC Growth Charts for Children from Birth to 20 Years in the United States. CDC – Centers for Disease Control and Prevention, <<https://www.cdc.gov/nccdphp/dnpao/growthcharts/pdfs/growthchart.pdf>>. Pristupljeno 01. lipnja 2022.

Clark JM, Symington S (2011) Advances in the mode of action of pyrethroids. U: Matsuo N, Mori T (ured.) *Pyrethroids*. Springer, Berlin / Heidelberg, str. 49–72.

Costa LG (2013) Toxic Effects of Pesticides. U: Klaassen CD (ured.) *Casarett & Doull's toxicology: the basic science of poisons*, McGraw-Hill Education, New York, str. 883-930.

Council of Environmental Health (2012) Position statement: pesticide exposure in children. *Pediatrics* **130**, 1757–1763. <https://doi.org/10.1542/peds.2012-2757>

Crow JA, Borazjani A, Potter PM, Ross MK (2007) Hydrolysis of pyrethroids by human and rat tissues: examination of intestinal, liver and serum carboxylesterases. *Toxicol Appl Pharm* **221**, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.taap.2007.03.00>

EFSA (2011) Scientific Opinion on the substantiation of health claims related to fruits and/or vegetables (ID 1212, 1213, 1214, 1217, 1218, 1219, 1301, 1425, 1426, 1427, 1428, 1429, 1430) and to the “Mediterranean diet” (ID 1423) pursuant to Article 13(1) of Regulation (EC) No 1825/2003. EFSA-European Food Safety Authority. *EFSA J* **9**, 2245. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2011.2245>

EFSA (2017). Dietary Reference Values for nutrients Summary report. EFSA-European Food Safety Authority. *EFSA Support Publ* **14**. <https://doi.org/10.2903/sp.efsa.2017.e15121>

EFSA (2021) Carrasco Cabrera L, Medina Pastor P. The 2019 European Union report on pesticide residues in food. EFSA-European Food Safety Authority. *EFSA Journal* **19**, 6491. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2021.6491>

- FAO/WHO (2003) Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases. FAO – Food and Agriculture Organization. WHO – World Health Organization. *WHO technical report series* 1e60.
- FAOSTAT. 2019. Data. <http://www.fao.org/faostat/en/#data>. Pristupljeno 15. rujna 2022.
- Fortes C, Mastroeni S, Pilla MA, Antonelli G, Lunghini L, Aprea C (2013) The relation between dietary habits and urinary levels of 3-phenoxybenzoic acid, a pyrethroid metabolite. *Food Chem Toxicol* **52**, 91–96. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2012.10.035>
- Frank DF, Miller GW, Harvey DJ, Brander SM, Geist J, Connon RE, Lein PJ (2018) Bifenthrin causes transcriptomic alterations in mTOR and ryanodine receptor-dependent signaling and delayed hyperactivity in developing zebra-fish (*Danio rerio*). *Aquat Toxicol.* **200**, 50–61. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2018.04.003>
- Fromme H, Gruber L, Schlummer M, Wolz G, Böhmer S, Angerer J i sur. (2007) Intake of phthalates and di(2-ethylhexyl)adipate: results of the Integrated Exposure Assessment Survey based on duplicate diet samples and biomonitoring data. *Environ Int* **33**, 1012–1020. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2007.05.006>
- German Nutrition Society (DGE), Austrian Nutrition Society (ÖGE), Swiss Society for Nutrition Reserch (SGE), Swiss Nutrition Association (SVE) (2000) Reference values for nutrient intake. 1st edition in German-Frankfurt/main: Umschau/Braus.
- Golden NH, Abrams SA (2014) Clinical report: optimizing Bone Health in children and adolescents. *Pediatrics* **134**, e1229–43. <https://doi.org/10.1542/peds.2014-2173>
- Hicks SD, Wang M, Fry K, Doraiswamy V, Wohlford EM (2017) Neurodevelopmental delay diagnosis rates are increased in a region with aerial pesticide application. *Front Pediatr* **5**, 16. <https://doi.org/10.3389/fped.2017.00116>
- Hyland C, Bradman A, Gerona R, Patton S, Zakharevich I, Gunier RB, Klein K (2019) Organic diet intervention significantly reduces urinary pesticide levels in U.S. children and adults. *Environ Res* **171**, 568–575. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2019.01.024>
- HZJZ (2018) Prehrambene smjernice za 5. – 8. razrede osnovnih škola. HZJZ-Hrvatski zavod za javno zdravstvo. <https://www.hzjz.hr/sluzba-promicanje-zdravlja/prehrambene-smjernice-za-5-do-8-razrede-osnovnih-skola/>. Pristupljeno 12. siječnja 2022.

