

Broj:	396-08-2-2/01-25-19
Podnositelj:	Hrvatska agencija za poljoprivredu i hranu, Centar za sigurnost hrane
Datum podnošenja:	05.09.2025.
Predmet zahtjeva:	Znanstveno mišljenje o izloženosti djece i adolescenata Republike Hrvatske akrilamidu iz hrane
Datum zaprimanja:	05.09.2025.
Datum prihvatanja:	05.09.2025.
Znanstveni odbor ili radna skupina koja izrađuje znanstveno mišljenje ili izvješće	HAPIH, Ad hoc stručno tijelo Centra za sigurnost hrane
Rok izdavanja:	Sukladno Pravilniku o izdavanju znanstvenog mišljenja i pružanju znanstvene i tehničke potpore iz područja propisa o hrani (NN 153/24) te internim aktima Agencije
Status (napredak) izrade znanstvenog mišljenja ili izvješća:	Završeno
Datum izdavanja:	16.12.2025.



Hrvatska agencija za
poljoprivredu i hranu

Croatian Agency for
Agriculture and Food

L'Agence Croate pour
l'Agriculture et l'Alimentation



Klasa: 541-02/25-01/30
Ur. broj: 396-08-2-2/01-25-19
Osijek, 16.12.2025. godine

ZNANSTVENO MIŠLJENJE
O IZLOŽENOSTI DJECE I ADOLESCENATA REPUBLIKE HRVATSKE
AKRILAMIDU IZ HRANE

Danijela Stražanac, Sanja Miloš, Martina Pavlić,
Nikolina Čukelj Mustač, Tanja Bogdanović, Antun Jozinović, Dražen Knežević

CENTAR ZA SIGURNOST HRANE

Ivana Gundulića 36b, 31000 Osijek, tel: +385 31 214 900, e-mail: csh@hapih.hr, www.hapih.hr
MB:2528614, OIB: 35506269186, IBAN: HR1210010051863000160

Dokument izrađen temeljem zahtjeva Centra za sigurnost hrane

Usvojeno 16.12.2025

Dostupno na: <https://www.hapih.hr/csh/upisnik-znanstvenih-misljenja/>

Korespondencija: info.chs@hapih.hr

Klasa: 541-02/25-01/30

Ur. broj: 396-08-2-2/01-25-19

ČLANOVI AD HOC STRUČNOG TIJELA - AUTORI

1. Danijela Stražanac, dipl. ing., Centar za sigurnost hrane, Hrvatska agencija za poljoprivredu i hranu - predsjednica *ad hoc* Stručnog tijela
2. dr. sc. Sanja Miloš, Centar za sigurnost hrane, Hrvatska agencija za poljoprivredu i hranu - zamjenica predsjednice
3. Martina Pavlić, mag. nutr., Centar za sigurnost hrane, Hrvatska agencija za poljoprivredu i hranu
4. izv. prof. dr. sc. Nikolina Čukelj Mustać, Sveučilište u Zagrebu Prehrambeno-biotehnološki fakultet
5. dr. sc. Tanja Bogdanović, Hrvatski veterinarski institut, Veterinarski zavod Split
6. izv. prof. dr. sc. Antun Jozinović, Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek

VANJSKI ČLANOVI

1. dr. sc. Dražen Knežević, Centar za sigurnost hrane, Hrvatska agencija za poljoprivredu i hranu

Izjave o sukobu interesa:

Autori nisu bili u izravnom ili neizravnom, financijskom, gospodarskom ili bilo kojem drugom osobnom interesu koji bi se mogao smatrati štetnim za njihovu nepristranost i neovisnost u okviru izrade ovog dokumenta.

Zahvale:

Hrvatska agencija za poljoprivredu i hranu, Centar za sigurnost hrane zahvaljuje se članovima *ad hoc* Stručnog tijela za donošenje Znanstvenog mišljenja o izloženosti djece i adolescenata Republike Hrvatske akrilamidu iz hrane.

Predloženo citiranje:

Hrvatska agencija za poljoprivredu i hranu, *ad hoc* Stručno tijelo, Stražanac D, Miloš S, Pavlić M, Čukelj Mustać N, Bogdanović T, Jozinović A, Knežević D, 2025. Znanstveno mišljenje o izloženosti djece i adolescenata Republike Hrvatske akrilamidu iz hrane.

Sažetak

Akrilamid je prirodni nusprodukt reakcija koji nastaje prilikom pečenja ili prženja hrane na temperaturama iznad 120 °C, kako u industriji tako i u domaćinstvu. Glavni mehanizam stvaranja akrilamida u hrani je putem Maillardove reakcije u kojoj slobodna aminokiselina asparagin, prisutna u velikom broju žitarica i krumpiru, reagira s reducirajućim šećerima (npr. glukoza, fruktoza). Poznato je da akrilamid može biti prisutan i u dimu cigareta, a neke osobe mu mogu biti izložene i na radnom mjestu apsorpcijom putem kože ili inhalacijom (EFSA, 2015).

Centar za sigurnost hrane, Hrvatske agencije za poljoprivredu i hranu pokrenuo je na vlastitu inicijativu izradu ovog *Znanstvenog mišljenja o izloženosti djece i adolescenata Republike Hrvatske akrilamidu iz hrane* kako bi se dobio uvid u stanje izloženosti ove posebno osjetljive populacije te posljedično procijenio rizik za zdravlje.

Europska agencija za sigurnost hrane (eng. *European Food Safety Authority*, EFSA) 2015. godine je u svom mišljenju navela kako pokusi na životinjama pokazuju da su akrilamid i njegovi metaboliti genotoksični i karcinogeni jer oštećuju deoksiribonukleinsku kiselinu (DNA). Dokazi iz humanih studija da izloženost akrilamidu uzrokuje nastanak tumora su trenutno ograničeni i neuvjerljivi. Usprkos tome, akrilamid ostaje na popisu tvari potencijalno karcinogenih za čovjeka dok se ne provedu detaljnije studije i dokaže obrnuto. Zbog svoje male molekulske mase akrilamid se brzo i lako apsorbira u crijevima te zatim, putem krvožilnoga sustava, distribuira po organizmu.

Prema Međunarodnoj agenciji za istraživanje raka (eng. *International Agency for Research on Cancer*, IARC) akrilamid je klasificiran kao karcinogen skupine 2A (vjerojatno karcinogen za ljude) (IARC, 1994).

Zbog svega navedenog, poželjno je da razine referentnih vrijednosti akrilamida u hrani budu što je niže moguće u okviru tehnoloških mogućnosti.

Kako najveće dopuštene količine (NDK) akrilamida u hrani nisu definirane zakonskim propisima, 2017. godine donesena je *Uredba Komisije (EU) 2017/2158 o uspostavi mjera za ublažavanje učinaka i razina referentnih vrijednosti radi smanjenja prisutnosti akrilamida u hrani od 20. studenoga 2017. godine*, kojom su uspostavljene razine referentnih vrijednosti za akrilamid. Nadalje, Europska Komisija je 2019. godine izdala i *Preporuku Komisije (EU) 2019/1888 od 7. studenoga 2019. o praćenju prisutnosti akrilamida u određenoj hrani* kako bi nadležna tijela u državama članicama mogla redovito pratiti prisutnost i razine akrilamida u hrani.

Sukladno Uredbi i Preporukama Europske komisije Republika Hrvatska je kontinuirano u sklopu nacionalnog monitoringa kontrolirala prisutnost akrilamida u hrani.

U svrhu izrade mišljenja korišteni su rezultati provedenog monitoringa hrane na akrilamid u Republici Hrvatskoj koji se odnosi na period od četiri godine (2020., 2021., 2022., 2023.).

Od ukupno 470 uzorka u 159 uzoraka (33,83 %) akrilamid je određen u razinama ispod granice kvantifikacije (< LOQ, eng. *Limit of quantification*). Na temelju dobivenih rezultata utvrđeno je da je najveća prosječna koncentracija akrilamida od 373,37 µg/kg za LB – UB pristup određena u kategoriji hrane „Kava, kakao, čaj i ostale infuzije“, zatim u kategoriji „Kompozitna jela“

(259,51 – 264,75 µg/kg za LB – UB pristup), dok je nešto manja koncentracija određena u kategoriji „Žitarice i proizvodi od žitarica“ (106,07 – 121,86 µg/kg za LB – UB pristup).

Podaci o prehrambenim navikama dobiveni su iz nacionalnih istraživanja od kojih je prvo provedeno u periodu 2017. - 2022. godine na populaciji djece u dobi od 3 mjeseca do 9 godina, a drugo u periodu 2019. - 2023. godine na populaciji u dobi od 10 do 99 godina. Kao i kod podataka o koncentracijama akrilamida, hrana je podijeljena u kategorije prema EFSA-inoj FoodEx2 klasifikaciji.

Obzirom da je akrilamid kontaminant koji ima karcinogen i genotoksičan učinak u svrhu utvrđivanja rizika računala se kronična izloženost djece i adolescenata u Republici Hrvatskoj. Izloženost se računala prema dva scenarija (S1 i S2). U S1 scenariju izloženost se računala s podacima za razine akrilamida gdje su uzeti u obzir i podaci u kojima je izmjerena vrijednost prelazila propisane referentne vrijednosti. Međutim, kako bi se procijenio utjecaj takvih podataka na ukupnu procjenu izloženosti proveden je i S2 scenarij gdje su isključeni podaci nesukladnih uzoraka. Iz dobivenih podataka se vidjelo kako je utjecaj isključenja takvih podataka na rezultate izloženosti vrlo mali, stoga ti rezultati nisu prikazani u ovom mišljenju.