- Jacobson JL, Muckle G, Ayotte P, Dewailly É, Jacobson SW (2015) Relation of Prenatal Methylmercury Exposure from Environmental Sources to Childhood IQ. *Environ Health Perspect* **123**: 8. <https://doi.org/10.1289/ehp.1408554>
- Jamal F, Haque SQ, Singh S, Rastogi SK (2016) The influence of organophosphate and carbamate on sperm chromatin and reproductive hormones among pesticides prayers. *Toxicol Ind Health* **32**, 1527–1536. <https://doi.org/10.1177/0748233714568175>
- Jin J, Yang W (2014) Molecular regulation of hypothalamus-pituitary-gonads axis in males. *Gene* **551**,15–25. <https://doi.org/10.1016/j.gene.2014.08.048>
- Knežević Z, Serdara M, Ahelb M (2012) Risk assessment of the intake of pesticides in Croatian diet. *Food Cont* **23**, 59–65. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2011.06.011>
- Laborde A, Tomasina F, Bianchi F, Bruné MN, Buka I, Comba P i sur. (2015) Children’s health in Latin America: the influence of environmental exposures. *Environ Health Perspect* **123**, 201–209. <https://doi.org/10.1289/ehp.1408292>
- Lemos J, Sampedro MC, Ariño A, Ortiz A, Barrio R (2016) Risk assessment of exposure to pesticides through dietary intake of vegetables typical of the Mediterranean diet in the Basque Country. *J Food Compos Anal* **49**, <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2016.03.006>.
- Leng G, Kuhn KH, Idel H (1997) Biological monitoring of pyrethroids in blood and pyrethroid metabolites in urine: applications and limitations. *Sci Total Environ* **199**, 173–181. [https://doi.org/10.1016/s0048-9697\(97\)05493-4](https://doi.org/10.1016/s0048-9697(97)05493-4)
- Liu P, Wu C, Chang X, Qi X, Zheng M, Zhou Z (2016) Adverse associations of both prenatal and postnatal exposure to organophosphorous pesticides with infant neurodevelopment in an agricultural area of jiangsu province, China. *Environ Health Perspect* **124**, 1637–1643. <https://doi.org/10.1289/EHP196>
- Llull R, Del Mar Bibiloni M, Martínez E, Pons A, Tur JA (2011) Compliance with the 2010 nutritional objectives for the Spanish population in the Balearic Islands’ adolescents. *Ann Nutr Metab* **58**, 212e9. <https://doi.org/10.1159/000330114>
- Lobstein T, Jackson-Leach R (2016) Planning for the worst: estimates of obesity and comorbidities in school-age children in 2025. *Pediatr Obes* **11**, 321e5. <https://doi.org/10.1111/ijpo.12185>

- Łozowicka B, Jankowska M, Kaczyński P (2012) Pesticide residues in Brassica vegetables and exposure assessment of consumers. *Food Control* **25**, 561–575. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2011.11.017>
- Lu C, Barr DB, Pearson M, Bartell S, Bravo R (2006a) A Longitudinal Approach to Assessing Urban and Suburban Children's Exposure to Pyrethroid Pesticides. *Environ Health Perspect* **114**, 9. <https://doi.org/10.1289/ehp.9043>
- Lu C, Barr DB, Pearson MA, Waller LA (2008) Dietary intake and its contribution to longitudinal organophosphorus pesticide exposure in urban/suburban children. *Environ Health Perspect* **116**, 537–542. <https://doi.org/10.1289/ehp.10912>
- Lu C, Toepel K, Irish R, Fenske RA, Barr DB, Bravo R (2006b) Organic diets significantly lower children's dietary exposure to organophosphorus pesticides. *Environ Health Perspect* **114**, 260–263. <https://doi.org/10.1289/ehp.8418>
- Martín Reina J, Duarte JA, Cerrillos L, Bautista Palomas JD, Moreno Navarro IM (2017) Insecticide Reproductive Toxicity Profile: Organophosphate, Carbamate and Pyrethroids. *J Toxins* **4**, 1–7.
- Meeker JD, Barr DB, Hauser R (2009) Pyrethroid insecticide metabolites are associated with serum hormone levels in adult men. *Reprod Toxicol* **27**, 155–160. <https://doi.org/10.1016/j.reprotox.2008.12.012>
- Miller MD, Marty MA, Arcus A, Brown J, Morry D, Sandy M (2002) Differences between children and adults: implications for risk assessment at California EPA. *Int J Toxicol* **21**, 403–18. <https://doi.org/10.1080/10915810290096630>
- Miranda-Contreras L, Gómez-Pérez R, Rojas G, Cruz I, Berrueta L, Salmen S i sur. (2013) Occupational exposure to organophosphate and carbamate pesticides affect sperm chromatin integrity and reproductive hormone levels among Venezuelan farm workers. *J Occup Health* **55**, 195–203. <https://doi.org/10.1539/joh.12-0144-fs>
- Morgan MK (2012) Children's Exposures to Pyrethroid Insecticides at Home: A Review of Data Collected in Published Exposure Measurement Studies Conducted in the United States. *Int J Environ Res Public Health* **9**, 2964–2985. <https://doi.org/10.3390/ijerph9082964>

- Mukherjee I, Singh R, Govil JN (2010) Risk assessment of a synthetic pyrethroid, bifenthrin on pulses. *Bull Environ Contam Toxicol* **84**, 294–300. <https://doi.org/10.1007/s00128-010-9940-0>
- Noale M, Nardi M, Limongi F, Siviero P, Caregaro L, Crepaldi G, Maggi S (2014) Adolescents in southern regions of Italy adhere to the Mediterranean diet more than those in the northern regions. *Nutr Res* **34**, 771–779. <https://doi.org/10.1016/j.nutres.2014.08.001>
- Nougadère A, Sirot V, Kadar A, Fastier A, Truchot E, Vergnet C i sur. (2012) Total diet study on pesticide residues in France: Levels in food as consumed and chronic dietary risk to consumers. *Environ Int* **45**, 135–150. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2012.02.001>
- Ortega R, Perez-Rodrigo C, Lopez-Sobaler A (2015) Dietary assessment methods: dietary records. *Nutr Hosp* **31**, 38–45. <https://doi.org/10.3305/nh.2015.31.sup3.8749>
- Ortega RM, Requejo AM (2000) Encuestas nutricionales individuales. Criterios de validez. *Nutrición y Obesidad* **3**, 177–85.
- Ortega RM, Requejo AM, López-Sobaler AM (2009) Questionnaires for dietetic studies and the assessment of nutritional status. U: Ortega RM, Requejo AM (ured.) Nutriguia. Manual of Clinical Nutrition in Primary Care. Complutense ed., Madrid, str. 456–467.
- Park BK, Kwon SH, Yeom MS i sur. (2022) Detection of pesticide residues and risk assessment from the local fruits and vegetables in Incheon, Korea. *Sci Rep* **12**, 9613. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-13576-5>
- Pascale A, Laborde A (2020) Impact of pesticide exposure in childhood. *Rev Environ Health* **35**, 221–227. <https://doi.org/10.1515/reveh-2020-0011>
- Phillips GO (2013) Dietary fibre: A chemical category or a health ingredient? *Bioact Carbohydr Diet Fibre* **1**, 3–9. <https://doi.org/10.1016/j.bcdf.2012.12.001>
- Pope C, Karanth S, Liu J (2005) Pharmacology and toxicology of cholinesterase inhibitors: uses and misuses of a common mechanism of action. *Environ Toxicol Pharmacol* **19**, 433–446. <https://doi.org/10.1016/j.etap.2004.12.048>
- Popkin BM (2002) The shift in stages of the nutrition transition in the developing world differs from past experiences! *Public Health Nutr* **5**: 205e14. <https://doi.org/10.1079/PHN2001295>

Rebello CJ, Greenway FL, Finley JW (2014) A review of the nutritional value of legumes and their effects on obesity and its related co-morbidities. *Obes Rev* **15**: 392e407. <https://doi.org/10.1111/obr.12144>

Recio-Vega R, Ocampo-Gómez G, Borja-Aburto HV, Moran-Martínez J, Cebrian-Garcia EM (2008) Organophosphorus pesticide exposure decreases sperm quality: association between sperm parameters and urinary pesticide levels. *J Appl Toxicol* **28**, 674–680. <https://doi.org/10.1002/jat.1321>