Nakon toga se pristupilo izračunima granice izloženosti koristeći MOE (eng. *Margin of exposure*) pristup. Korištena vrijednost BDML₁₀ (eng. *Benchmark dose lower confidence limit*) za neoplastične učinke iznosi 170 µg/kg t.m./dan, a za krajnju točku neurotoksičnosti 430 µg/kg t.m./dan.

MOE vrijednosti za neoplastične učinke (170 µg/kg t.m./dan) pri prosječnoj izloženosti kreću se od 697 na UB pristupu za ostalu djecu, do 2 082 na LB pristupu kod dojenčadi.

MOE vrijednosti za neurotoksičnost (430 µg/kg t.m./dan) pri prosječnoj izloženosti kreću se od 1 763 na UB pristupu za ostalu djecu, do 5 267 na LB pristupu kod dojenčadi.

MOE vrijednosti za neoplastične učinke (170 µg/kg t.m./dan) pri P95 izloženosti kreću se od 264 na UB pristupu za ostalu djecu, do 565 na LB pristupu kod dojenčadi.

MOE vrijednosti za neurotoksičnost (430 µg/kg t.m./dan) pri P95 izloženosti kreću se od 667 na UB pristupu za ostalu djecu, do 1 429 na LB pristupu kod dojenčadi.

MOE vrijednost se smatra sigurnom ukoliko prelazi 10 000. Uzimajući u obzir dobivene vrijednosti za MOE (BMDL₁₀ 170 i 430 µg/kg t.m./dan), a koji su ispod 10 000, može se zaključiti kako štetni učinci na zdravlje za sve dobne kategorije predstavljaju zabrinutost s aspekta javnog zdravstva.

U sklopu ovog mišljenja donijeta je i preporuka o potrebi suradnje nadležnih tijela i stručnjaka sa subjektima u poslovanju s hranom s ciljem provođenja radnji koje će dovesti do postizanja što je moguće manjih razina akrilamida u gotovom proizvodu, kao i o potrebi educiranja potrošača o smanjenju konzumacije hrane koja u svom sastavu može sadržavati akrilamid.

Ključne riječi: akrilamid, djeca, adolescenti, hrana, pojavnost, prehrambene navike, procjena izloženosti

Summary

Acrylamide is a natural by-product of the reaction that occurs during the baking or frying food at temperatures above 120 °C in industry and in households. The main mechanism of acrylamide formation in food is the Maillard reaction, in which the free amino acid asparagine, which is found in many types of cereals and potatoes, reacts with reducing sugars (e.g. glucose, fructose). It is known that acrylamide can also be present in cigarette smoke, and some individuals can be exposed to it in the workplace through skin absorption or inhalation (EFSA, 2015).

The Centre for Food Safety, Croatian Agency for Agriculture and Food initiated the preparation of this *Scientific Opinion on the exposure of children and adolescents in the Republic of Croatia to acrylamide from food*, in order to gain insight into the exposure of this particularly vulnerable population and consequently assess the health risk.

In 2015, the European Food Safety Agency (EFSA) stated in its opinion that experiments on animals show that acrylamide and its metabolites are genotoxic and carcinogenic because they damage deoxyribonucleic acid (DNA). Evidence from human studies that exposure to acrylamide causes tumors is currently limited and inconclusive, but despite this, acrylamide remains on the list of substances that are potentially carcinogenic to humans until more detailed studies are conducted to prove the opposite. Due to its small molecular weight, it is quickly and easily absorbed in the intestines and then distributed throughout the body via the circulatory system.

According to the International Agency for Research on Cancer (IARC), acrylamide is classified as a group 2A carcinogen (probably carcinogenic to humans) (IARC, 1994).

Due to all of the above, it is desirable that the level of reference values of acrylamide in food be as low as possible within technological possibilities.

Since the maximum levels (ML) of acrylamide in food are not defined by legal regulations in 2017 was adopted *Commission Regulation (EU) 2017/2158 of 20 November 2017 establishing mitigation measures and benchmark levels for the reduction of the presence of acrylamide in food*, which established benchmark levels for acrylamide. Additionally, in 2019, the European Commission issued *Commission Recommendation (EU) 2019/1888 of 7 November 2019 on the monitoring of the presence of acrylamide in certain foods* with the aim of enabling competent authorities in member states to regularly monitor the presence of acrylamide and its levels in food.

In accordance with Regulation and Recommendation of the European Commission, in the past period, the Republic of Croatia continuously controlled the presence of acrylamide in food as part of national monitoring.

The results of the food monitoring for acrylamide in the Republic of Croatia for a period of four years (2020, 2021, 2022, 2023) were used for the purpose of drafting the opinion.

Out of a total of 470 samples, in 159 (33.83 %) acrylamide was determined in amounts below the limit of quantification (< LOQ). Based on the obtained results, it was determined that the highest average concentration of 373,37 µg/kg for the LB - UB approach was determined in the food category "Coffee, cocoa, tea and other infusions", then in the category "Composite dishes" (259.51 - 264.75 µg/kg for the LB - UB approach), while it is slightly lower in the

category of "Cereals and cereal-based products" (106.07 - 121.86 µg/kg for the LB - UB approach).

Food consumption data were obtained from national surveys, the first of which was conducted in the period 2017 - 2022 on the population of children aged 3 months to 9 years, and the second in the period 2019 - 2023 on the population aged 10 to 99 years. As with the acrylamide occurrence data, the food was divided into groups according to EFSA's FoodEx2 classification.

Considering that acrylamide is a contaminant with carcinogenic and genotoxic effects, for the purpose of determining the risk, the chronic exposure of children and adolescents in the Republic of Croatia was calculated for the S1 and S2 scenarios. In the S1 scenario, the exposure was calculated based on the data for acrylamide levels, also considering the data where the measured value exceeded the benchmark levels. However, to assess the impact of such data on the overall exposure assessment, S2 scenario was also carried out, in which the data of non-compliant samples were excluded. The obtained data showed that the impact of excluding such data on the exposure results was very small, and therefore these results are not presented in this opinion.

After that, the calculations of the margin of exposure were started using the MOE (eng. *Margin of exposure*) approach. The BDML₁₀ value used for neoplastic effects is 170 µg/kg bw/day, and for the end point of neurotoxicity 430 µg/kg bw/day.

The MOE for neoplastic effects (170 µg/kg bw/day) for average exposure range from 697 (UB) for other children to 2 082 (LB) for infants.

The MOE for neurotoxicity (430 µg/kg bw/day) for average exposure range from 1 763 (UB) for other children to 5 267 (LB) for infants.

The MOE for neoplastic effects (170 µg/kg bw/day) for P95 exposure range from 264 (UB) for other children to 565 (LB) for infants.

The MOE for neurotoxicity (430 µg/kg bw/day) for P95 exposure range from 667 (UB) for other children to 1 429 (LB) for infants.

The MOE value is considered safe if it exceeds 10 000. Considering the obtained MOE values (BMDL₁₀ 170 and 430 µg/kg bw/day), which are below 10 000, it can be concluded that potential adverse health effects indicates for all age groups a concern from a public health point of view.

This opinion recommends that the competent authorities and experts must work with the food business operators to minimize the acrylamide content in the final product and that consumers must be educated about how to reduce their consumption of foods that may contain acrylamide.

Key words: acrylamide, children, adolescents, food, occurrence, food consumption, exposure assessment

SADRŽAJ

Sažetak	1
Summary	3
1. Uvod	7
1.1. Pozadina slučaja	8
1.2. Zakonska osnova	8
2. Podaci i metode	12
2.1. Podaci	12
2.1.1. Pregled analitičkih metoda	12
2.1.2. Koncentracije akrilamida	12
2.1.3. Podaci o prehrambenim navikama	16
2.2. Metodologija procjene izloženosti	18
3. Procjena rizika	19
3.1. Identifikacija opasnosti	19
3.1.1. Utjecaj obrade hrane na razinu akrilamida	20
3.2. Karakterizacija opasnosti	21
3.3. Procjena izloženosti	23
3.4. Karakterizacija rizika	27
4. Nesigurnosti	29
5. Zaključci	29
5.1. Rezultati analize podataka o koncentraciji akrilamida u hrani	29
5.2. Vrijednosti procjene izloženosti	30
5.3. Doprinos pojedinih grupa hrane ukupnoj izloženosti	30
5.4. Karakterizacija rizika	30
5.4.1. Karakterizacija rizika za prosječnu izloženost	30
5.4.2. Karakterizacija rizika za P95 izloženosti	31
5.5. Utjecaj nesigurnosti	32
5.6. Preporuke	32
6. Literatura	33
7. Rječnik	35
8. Skraćenice	36
9. Prilog 1. Analizirane kategorije hrane tijekom službenih kontrola 2020.- 2023. godine prema FoodEx2 klasifikaciji na razini 1 korištene za procjenu izloženosti	37