Richardson JR, Fitsanakis V, Westerink RHS, Kanthasamy AG (2019) Neurotoxicity of pesticides. *Acta Neuropathol* **138**, 343–362. <https://doi.org/10.1007/s00401-019-02033-9>

Richardson JR, Taylor MM, Shalat SL, Guillot 3rd TS, Caudle WM, Hossain MM i sur. (2015) Developmental pesticide exposure reproduces features of attention deficit hyperactivity disorder. *FASEB J* **29**, 1960–1972. <https://doi.org/10.1096/fj.14-260901>

Rippin HL, Hutchinson J, Jewell J, Breda JJ, Cade JE (2018) Child and adolescent nutrient intakes from current national dietary surveys of European populations. *Nutr Res Rev* 1–32. <https://doi.org/10.1017/s0954422418000161>

Ross AC, Taylor CL, Yaktine AL, Del Valle HB (2011) Dietary Reference Intakes for Calcium and Vitamin D. (ured.) Institute of Medicine (US) Committee to Review Dietary Reference Intakes for Vitamin D and Calcium;. Washington (DC): National Academies Press (US).

Sagiv SK, Thurston SW, Bellinger DC, Altshul LM, Korrick SA (2012) Neuropsychological Measures of Attention and Impulse Control among 8-Year-Old Children Exposed Prenatally to Organochlorines. *Environ Health Perspect* **120**, 6. <https://doi.org/10.1289/ehp.1104372>

Saillenfait AM, Ndiaye D, Sabaté JP (2015) Pyrethroids: Exposure and health effects – An update. *Int J Hyg Environ Health* **218**, 281–292. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2015.01.002>

Schmidt RJ, Kogan V, Shelton JF, Delwiche L, Hansen RL, Ozonoff S i sur. (2017) Combined prenatal pesticide exposure and folic acid intake in relation to autism spectrum disorder. *Environ Health Perspect* **125**, 097007. <https://doi.org/10.1289/EHP604>

Shelton JF, Geraghty EM, Tancredi DJ, Delwiche LD, Schmidt RJ, Ritz B i sur. (2014) Neurodevelopmental disorders and prenatal residential proximity to agricultural pesticides: the CHARGE study. *Environ Health Perspect* **122**, 1103–1109. <https://doi.org/10.1289/ehp.1307044>

- Shim JS, Oh K, Kim HC (2014) Dietary assessment methods in epidemiologic studies. *Epidemiol Health* **36**, e2014009. <https://doi.org/10.4178/epih/e2014009>
- Shomaker LB, Tanofsky-Kraff M, Savastano DM, Kozlosky M, Columbo KM, Wolkoff LE i sur. (2010) Puberty and observed energy intake: boy, can they eat! *Am J Clin Nutr* **92**, 123–129. <https://doi.org/10.3945/ajcn.2010.29383>
- Slavin JL, Lloyd B (2012) Health benefits of fruits and vegetables. *Adv Nutr* **3**, 506e16. <https://doi.org/10.3945/an.112.002154>
- Soderlund DM (2012) Molecular mechanisms of pyrethroid insecticide neurotoxicity: recent advances. *Arch Toxicol* **86**, 165–181. <https://doi.org/10.1007/s00204-011-0726-x>
- Szpyrka E, Kurdziel A, Matyaszek A, Podbielska M, Rupar J, Słowik-Borowiec M (2015) Evaluation of pesticide residues in fruits and vegetables from the region of south-eastern Poland. *Food Control* **48**, 137–142. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2014.05.039>
- Stamou M, Streifel KM, Goines PE, Lein PJ (2013) Neuronal connectivity as a convergent target of gene × environment interactions that confer risk for Autism Spectrum Disorders. *Neurotoxicol Teratol* **36**, 3–16. <https://doi.org/10.1016/j.ntt.2012.12.001>
- Thompson FE, Byers T (1994) Dietary assessment resource manual. *J Nutr* **124**, 2245–2317. https://doi.org/10.1093/jn/124.suppl_11.2245s
- Thompson FE, Subar AF (2013) Dietary assessment methodology. U: Coulston AM, Boushey CJ, Ferruzzi MG (ured.) *Nutrition in the Prevention and Treatment of Disease*. Amsterdam: Elsevier, Academic Press, Amsterdam, str. 5–46.
- UNICEF (2018) Understanding the impacts of pesticides on children: a discussion paper. UNICEF / United Nations Children's Fund. New York. https://www.unicef.org/csr/files/Understanding_the_impact_of_pesticides_on_children-Jan_2018.pdf. Pristupljeno 10. prosinca 2021.
- van Wendel de Joode B, Mora AM, Lindh CH, Hernandez-Bonilla D, Cordoba L, Wesseling C i sur. (2016) Pesticide exposure and neurodevelopment in children aged 6-9 years from Talamanca, Costa Rica. *Cortex* **85**, 137–150. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2016.09.003>

- Wagner-Schuman M, Richardson JR, Auinger P, Braun JM, Lanphear BP, Epstein JN i sur. (2015) Association of pyrethroid pesticide exposure with attention-deficit/hyperactivity disorder in a nationally representative sample of U.S. children. *Environ Health* **14**, 44. <https://doi.org/10.1186/s12940-015-0030-y>
- Wesselink AK, Hatch EE, Rothman KJ, Willis SK, Orta OR, Wise LA (2020) Pesticide residue intake from fruits and vegetables and fecundability in a North American preconception cohort study. *Environ Int* **139**, 105693. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.105693>
- WHO (2008) Pesticides, training package for the health sector. Health and the environment. WHO-World Health Organization. https://www.who.int/ceh/capacity/training_modules/en/ Pristupljeno 10. prosinca 2021.
- WHO (2018a). Food and nutrition. WHO-World Health Organization. http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0006/257919/Fact-sheet-2014-Food-and-Nutrition-Eng.pdf?ua=1. Pristupljeno 11. siječnja 2022.
- WHO (2018b). Nutrition. WHO-World Health Organization. <https://www.who.int/topics/nutrition/en/>. Pristupljeno 11. siječnja 2022.
- Wirbisky SE, Freeman JL (2015) Atrazine Exposure and Reproductive Dysfunction through the Hypothalamus-Pituitary-Gonadal (HPG) Axis. *Toxics* **3**, 414–450. <https://doi.org/10.3390/toxics3040414>
- Xue J, Zartarian V, Tornero-Velez R, Tulse NS (2014) EPA's SHEDS-multimedia model: children's cumulative pyrethroid exposure estimates and evaluation against NHANES biomarker data. *Environ Int* **73**, 304–311. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2014.08.008>
- Ye X, Liu J (2018) Effects of pyrethroid insecticides on hypothalamic-pituitary-gonadal axis: A reproductive health perspective. *Environ Pollut* **245**, 590–599. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.11.031>.
- Ye X, Pan W, Zhao S, Zhao Y, Zhu Y, Liu J i sur. (2017) Relationships of pyrethroid exposure with gonadotropin levels and pubertal development in chinese boys. *Environ Sci Tech* **51**, 6379–6386. <https://doi.org/10.1021/acs.est.6b05984>

Yu Y, Li C, Zhang X, Zhang X, Pang Y, Zhang S, Fu J (2012) Route-specific daily uptake of organochlorine pesticides in food, dust, and air by Shanghai residents China. *Environ Int* **50**, 31-37. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2012.09.007>

Zhu Q, Yang Y, Zhong Y, Lao Z, O'Neill P, Hong D i sur. (2020). Synthesis, insecticidal activity, resistance, photodegradation and toxicity of pyrethroids (A review). *Chemosphere* **254**, 126779. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.126779>

PRILOZI

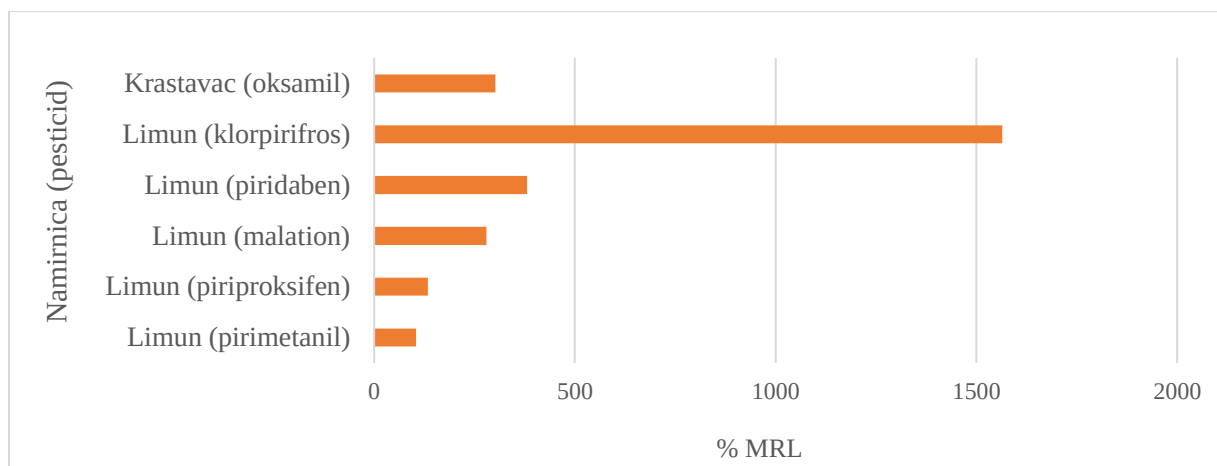
Prilog 1. Popis pesticida utvrđenih u namirnicama u skupini voće i povrće uzorkovanim tijekom PyrOPECh TDS-a s pripadajućim vrijednostima njihovog dozvoljenog dnevnog unosa (ADI) i akutne referentne doze (ARfD)