POPIS TABLICA

Tablica 1. Razine indikativnih i referentnih vrijednosti za prisutnost akrilamida u hrani	9
Tablica 2. Broj analiziranih uzoraka u razdoblju od 2020. - 2023. godine na prisutnost i koncentraciju akrilamida po kategorijama hrane prema FoodEx2 klasifikaciji na razini 1 te broj i udio uzoraka ispod LOQ	13
Tablica 3. Deskriptivna statistička analiza podataka o koncentracijama akrilamida u kategorijama hrane prema FoodEx2 klasifikaciji na razini 1 po različitim pristupima (LB, MB, UB).....	15
Tablica 4. Deskriptivna statistička analiza podataka o prehrambenim navikama po kategorijama hrane prema FoodEx2 klasifikaciji na razini 1 (g/dan) za dobne kategorije dojenčad, mala djeca, ostala djeca i adolescenti	17
Tablica 5. Rezultati procjene izloženosti akrilamidu pri LB, MB i UB pristupu za ciljane dobne kategorije u RH.....	24
Tablica 6. MOE vrijednost za prosječnu izloženosti za LB, MB i UB pristupe i vrijednosti BMDL ₁₀ za neoplastične i neurotoksične učinke	27
Tablica 7. MOE vrijednost za P95 izloženost za LB, MB i UB pristupe i vrijednosti BMDL ₁₀ za neoplastične i neurotoksične učinke	28

POPIS SLIKA

Slika 1. Strukturna formula akrilamida	20
Slika 2. Doprinosi pojedinih kategorija hrane ukupnoj izloženosti akrilamidu za dojenčad pri MB pristupu	24
Slika 3. Doprinosi pojedinih kategorija hrane ukupnoj izloženosti akrilamidu za malu djecu pri MB pristupu	25
Slika 4. Doprinosi pojedinih kategorija hrane ukupnoj izloženosti akrilamidu za ostalu djecu pri MB pristupu	26
Slika 5. Doprinosi pojedinih kategorija hrane ukupnoj izloženosti akrilamidu za adolescente pri MB pristupu	26

1. Uvod

U prehrani ljudi akrilamid je prisutan tisućama godina, tj. od trenutka kada se počela koristiti termička obrada hrane. Međutim, široj je javnosti postao poznatiji nakon 2002. godine, kada je u sklopu jednog istraživanja u Švedskoj pronađen u visokim koncentracijama u pečenoj i prženoj hrani bogatoj škrobom. Naime, u travnju 2002. godine, istraživači sa Sveučilišta u Stockholmu i Švedska agencija za hranu (eng. *Swedish National Food Administration*, SNFA) utvrdili su značajne udjele akrilamida u velikom broju prženih i pečenih proizvoda, bogatih ugljikohidratima, kao što su čips, prženi krumpir, kruh i kava (SNFA, 2002; Tareke i sur., 2002). Prije ovoga otkrića hrana se nije ispitivala na prisutnost akrilamida zato što se on ne dodaje hrani, nije kontaminant okoliša, a nije niti bio poznat kao komponenta hrane. Akrilamid je jedan od produkata Maillardovih reakcija, koji prema IARC-u ima genotoksična i karcinogena svojstva, a u visokim dozama također i neurotoksična svojstva te je klasificiran kao „potencijalno karcinogen za ljude“ (grupa 2A) (IARC, 1994).

Ubrzo nakon objave ovih otkrića prisutnost akrilamida u hrani postaje problem na globalnoj razini. S obzirom na potencijalnu prijetnju koju akrilamid može imati na zdravlje ljudi (moguće karcinogeno i neurotoksično djelovanje), ubrzano su inicirane mnoge studije i istraživanja, uz sveobuhvatnu međunarodnu suradnju (HAPIH, 2013).

EFSA od 2007. godine prikuplja podatke iz zemalja članica Europske unije (EU) o razinama akrilamida u različitim prehrambenim proizvodima te je u nekoliko navrata izdala znanstvena izvješća na ovu temu (EFSA 2009; 2010; 2011; 2012; 2015; 2022). Shodno tome, mijenjale i/ili nadopunjavale su se i Preporuke Europske komisije o ispitivanju razina akrilamida u hrani. Republika Hrvatska, kao članica EU, aktivno je bila uključena u provedbu Preporuka Europske komisije te je 2013. i 2014. godine provela ispitivanja na predloženim kategorijama hrane. Ispitivanja su se provela na inicijativu Ministarstva zdravstva, u suradnji s Nastavnim zavodom za javno zdravstvo „Dr. Andrija Štampar“ iz Zagreba. Dobiveni podaci za 2013. i 2014. godinu dostavljeni su Hrvatskoj agenciji za poljoprivredu i hranu (HAPIH) koja je izdala dokumente „Znanstveno izvješće o rezultatima istraživanja akrilamida u hrani za 2013. godinu“ (HAPIH, 2013) i „Znanstveno izvješće o rezultatima istraživanja akrilamida u hrani za 2014. godinu“ (HAPIH, 2014).

EFSA je 2015. godine u svom mišljenju navela kako pokusi na životinjama pokazuju da su akrilamid i njegovi metaboliti genotoksični i karcinogeni jer oštećuju DNA. Nakon toga je EFSA 2022. godine na zahtjev Europske komisije (EK) izdala novo mišljenje vezano uz procjenu genotoksičnosti akrilamida. Za potrebe izrade tog dokumenta stručnjaci su ponovno pregledali sve relevantne publikacije iz mišljenja objavljenog 2015. godine, kao i nekolicinu novih studija koje su objavile pozitivne rezultate o klastogenim i mutagenim svojstvima akrilamida i njegovog aktivnog metabolita glicidamida. Ove nove studije proširile su informacije koje je EFSA-in Odbor za kontaminante procijenio u mišljenju iz 2015. godine i potvrdile njegove zaključke (EFSA, 2022). Odbor je na temelju novih procijenjenih podataka potvrdio primjenu pristupa granice izloženosti (MOE) iz 2015. godine za karakterizaciju rizika od neoplastičnih učinaka akrilamida sukladno Smjernicama EFSA-e za tvari koje su i genotoksične i karcinogene (EFSA, 2022).

S obzirom na veliki interes vezan uz pojavnost akrilamida u hrani, stručnjaci EFSA-e su pregledali i dostupnu znanstvenu literaturu i podatke o tome kako izbor sastojaka, način skladištenja i temperatura pripreme hrane utječu na razine akrilamida u različitim vrstama hrane, a što može utjecati na smanjenje nastalog akrilamida tijekom same proizvodnje hrane u industriji te pripreme hrane u restoranima, ugostiteljstvu i domaćinstvu. 2015. godine izdali su i [infografiku](#) pod nazivom „Akrilamid u hrani“, a s ciljem kako bi pomogli europskom sektoru hrane i pića u svrhu smanjenja nastanka akrilamida u određenim prehrambenim proizvodima, Udruženje [“Food Drink Europe”](#) izdalo je također nekoliko brošura o akrilamidu:

- [Smanjenje akrilamida u hrani](#)
- [Fini pekarski proizvodi](#)
- [Kruh i peciva](#)
- [Žitarice za doručak](#)
- [Prženi čips od krumpira](#)
- [Prženi proizvodi od krumpira /French fries](#)
- [Hrana za dojenčad i malu djecu](#)

Isto Udruženje je 2019. godine izdalo i dokument [Acrylamide Toolbox 2019](#) kao rezultat 15-o godišnje suradnje između prehrambene industrije i europskih nacionalnih tijela na istraživanju nastanka akrilamida, kao i na istraživanju o mogućim načinima smanjenja potencijalne izloženosti akrilamidu iz pojedinih specifičnih kategorija hrane.

1.1. Pozadina slučaja

S obzirom da u Republici Hrvatskoj ranije nije bila objavljena niti jedna sveobuhvatna procjena izloženosti populacije RH akrilamidu iz različitih grupa hrane, HAPIH-ov Centar za sigurnost hrane (CSH) je u prosincu 2023. godine izradio *Znanstveno mišljenje o izloženosti odrasle populacije Republike Hrvatske akrilamidu u hrani*. Cilj ovog znanstvenog mišljenja bio je dobiti uvid u stanje izloženosti hrvatske populacije akrilamidu te posljedično procijeniti rizik za zdravlje potrošača. Navedeno znanstveno mišljenje napravljeno je na temelju prehrambenih navika dobivenih iz *Nacionalnog istraživanja o prehrambenim navikama odrasle populacije u Hrvatskoj*, koje je HAPIH proveo tijekom 2011. i 2012. godine.

Kako je CSH proveo dva nova istraživanja prehrambenih navika (na populaciji djece u dobi od 3 mjeseca do 9 godina (HAPIH, 2017. – 2022.) i na populaciji u dobi od 10 do 99 godina (HAPIH, 2018. – 2023.) pokrenuo je na vlastitu inicijativu izradu ovog *Znanstvenog mišljenja o izloženosti djece i adolescenata Republike Hrvatske akrilamidu iz hrane* kako bi se dobio uvid u stanje izloženosti i ove posebno osjetljive populacije akrilamidu te posljedično procijenio rizik i za njihovo zdravlje.

1.2. Zakonska osnova

Najveće dopuštene količine akrilamida u hrani nisu definirane zakonskim propisima, ali su na razini EU donesene referentne vrijednosti o razinama koje se mogu nalaziti u hrani. Mjere su donesene na osnovi višegodišnje pojačane kontrole i monitoringa akrilamida na određenim kategorijama hrane u zemljama članicama te na osnovi mogućeg utjecaja na smanjenje nastalih razina akrilamida tijekom proizvodnog procesa. Prvo su na snazi bile preporuke Komisije od 8. studenoga 2013. o ispitivanju razina akrilamida u hrani (2013/647/EU). Ta

Uredba prestala je važiti donošenjem Uredbe Komisije (EU) 2017/2158 o uspostavi mjera za ublažavanje učinaka i razina referentnih vrijednosti radi smanjenja prisutnosti akrilamida u hrani od 20. studenoga 2017. godine, kojom su indikativne vrijednosti zamijenjene referentnim vrijednostima koje su ujedno i niže od vrijednosti u Uredbi 2013/647/EU. Uredba je stupila na snagu 11. travnja 2018. godine. Nadalje, Uredba Komisije (EU) 2017/2158 osim što donosi još niže preporučene razine za akrilamid u različitim grupama hrane, donosi i niz preporuka koje trebaju pomoći subjektima u poslovanju hranom (SPH) da se te razine i postignu. Razine referentnih vrijednosti u hrani navedene su u prilogu IV. Uredbe i prikazane u Tablici 1. Raspon se kreće od 50 µg/kg za kruh na bazi pšenice do 4000 µg/kg za zamjene za kavu isključivo na bazi cikorijske.

U smislu kategorija hrane namijenjenih djeci različitih dobrih kategorija, poput dojenčadi i male djece kao izuzetno osjetljive populacije, nestabilnog metabolizma, probavnog i endokrinog sustava u razvoju, neophodno je strogo poštivanje načela opreza. Propisi u ovom smislu postavljaju uvijek strože standarde zbog nepoželjnih, utvrđenih toksikoloških učinaka. Jednaki su pristupi u smislu svih reguliranih kontaminanata s nižim najvećim dopuštenim količinama u dječjoj hrani, kako je navedeno u Uredbi Europske unije (EU) br. 2023/915, poput teških metala, ostataka pesticida, nitrata, dioksina, mikotoksina i ostalih onečišćujućih tvari (Mojska i sur., 2012). Kako je prethodno istaknuto, za akrilamid ne postoje zakonska ograničenja; relevantno zakonodavstvo predviđa samo referentne vrijednosti od 150 µg/kg u keksima i dvopecima namijenjenima dojenčadi i maloj djeci te 40 µg/kg u prerađenoj dječjoj hrani na bazi žitarica (Tablica 1.). Ove se vrijednosti koriste za procjenu učinkovitosti kontrolnih mjera koje poduzima industrija, a ako se prekorače, nadležno tijelo mora provesti posebnu procjenu rizika s mogućnošću povlačenja proizvoda, ali bez ikakvog pravnog utjecaja na proizvodnu industriju.

Tablica 1. Razine indikativnih i referentnih vrijednosti za prisutnost akrilamida u hrani

R.br.	Hrana	Indikativna vrijednost kako je definirano u Uredbi 2013/647/EU [µg/kg]	Referentna vrijednost kako je definirano u Uredbi 2017/2158/EU [µg/kg]
1.	Pomfrit, gotovi	600	500
	Čips od svježih krumpira i od krumpirovog tijesta	1000	750
2.	Krekeri na bazi krumpira	1000	750
	Ostali proizvodi od krumpirova tijesta	-	750
	Meki kruh		
3.	(a) Kruh na bazi pšenice	80	50
	(b) Meki kruh koji nije na bazi pšenice	150	100
4.	Žitarice za doručak (osim kaše od zobenih pahuljica)		

	- proizvodi od posija i žitarice od cjelovitog zrna, ekspandirane žitarice	400	300
	- proizvodi na bazi pšenice i raži ⁽¹⁾	300	300
	- proizvodi na bazi kukuruza, zob, pira, ječma i riže ⁽¹⁾	200	150
5.	Keksi i vafli	500	350
	Krekeri osim krekeri na bazi krumpira	500	400
	Hruskavi kruh	450	350
	Medenjaci	1000	800
	Proizvodi slični drugim proizvodima iz ove kategorije	500	300
6.	Pržena kava	450	400
7.	Instant (topljiva) kava	900	850
Zamjene za kavu			
8.	(a) zamjene za kavu isključivo na bazi žitarica	2000	500
	(b) zamjene za kavu isključivo na bazi mješavine žitarica i cikorije	4000	⁽²⁾
	(c) zamjene za kavu isključivo na bazi cikorije	4000	4000
9.	Dječja hrana, prerađena hrana na bazi žitarica za dojenčad i malu djecu, osim keksa i dvopeka ⁽³⁾	-	40
10.	Keksi i dvopek za dojenčad i malu djecu	200	150

⁽¹⁾ Žitarice koje nisu na bazi cjelovitog zrna i/ili posija. Kategorija se određuje na temelju žitarica prisutnih u najvećoj količini.

⁽²⁾ Za razinu referentne vrijednosti koja se primjenjuje na zamjene za kavu na bazi mješavine žitarica i cikorije u obzir se uzima relativni omjer tih sastojaka u konačnom proizvodu.

⁽³⁾ Kako je definirano u Uredbi (EU) br. 609/2013.

EK je 2019. godine donijela *Preporuku Komisije (EU) 2019/1888 od 7. studenoga 2019. o praćenju prisutnosti akrilamida u određenoj hrani*. Ova Preporuka, ne dovodeći u pitanje obveze utvrđene na temelju Uredbe (EZ) 882/2004 i Uredbe (EU) 2017/2158, donosi preporuku da bi nadležna tijela u državama članicama trebala redovito pratiti prisutnost akrilamida i njegovih razina u hrani, posebno u hrani navedenoj u Prilogu Preporuke 2019/1888. Države članice i subjekti u poslovanju s hranom trebali bi EFSA-i do 1. listopada svake godine dostavljati podatke o svojim aktivnostima praćenja prisutnosti akrilamida prikupljene tijekom prethodne godine, radi objedinjenja u jedinstvenu bazu podataka.

Popis hrane za praćenje prisutnosti akrilamida sukladno Prilogu Preporuke 2019/1888:

Proizvodi od krumpira

- rösti
- kroketi, *pommes duchesse*, *pommes noisettes*
- zapečeni krumpir (i zapečeno povrće)
- jelo od krumpira i mesa
- jelo od krumpira i sira

Pekarski proizvodi

- peciva (peciva za hamburger, peciva od cjelovitog zrna, mliječna peciva,...)
- lepinje, meksičke tortilje
- kroasani
- krafne
- posebni kruh (npr. crni raženi kruh, ciabatta s maslinama, kruh s lukom,...)
- palačinke
- hrskavi keksi od tankih traka tijesta prženi u ulju
- churros

Proizvodi od žitarica

- rižini krekeri
- kukuruzni krekeri
- snack proizvodi od žitarica (npr. ekstrudirani kukuruz i/ili pšenični proizvodi)
- hrskavi müsli s medom

Ostalo

- biljni čips/pomfrit
- prženi orašasti plodovi
- pržene uljarice
- sušeno voće
- prženi kakao u zrnu i proizvodi dobiveni od kakaa
- masline u salamuri
- nadomjesci kave, osim na bazi cikorije ili žitarica
- mliječni karamel (fudge), karamel, nugat

Kategorije hrane obuhvaćene Uredbom Komisije (EU) 2017/2158 bilo je neophodno proširiti zbog čega je i nastala Preporuka 2019/1888 i to posebice za dječju hranu namijenjenu različitim dobnim kategorijama. Na razini Republike Hrvatske u ovom smislu, izdvojenom studijom, provedeno je istraživanje o pojavnosti akrilamida u prerađenoj dječjoj hrani s tržišta na bazi žitarica kojom su utvrđene prosječne razine akrilamida od $53,9 \pm 41,7$ µg/kg u keksima i dvopeku, $25,2 \pm 10,1$ µg/kg u instant hrani za bebe i $33,8 \pm 13,8$ µg/kg u hrani za bebe u staklenkama (Bogdanović i sur., 2019).

Izloženost onečišćujućim tvarima putem hrane uglavnom ovisi o kategoriji i količini hrane, učestalosti unosa, kao i vrsti obrade hrane koja može utjecati na koncentracije ksenobiotika. Djeca su osjetljiva na toksične učinke trajnih onečišćujućih tvari zbog visokog kapaciteta apsorpcije hranjivih tvari, smanjenog kapaciteta detoksikacije i unosa tri do četiri puta više

hrane nego odrasli. Zakonodavstvo EU ukazuje na značaj i prioritete za kemijski-prirodno prerađene onečišćujuće tvari u dječjoj hrani na bazi žitarica, ali je istovremeno paradoksalna pojava kako sami procesi odgovorni za pretvaranje sastojaka na bazi žitarica u ukusnu i mikrobiološki sigurnu hranu također mogu dovesti do stvaranja spojeva od toksikološkog značaja poput akrilamida. Nadalje, treba uzeti u obzir kako Indikativne vrijednosti postavljene za akrilamid služe još uvijek u istraživačke svrhe, a ne kao zakonski utvrđeni sigurnosni pragovi.