Pesticid	Skupina	ADI	ARfD	Izvor
		mg/kg TM/dan	mg/kg TM	
Acetamiprid	Insekticid (neonikotinoidni)	0,025	0,025	EFSA, 2013
Azoksistrobin	Fungicid (strobilurini)	0,200	n.n.	EC, 2011
Boskalid	Fungicid (karboksamidni)	0,040	n.n.	EC, 2008
Klorprofam	Herbicid	0,050	0,050	EC, 2004
Klorpirifos	Insekticid (organofosfatni)	0,001	0,005	EFSA, 2015
Ciprodinil	Fungicid (anilino-pirimidni)	0,030	n.n.	EC, 2006
Dimetomorf	Fungicid	0,050	0,6	EC, 2007
Difenilamin	Insekticid (aromatski amin)	0,075	n.n.	EFSA, 2008
Fenazakvin	Insekticid (kinazolinski)	0,005	0,100	EFSA, 2013
Fenheksamid	Fungicid	0,200	n.n.	EFSA, 2015
Fludioksonil	Fungicid (fenil-pirolni)	0,370	n.n.	EC, 2007
Fluopikolid	Fungicid	0,08	0,18	EC, 2010
Fluksapiroksad	Fungicid (karboksamidni)	0,020	0,300	WHO, 2012
Imazalil	Fungicid	0,025	0,05	EC, 2011
Fluopiram	Fungicid	0,012	0,500	EFSA, 2013
Izokarbofos	Insekticid (organotiofosfatni)	/	/	/
Malation	Insekticid	0,030	0,3	EC, 2010
Metalaksil	Fungicid	0,080	0,5	EFSA, 2015
Metoksifenozyd	Insekticid	0,100	0,1	EFSA, 2018
Ortho-fenilfenol	Fungicid	/	/	/
Oksamil	Pesticid (karbamatni)*	0,001	0,001	EC, 2006
Pirimikarb	Insekticid (karbamatni)*	0,035	0,100	EC, 2006
Prosulfokarb	Herbicid	0,005	0,1	EC, 2007
Piraklostrobin	Fungicid (regulator rasta)	0,030	0,03	EC, 2004
Piridaben	Insekticid	0,010	0,05	EC, 2010
Primetanil	Fungicid	0,170	n.n.	EFSA, 2006
Piriproksifen	Insekticid	0,100	n.n.	EC, 2008
Spirodiklofen	Insekticid	0,015	n.n.	EFSA, 2009
Tebukonazol	Fungicid	0,030	0,030	EFSA, 2013
Tebufenozid	Insekticid	0,020	n.n.	EC, 2011
Zoksamid	Fungicid	/	/	/

EC: Europska komisija; EFSA: Europska agencija za sigurnost hrane; WHO: Svjetska zdravstvena organizacija. n.n. (engl. *not necessary*): ARfD nije potreban. TM: tjelesna masa

*neurotoksikant i inhibitor acetilkolin-esteraze

Prilog 2. Rezidue pesticida koje su veće od MRL vrijednosti u svježem krastavcu i limunu



IZJAVA O IZVORNOSTI

Ja ANA RUŽICA BAJAN izjavljujem da je ovaj diplomski rad izvorni rezultat mojeg rada te da se u njegovoj izradi nisam koristio/la drugim izvorima, osim onih koji su u njemu navedeni.

Vlastoručni potpis