2. Podaci i metode

2.1. Podaci

2.1.1. Pregled analitičkih metoda

Mala molekularna masa, visoka reaktivnost i nedostatak kromofora izazovi su u analizi akrilamida u niskim koncentracijama u prehrambenim proizvodima. Odabir optimalnih uvjeta ekstrakcije i naknadnih koraka pročišćavanja ovisi o vrsti/kategoriji hrane. Postupci pročišćavanja uzoraka najčešće uključuju primjenu ekstrakcije na krutoj fazi (eng. *solid phase extraction*, SPE). Analitičko određivanje akrilamida u prehrambenim proizvodima najčešće se provodi instrumentalnim tehnikama tekućinske ili ultra tekućinske kromatografije visoke učinkovitosti (HPLC/uHPLC) sa tandemskom masenom spektrometrijom (MS/MS) ili tehnikama plinske kromatografije (GC) s masenom spektrometrijskom detekcijom (MS). Poželjna je primjena metode sa internim standardima uz mjere kontrole koje uključuju certificirane referentne materijale ciljanih kategorija hrane. Uredba Komisije (EU) 2017/2158 nalaže analizu uzorka primjenom odobrene analitičke metode za detekciju i kvantifikaciju. Metoda analize koja se upotrebljava za analizu akrilamida mora biti u skladu sa propisanim kriterijima učinkovitosti koje precizira Uredba 2017/2158, a koji uključuju primjenjivost, specifičnost, slijepe uzorke s terena, ponovljivost, obnovljivost, iskorištenje, granicu detekcije (LOD) i granicu kvantifikacije (LOQ). Suvremene metode temeljene na analitičkim tehnikama tekućinske kromatografije sa tandemskom masenom spektrometrijom bez ikakvih problema ispunjavaju zahtjeve EU u pogledu LOD i LOQ. Uzorci dostupni za izradu mišljenja analizirani su u ovlaštenim laboratorijima potvrdnom tehnikom tekućinske kromatografije sa tandemskom masenom spektrometrijom.

2.1.2. Koncentracije akrilamida

Za pojavnost akrilamida korišteni su podaci o koncentracijama akrilamida dobiveni u rezultatima analiza uzoraka hrane koji su prikupljeni tijekom provedbe monitoringa hrane 2020., 2021., 2022. i 2023. godine, sukladno Višegodišnjem nacionalnom planu službenih kontrola RH.

Podaci o koncentracijama akrilamida u uzorcima hrane ekstrahirani su iz sustava za prikupljanje i prijavu podataka Data Collection Framework (DCF), putem kojeg države članice Europske unije prikupljaju i prijavljuju nacionalne podatke Europskoj agenciji za sigurnost hrane.

Podaci su iz DCF-a ekstrahirani u modelu podataka Standard Sample Description verzija 2 (EFSA, 2013). Model podataka Standard Sample Description (SSD2) je format za opisivanje uzoraka hrane i hrane za životinje i analitičkih rezultata koji koriste države članice prilikom prikupljanja i prijave podataka EFSA-i. Model SSD2 nadopunjen je s modelom FoodEx2, standardiziranim sustavom za klasifikaciju i opisivanje hrane (EFSA, 2015). FoodEx2 sastoji se od opisa velikog broja pojedinačnih prehrambenih artikala agregiranih u grupe hrane i šire kategorije hrane u hijerarhijskom odnosu roditelj-dijete.

Tablica 2. Broj analiziranih uzoraka u razdoblju od 2020. - 2023. godine na prisutnost i koncentraciju akrilamida po kategorijama hrane prema FoodEx2 klasifikaciji na razini 1 te broj i udio uzoraka ispod granice kvantifikacije (LOQ)

Kategorija hrane	Broj uzoraka	Broj uzoraka ispod LOQ	Udio uzoraka ispod LOQ (%)
Kava, kakao, čaj i ostale infuzije	35	0	0
Kompozitna jela	126	18	14,29
Prehrambeni proizvodi za mlađu populaciju	43	30	69,77
Voće i proizvodi od voća	3	2	66,67
Žitarice i proizvodi od žitarica	255	104	40,78
Leguminoze, orašasti plodovi, uljarice i začini	8	5	62,50
UKUPNO	470	159	33,83

U Tablici 2. vidljivo je kako se akrilamid nalazi u koncentracijama ispod granice kvantifikacije u 159 uzoraka (33,83 %) od ukupno 470 uzoraka.

Najviše analiziranih uzoraka nalazilo se u kategorijama „Žitarice i proizvodi od žitarica“ i „Kompozitna jela“.

U kategoriji „Kava, kakao, čaj i ostale infuzije“ svi rezultati su iznad granice kvantifikacije, dok se najveći udio uzoraka ispod granice kvantifikacije nalazi u kategoriji „Prehrambeni proizvodi za mlađu populaciju“ (69,77 % uzoraka ispod LOQ).

Procesom kontrole kvalitete podataka od ukupno 470 uzorka iz daljnje procjene isključeno je 8 (1,7 %) dostupnih uzoraka iz četiri kategorije hrane zbog sljedećih razloga:

- „Kompozitna jela“ (1 uzorak) zbog premalog broja uzoraka za statističku analizu na razini 2;
- „Prehrambeni proizvodi za mlađu populaciju“ (4 uzorka) i „Kava, kakao, čaj i infuzije“ (1 uzorak) jer za te proizvode u prehrambenim navikama ne postoji prijavljena konzumacija;
- „Žitarice i proizvodi od žitarica“ (2 uzorka) zbog nedovoljno detaljnog opisa analiziranih uzoraka.

Uzorci iz kategorije „Kava, kakao, čaj i ostale infuzije“ (n = 35) obuhvaćali su 2 uzorka cikorije kao sastojka za kavu te 33 uzorka kave (mljevena i instant kava) (Prilog 1.). Iako je broj analiziranih uzoraka cikorije bio ograničen, u oba uzorka zabilježene su povišene koncentracije akrilamida. S obzirom na to da se proizvodi na bazi cikorije konzumiraju i u populaciji dojenčadi, male djece i djece do 10 godina starosti (Tablica 4.), uzorci cikorije uključeni su u procjenu izloženosti za sve dobne kategorije.

U daljnju obradu uključena su 462 uzorka.

Lijevo cenzorirani podaci (eng. *Left-Censored Data*, LCD) [rezultati ispod granice detekcije (eng. *Limit of Detection*, LOD) ili LOQ] obrađeni su metodom zamjene kako je preporučeno u priručniku „*Principles and methods for the risk assessment of chemicals in food*“ (WHO/FAO, 2009). Ista metoda navedena je u znanstvenim izvješćima EFSA-e (EFSA, 2010; 2018) kao opcija u pristupanju lijevo cenzoriranim podacima. Za uključivanje podataka ispod granice kvantifikacije u daljnju obradu koristi se pristup s tri granice izloženosti (minimalna (LB), srednja (MB) i maksimalna (UB)):

- LB pristup (eng. *Lower Bound*): rezultati < LOQ-a zamijenjeni su vrijednošću nula;
- MB pristup (eng. *Middle Bound*): rezultati < LOQ-a su zamijenjeni s polovinom vrijednosti LOQ-a;
- UB pristup (eng. *Upper Bound*): rezultati < LOQ-a su zamijenjeni s punom vrijednošću LOQ-a (WHO/FAO, 2009; EFSA, 2010b).

Iz Tablice 3. uočava se kako je najveća prosječna koncentracija akrilamida od 373,37 µg/kg za LB – UB pristup određena u kategoriji hrane „Kava, kakao, čaj i ostale infuzije“, zatim u kategoriji „Kompozitna jela“ (259,51 – 264,75 µg/kg za LB – UB pristup), dok je nešto manja koncentracija određena u kategoriji „Žitarice i proizvodi od žitarica“ (106,07 – 121,86 µg/kg za LB – UB pristup).

Tablica 3. Deskriptivna statistička analiza podataka o koncentracijama akrilamida u kategorijama hrane prema FoodEx2 klasifikaciji na razini 1 po različitim pristupima (LB, MB, UB)

Kategorija hrane	N ^(a)	LB ^(b) µg /kg						MB ^(b) µg /kg						UB ^(b) µg /kg					
		prosječna vrijednost	SD	min	max	medijan	P95 ^(c)	prosječna vrijednost	SD	min	max	medijan	P95 ^(c)	prosječna vrijednost	SD	min	max	medijan	P95 ^(c)
Kava, kakao, čaj i ostale infuzije	34	373,37	252,40	84,9	1325,34	292,48	809,97	373,37	252,40	84,9	1325,34	292,48	809,97	373,37	252,40	84,9	1325,34	292,48	809,97
Kompozitna jela	125	259,51	258,36	0	1331,4	179,21	733,82	262,13	255,83	7,5	1331,4	179,21	733,82	264,75	253,54	15	1331,4	179,21	733,82
Prehrambeni proizvodi za mlađu populaciju	39	24,26	42,81	0	144	0	123,63	34,19	37,84	7,5	144	24	123,63	44,13	34,93	15	144	40	123,63
Voće i proizvodi od voća	3	73,20	126,79	0	219,6	0	-	78,2	122,46	7,5	219,6	7,5	-	83,2	118,13	15	219,6	15	-
Žitarice i proizvodi od žitarica	253	106,07	157,32	0	939	55	373,8	113,96	152,27	7,5	939	55	373,8	121,86	147,83	15	939	55	373,8
Leguminoze, orašasti plodovi, uljarice i začini	8	21,13	29,18	0	59	0	-	30,19	22,86	7,5	59	25	-	39,25	20,29	15	59	50	-

(a) N - broj uzoraka

(b) LB - Lower Bound; MB - Middle Bound; UB - Upper Bound

(c) P95 - 95. percentil je računat u kategorijama hrane u kojima je broj uzoraka 20 ili više

2.1.3. Podaci o prehranbenim navikama

Kako bi utvrdili prehrambene navike opće populacije u RH, HAPIH je u suradnji s partnerima (Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Prehrambeno-biotehnološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu i Hrvatski zavod za javno zdravstvo) proveo dva nacionalna istraživanja o prehranbenim navikama sukladno EFSA-inom vodiču za *EU Menu* metodologiju (EFSA, 2014). Podaci iz provedenih istraživanja mogu se pronaći na HAPIH-ovoj mrežnoj stranici¹.

Nacionalno istraživanje na populaciji djece u dobi od 3 mjeseca do 9 godina (HAPIH, 2017. - 2022.) provedeno je na uzorku od 1820 ispitanika, dok je nacionalno istraživanje na populaciji dobi od 10 do 99 godina provedeno na uzorku od 1913 ispitanika (HAPIH, 2018. – 2023.). Za potrebe ove procjene koriste se slijedeće dobne kategorije:

- dojenčad (≥ 3 mjeseca do < 1 godina) - 322 ispitanika;
- mala djeca (≥ 1 godina do < 3 godine) - 535 ispitanika;
- ostala djeca (≥ 3 godine do < 10 godina) - 963 ispitanika;
- adolescenti (≥ 10 godina do < 18 godina) - 258 ispitanika.

Unos hrane zabilježen je metodom dnevnika prehrane na populaciji djece u dobi od 3 mjeseca do 9 godina, odnosno 24-satnog prisjećanja na populaciji dobi od 10 do 99 godina, a podaci su integrirani u posebno dizajniran NutriCro[®] softver nakon validacije od strane koordinатора na istraživanju.

U oba istraživanja reprezentativni uzorci bili su stratificirani prema dobi, spolu i regiji. Podaci su prikupljeni tijekom svih godišnjih doba i svih dana u tjednu kako bi se obuhvatile sezonske i dnevne varijacije u prehranbenom unosu. Uz podatke o konzumaciji hrane, prikupljeni su i podaci o socioekonomskim obilježjima, antropometrijskim mjerama, zdravstvenom statusu, tjelesnoj aktivnosti te upotrebi dodatka prehrani. Za svakog ispitanika zabilježena su dva dana unosa hrane, pri čemu je prvi dan prikupljen licem u lice ili online, a drugi telefonskim putem, uz minimalni razmak od tjedan dana između dva intervjua. Dodatno, na populaciji djece za svaku konzumiranu namirnicu je prikupljena i učestalost konzumacije u proteklih mjesec dana, dok na populaciji dobi od 10 do 99 godina u proteklih godinu dana.

Kao i kod podataka o koncentracijama, u prehranbenim navikama hrana je podijeljena u kategorije prema EFSA-inom FoodEx2 sustavu klasifikacije (EFSA, 2015).

Za daljnje analize u obzir su uzeti samo ispitanici koji su prijavili konzumaciju barem jedne kategorije hrane za koju su dostupni rezultati koncentracija akrilamida. U dobnoj kategoriji dojenčad konzumaciju relevantnih kategorija hrane prijavilo je 113 ispitanika (35,09 % populacije). U preostalim dobnim kategorijama većina populacije prijavila je konzumaciju ispitivanih kategorija hrane, uključujući 519 ispitanika u dobnoj kategoriji mala djeca (97,01 %), 961 ispitanik u kategoriji ostala djeca (99,79 %) te 256 ispitanika kod adolescenata (99,22 %).

Deskriptivna statistička analiza podataka o prehranbenim navikama po kategorijama hrane prema FoodEx2 klasifikaciji na razini 1 za sve dobne kategorije prikazana je u Tablici 4.

¹ [EFSA-ina baza podataka o prehranbenim navikama](https://www.efsa.europa.eu/en/bases-data-prevalence-nutrition-habit) – Hrvatska agencija za poljoprivredu i hranu

Deskriptivna statistička analiza izračunata je samo za kategorije hrane čiju konzumaciju je prijavilo 3 i više konzumenata.

Tablica 4. Deskriptivna statistička analiza podataka o prehranbenim navikama po kategorijama hrane prema FoodEx2 klasifikaciji na razini 1 (g/dan) za dobne kategorije dojenčad, mala djeca, ostala djeca i adolescenti

Kategorija hrane	N ^(a)	min	prosječna vrijednost	max	P95 ^(b)	medijan	SD
g/dan							
Dojenčad							
Kava, kakao, čaj i ostale infuzije	1	-	-	-	-	-	-
Kompozitna jela	37	0,36	6,25	41,96	18,05	2,82	8,28
Prehrambeni proizvodi za mlađu populaciju	67	0,54	13,75	72,60	41,45	9,36	14,56
Žitarice i proizvodi od žitarica	66	0,02	8,94	67,22	35,63	3,70	13,01
Leguminoze, orašasti plodovi, uljarice i začini	1	-	-	-	-	-	-
Mala djeca							
Kava, kakao, čaj i ostale infuzije	8	0,11	1,30	3,37	-	1,06	1,07
Kompozitna jela	195	0,04	9,55	81,16	39,96	4,50	12,58
Prehrambeni proizvodi za mlađu populaciju	212	0,24	15,71	106,40	51,88	10,16	17,44
Voće i proizvodi od voća	7	0,20	2,94	8,60	-	1,60	3,44
Žitarice i proizvodi od žitarica	497	0,03	24,25	115,22	66,60	18,25	21,75
Leguminoze, orašasti plodovi, uljarice i začini	6	0,16	2,42	5,60	-	2,41	2,10
Ostala djeca							
Kava, kakao, čaj i ostale infuzije	23	0,04	1,51	5,50	3,64	1,20	1,29
Kompozitna jela	444	0,08	16,35	159,00	47,22	10,50	19,14
Prehrambeni proizvodi za mlađu populaciju	278	0,08	15,94	97,50	45,00	11,88	14,64
Voće i proizvodi od voća	2	-	-	-	-	-	-
Žitarice i proizvodi od žitarica	954	0,35	44,61	215,04	112,08	36,75	34,38
Leguminoze, orašasti plodovi, uljarice i začini	23	0,06	3,81	14,40	12,80	1,60	4,67
Adolescenti							
Kava, kakao, čaj i ostale infuzije	24	0,0007	10,44	40,74	30,17	6,98	10,16
Kompozitna jela	148	0,08	30,01	144,59	100,25	21,39	28,92

Prehrambeni proizvodi za mlađu populaciju	42	0,78	20,81	126,00	59,10	15,94	23,95
Voće i proizvodi od voća	1	-	-	-	-	-	-
Žitarice i proizvodi od žitarica	251	0,38	78,14	391,15	187,66	66,56	60,37
Leguminoze, orašasti plodovi, uljarice i začini	3	0,57	1,36	1,98	-	1,53	0,72

(a) - broj konzumenata

(b) - P95 - 95. percentil je računat u kategorijama hrane u kojima je broj uzoraka 20 ili više

Iz Tablice 4. vidljivo je kako unos kategorije „Žitarice i proizvodi od žitarica“ raste s dobi, pri čemu adolescenti imaju najveći prosječni unos (78,14 g/dan). U skladu s tim, konzumacija kategorije „Kompozitna jela“ koja doprinosi unosu akrilamida udvostručuje se kod adolescenata u odnosu na ostalu djecu te gotovo utrostručuje u odnosu na malu djecu. Također, u dobnoj kategoriji adolescenata zabilježen je porast unosa kategorije „Kava, kakao, čaj i ostale infuzije“ u odnosu na mlađe dobne kategorije.

Nasuprot tome, kategorija „Prehrambeni proizvodi za mlađu populaciju“ ima najveći doprinos ukupnom unosu promatranih kategorija kod dojenčadi, dok s dobi konzumacija opada. Zbog malog broja konzumenata kategorija „Voće i proizvodi od voća“ prikazana je jedino kod male djece (7 ispitanika; 2,94 g/dan), dok podaci za kategoriju „Leguminoze, orašasti plodovi, uljarice i začini“ nisu prikazani jedino kod adolescenata.

2.2. Metodologija procjene izloženosti

S obzirom na dugo vrijeme poluživota u ljudskom organizmu, potencijalno štetni učinak akrilamida posljedica je dugotrajne izloženosti te se zbog toga računala kronična izloženost djece i adolescenata u RH (EFSA, 2012).

Za procjenu izloženosti uzimala se prosječna vrijednost koncentracije akrilamida pri LB, MB i UB pristupu za pojedinu grupu hrane na razini 2 prema FoodEx2 klasifikaciji i prosječna dnevna konzumacija odgovarajuće hrane za svakog pojedinog konzumenta na najnižoj razini na kojoj je prijavljena, a da najtočnije opisuje tu hranu, te njegova tjelesna masa.

Za izračun izloženosti korištena je slijedeća formula (WHO, 2009):

$$\text{izloženost} = \frac{\text{prosječna dnevna konzumacija} \times \text{prosječna vrijednost koncentracije}}{\text{tjelesna masa}}$$

Dobivene vrijednosti izloženosti izražene su kao prosječna vrijednost, standardna devijacija, medijan i raspon.

Dobivena izloženost uspoređena je s utvrđenim toksikološkim referentnim točkama. S obzirom da su za akrilamid kao toksikološke referentne točke postavljene BMDL vrijednosti (eng. *Benchmark dose lower confidence limit*) za dva kritična učinka akrilamida u organizmu, za potrebe procjene rizika od akrilamida za zdravlje ljudi primijenjen je MOE pristup (eng. *Margine of Exposure*). MOE vrijednost se dobije dijeljenjem postavljenih BDML vrijednosti s izračunatom prosječnom vrijednosti izloženosti (EFSA, 2010a).

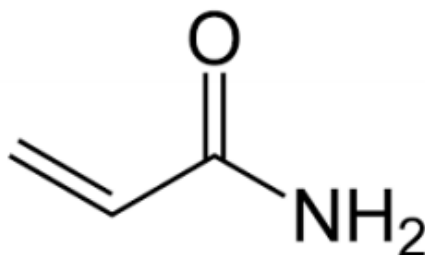
Obrada podataka provedena je pomoću programskog jezika R i Microsoft® Excel® za Microsoft 365 MSO (verzija 2506 64-bitna verzija 16.0.18925.20076).

3. Procjena rizika

3.1. Identifikacija opasnosti

Akrilamid ili prop-2-enamid važan je kemijski spoj u industrijama koje ga ponajviše koriste za proizvodnju polimera i kopolimera. Između ostalog sinonimi su prop-2-enamid, akrilni amid i etilen karboksamid. Akrilamid je organski spoj niske molekularne mase (Slika 1.), u čistom obliku se nalazi kao bijeli kristal, bez mirisa, na 30 °C je dobro topljiv u vodi i polarnim otapalima (metanol, etanol i aceton), a manje je topljiv u kloroformu i benzenu. Stabilan je na sobnoj temperaturi, ali lako polimerizira ako se zagrije do tališta ili ako je izložen ultraljubičastom zračenju. U hrani nastaje kao nusproizvod prilikom pečenja ili prženja hrane na temperaturama iznad 120 °C, kako u industriji tako i u domaćinstvu. Francuski kemičar Maillard ustanovio je još 1912. godine da se bjelancevine i šećeri pod utjecajem visoke temperature spajaju u nove spojeve, pri čemu nastaju pigmenti i aromatične tvari (tamna boja pečenih proizvoda, hrskavost, specifičan okus pečenog proizvoda) zbog čega dolazi do "posmeđivanja hrane" i promjene okusa i mirisa hrane. Maillardovom reakcijom nastaje i akrilamid, a glavni mehanizam stvaranja akrilamida u hrani je kemijska reakcija slobodne aminokiseline asparagina, koja se nalazi u velikom broju žitarica i krumpiru, s reducirajućim šećerima (npr. glukoza, fruktoza) (EFSA, 2015). Količini nastalog akrilamida doprinosi i prisutnost nekih drugih aminokiselina, kao i procesni uvjeti kao što su visoka temperatura, niska vlažnost, pH, sadržaj vode te višekratna upotreba ulja za pečenje, pri čemu se reakcija prvenstveno odvija na površini zagrijavane namirnice. Tako se akrilamid u kruhu prvenstveno formira u kori, uz vrlo male ili nikakve koncentracije u sredini kruha. Kuhanje i mikrovalno zračenje dovode do nastanka znatno manjih količina akrilamida i može se reći da su tako nastale količine akrilamida zanemarive s obzirom na one nastale pečenjem i prženjem (HAPIH, 2013). Osim Maillardovom reakcijom, akrilamid može nastati i nekim alternativnim mehanizmima: dehidracijom glicerola iz masti kod visokih temperatura, enzimatskom dekarboksilacijom asparagina, termičkom degradacijom dipeptida karnozina iz mesa te polipeptida iz brašna koji zahtijevaju nešto višu temperaturu nego Maillardova reakcija (Vasić – Rački i sur., 2010). Općenito se može reći da što je pržena hrana tamnije boje (zagoreni tost, tamniji čips), veća je koncentracija akrilamida (HAPIH, 2013). Bitno je istaknuti kako je akrilamid prirodni nusprodukt prethodno navedenih reakcija pri visokim temperaturama, odnosno procesni kontaminant.

Međutim, tek 2002. godine, grupa švedskih znanstvenika je otkrila njegovu prisutnost u hrani. Prije ovoga otkrića, hrana se nije ispitivala na prisutnost akrilamida zato što se on ne dodaje hrani niti je bio poznat kao komponenta hrane (HAPIH, 2013). Do ovog otkrića se došlo sasvim slučajno kada su radnici u Švedskoj, koji su sudjelovali u nesreći koja je uključivala izloženost akrilamidu, bili podvrgnuti testiranju krvi. Naime, tada su se otkrile koncentracije akrilamida i u kontrolnoj grupi. Ovo otkriće je dovelo do istraživanja drugih mogućih izvora izloženosti i fokus je pao na hranu pri čemu se otkrilo da se akrilamid formira u krumpirima kada ih se zagrijava na temperaturama iznad 120 °C. Uzorci komercijalno dostupnih prehrambenih proizvoda u Švedskoj su dalje analizirani te se akrilamid otkrio u mnogima od njih, a posebno u namirnicama bogatim ugljikohidratima koje su bile zagrijavane na visokim temperaturama.



Slika 1. Strukturna formula akrilamida

S obzirom na to da je akrilamid spoj koji vrlo lako može dospjeti u organizam čovjeka, istražuju se načini smanjenja njegove količine u hrani te se preporučuju vrijednosti najvećih dopuštenih razina akrilamida u hrani.

3.1.1. Utjecaj obrade hrane na razinu akrilamida

Akrilamid nastaje tijekom toplinske obrade hrane pri visokim temperatura i niskom udjelu vode, u ovisnosti o vremenu trajanja procesa obrade namirnice. Stoga nije prisutan u neprerađenoj hrani i kuhanim namirnicama, već u onima koje se prže, peku ili tostiraju na temperaturama višima od 120 °C (EFSA, 2015; Mesias i sur., 2022). Osim procesa obrade hrane, i vrsta hrane igra važnu ulogu u njegovu stvaranju, osobito prisutnost prekursora nastanka akrilamida kao što su asparagin i reducirajući šećeri (glukoza, fruktoza, maltoza).

Najznačajnija skupina prehrambenih proizvoda koji doprinose unosu akrilamida u populaciji djece i adolescenata su žitarice i proizvodi iz žitarica. Tu se posebno ističu žitarice za doručak, kruh i peciva te fini pekarski proizvodi (Acrylamide toolbox, 2019). Koncentracija prekursora asparagina znatno varira s obzirom na vrstu žitarice, agronomske prakse i klimatske uvjete. U obradi i preradi žitarica, temperatura i udio vode određuju intenzitet stvaranja akrilamida (Mesias i sur., 2022). Primjerice, hrskavi kruh sadržavat će manje akrilamida ako je prisutan viši udio vode te ako se temperatura pečenja smanji, a vrijeme produži (EFSA, 2015). Nizak sadržaj vode smanjuje topljivost i pokretljivost prekursora, čime se usporava nastanak akrilamida (Mesias i sur., 2022). Žitarice za doručak proizvedene ekstruzijom, prženjem, pečenjem i tostiranjem na visokim temperaturama mogu sadržavati povišene razine akrilamida. Vrsta žitarica i ostali sastojci u recepturi utječu na količinu stvorenog akrilamida, pri čemu proizvodi od kukuruza i riže obično sadrže manje akrilamida od proizvoda na bazi pšenice, raži, ječma i zobi. Budući da se asparagin većim dijelom nalazi u ovojnici zrna, proizvodi od cjelovitih žitarica ili s višim udjelom posija mogu sadržavati više akrilamida. Dodaci kao što su prženi/pečeni orašasti plodovi i suho voće (npr. šljive) također mogu utjecati na razine stvorenog akrilamida (Acrylamide toolbox, 2019). Korištenje amonijevog karbonata ili bikarbonata kao sredstava za dizanje tijesta u finim pekarskim proizvodima povećava stvaranje akrilamida, budući da amonijak potiče razgradnju šećera i stvaranje reaktivnih karbonilnih grupa koje sudjeluju u Maillardovoj reakciji. Iako kruh ne sadrži visoke razine akrilamida, njegova učestala konzumacija čini ga važnim izvorom izloženosti. Više od 99 % akrilamida koncentrirano je u kori jer sredina kruha tijekom pečenja ne prelazi temperaturu od 100 °C. Tostiranjem kruha se stvaraju novi uvjeti za nastanak akrilamida, pri čemu blago tostiranje rezultira nižim razinama akrilamida u usporedbi s jačim tostiranjem (EFSA, 2015).

Drugu značajnu skupinu izvora akrilamida u prehrani djece i adolescenata čine kompozitna jela, uključujući pečeni i prženi krumpir, čips proizvode, flipseve, snack tortilje, krokete od krumpira i dr. Cjelovit pristup „od polja do stola“ ključan je za postizanje minimalnih mogućih razina akrilamida u proizvodima na bazi krumpira. Agronomski čimbenici – uključujući odabir sorti, primjenu gnojiva, navodnjavanje te postupke rukovanja nakon berbe (npr. temperatura i trajanje skladištenja) značajno utječu na koncentraciju prekursora akrilamida. Predprocesiranje, poput blanširanja uz dodatak soli, organskih kiselina, hidrokoloida, asparaginaze, polifenola ili probiotika, može značajno smanjiti razinu akrilamida, pod uvjetom da se optimiziraju procesni parametri i koncentracije dodataka bez narušavanja senzorskih svojstava proizvoda. Dodatne strategije na razini prerade uključuju smanjenje koncentracije prekursora namakanjem u otopinama (npr. limunske kiseline, otopinama soli), definiranje sortno-specifičnih procesnih parametara (temperatura i vrijeme), unaprjeđenje dizajna i učinkovitosti opreme te izbjegavanje ulja bogatih polinezasićenim masnim kiselinama, kao i višestruke upotrebe ulja za prženje. Priprema proizvoda od krumpira u kućanstvima i ugostiteljstvu, s druge strane, još je uvijek nedovoljno istražena, što rezultira ograničenom dostupnošću podataka o razinama akrilamida u jelima pripremljenim u kućnim uvjetima (Kumari i sur., 2022).

3.2. Karakterizacija opasnosti

Glavno pitanje od globalnog interesa odnosi se na unos akrilamida putem uobičajene prehrane, pri čemu takav unos može dovesti do učinaka štetnih po ljudsko zdravlje, posebice potencijalno povećati rizik od nastanka raka. Kako se akrilamid dugi niz godina koristi kao industrijska kemikalija, njegova toksikološka djelovanja su opsežno proučavana, a obzirom da vrlo lako može dospjeti u organizam čovjeka, ali i životinja, nužno je razumjeti njegov toksični i mogući karcinogeni učinak. EFSA je 2015. godine u svom mišljenju navela kako dokazi iz pokusa na životinjama pokazuju da su akrilamid i njegovi metaboliti genotoksični i karcinogeni jer oštećuju DNA. Nakon oralnog uzimanja akrilamid se apsorbira iz gastrointestinalnog trakta i distribuira u sve organe. Opsežno se metabolizira, uglavnom konjugacijom s glutationom, ali i epoksidacijom u glicidamid. Smatra se da upravo stvaranje glicidamida predstavlja preduvjet genotoksičnosti i karcinogenosti akrilamida. Glicidamid je primarni metabolit akrilamida i epoksid koji lako reagira s DNA. Zbog svoje male molekularne mase akrilamid se brzo i lako apsorbira u crijevima te zatim, putem krvožilnoga sustava, distribuira po organizmu.

Što se unosa hranom tiče najosjetljiviji dio populacije su djeca i osobe sklone unosu velikih količina pečene i pržene hrane. Međutim, hrana nije jedini izvor izloženosti akrilamidu jer je on prisutan i u dimu cigareta. Smatra se kako su pušači više izloženi akrilamidu iz dima cigareta nego iz hrane, a on predstavlja i izvor izloženosti za nepušače (pasivno pušenje). Također, akrilamid ima široku paletu industrijskih neprehrambenih namjena, dakle, neke osobe mogu biti izložene akrilamidu na radnom mjestu apsorpcijom putem kože ili inhalacijom. Izravna izloženost višim dozama akrilamida putem dišnog sustava, kože ili očiju, uzrokuje iritaciju te također može izazvati znojenje, nekontrolirano mokrenje, mučninu, bolove u mišićima, poremećaje govora, gubitak osjeta itd. (IPCS, 1991). Smrtni slučajevi među sličnim grupama radnika izloženih akrilamidu (zaposlenih između 1925. i 1976. god.) u 4 tvornice (tri u SAD-u i jedna u Nizozemskoj), bili su predmet istraživanja. Iako je zabilježena slaba naznaka povećane pojavnosti nastanka raka gušterače i Hodgkinove bolesti, nisu prikupljeni dokazi koji bi ukazivali na statistički značajno povećanje smrtnosti. Ovo je dovelo do zaključka da postoji

malo dokaza za uzročnu vezu između izloženosti akrilamidu i obolijevanja od raka (Dybing i Sanner, 2003).

EFSA-in Odbor za kontaminante je u svom znanstvenom izvješću, 2015. godine identificirao četiri kritične krajnje točke toksičnosti akrilamida: neurotoksične učinke, učinke na muški reproduktivni sustav, razvojnu toksičnost i karcinogenost. Obzirom kako Odbor nije raspolagao s prikladnim podacima iz humanih istraživanja za procjenu vrijednosti „doza-odgovor“, referentne vrijednosti su uspostavljene iz podataka dobivenih studijama na ispitivanim životinjama. Najniža BMDL₁₀ vrijednost iznosila je 430 µg/kg t.m. po danu, a izvedena je iz podataka o incidenciji periferne živčane (sciotske) aksonalne degeneracije kod muških F344 štakora izloženih akrilamidu u pitkoj vodi kroz dvije godine. Navedena vrijednost predstavlja referentnu točku za ne-neoplastične učinke. Temeljem činjenice da je ova vrijednost BMDL₁₀ manja od vrijednosti NOAEL (eng. *No-observed-adverse-effect-level*) od oko 2 mg/kg t.m. po danu za štetne učinke na muške reproduktivne parametre i 1,0 mg/kg t.m. po danu za razvojnu toksičnost, Odbor je zaključio da je korištenje vrijednosti BMDL₁₀ kao referentne točke za neurotoksičnost konzervativno pri razmatranju mogućih ne-neoplastičnih učinaka akrilamida (EFSA, 2015).

Za neoplastične učinke, kao referentna točka odabrana je vrijednost 170 µg/kg t.m. po danu izvedena kao najniža vrijednost BMDL₁₀ iz podataka o incidenciji adenoma i adenokarcinoma Harderove žlijezde u muškim B6C3F1 miševima izloženim akrilamidu kroz dvije godine. Harderova žlijezda je odsutna kod ljudi, ali je kod glodavaca taj organ osjetljiv i služi kao ciljano tkivo za otkrivanje spojeva koji su i genotoksični i karcinogeni. Iako se ciljano tkivo za stvaranje tumora od strane genotoksičnog karcinogena može razlikovati kod glodavaca i ljudi, Harderova žlijezda, kao osjetljivo ciljano tkivo u biotestovima glodavaca, smatra se konzervativnom krajnjom točkom za procjenu rizika za neoplastične učinke akrilamida kod ljudi (EFSA, 2015). Činjenica da su akrilamid i njegov metabolit glicidamid pozitivni u različitim testovima genotoksičnosti i ukazuje na to da je prisutnost akrilamida zabrinjavajuća s obzirom na genotoksičnost, Odbor je zaključio kako je uspostava vrijednosti podnošljivog dnevnog unosa (eng. *Tolerable daily intake*, TDI) neprikladna u pogledu zaštite zdravlja potrošača.

S obzirom na navedeno u svrhu procjene rizika za akrilamid se koristi izračun granice izloženosti tj. MOE (eng. *Margin of Exposure*). MOE se računa kao omjer BMDL₁₀ i procijenjenog unosa kontaminanta. Vrijednosti MOE (temeljene na BMDL₁₀) iznad 10 000, smatraju se vrijednostima niske zabrinutosti (EFSA, 2015).

Vezano uz procjenu genotoksičnosti akrilamida EFSA je 2022. godine na zahtjev Europske komisije izdala novo mišljenje. Za potrebe izrade tog dokumenta stručnjaci su ponovno pregledali sve relevantne publikacije iz mišljenja objavljenog 2015. godine, kao i nekolicinu novih studija koje su objavile pozitivne rezultate o klastogenim i mutagenim svojstvima akrilamida i njegovog aktivnog metabolita glicidamida. DNA adukti glicidamida inducirani su izlaganjem pokusnih životinja akrilamidu, a primijećeni su i kod ljudi. Uz genotoksičnost akrilamida postoje dokazi i za sekundarnu oksidaciju DNA putem stvaranja reaktivnih kisikovih spojeva kao i za negenotoksične učinke koji mogu pridonijeti karcinogenezi akrilamida. Ove nove studije proširile su informacije koje je EFSA-in Odbor za kontaminante procijenio u mišljenju iz 2015. godine i potvrdile njegove zaključke (EFSA, 2022). To je mišljenje primijenilo

pristup granice izloženosti (MOE) za karakterizaciju rizika od neoplastičnih učinaka akrilamida sukladno Smjernicama EFSA-e za tvari koje su i genotoksične i karcinogene. Na temelju novih procijenjenih podataka pristup MOE i dalje se smatra prikladnim, a ažuriranje mišljenja iz 2015. godine trenutno nije potrebno (EFSA, 2022).

Ako se u svrhu karakterizacije akrilamida pogledaju i podaci Europske agencije za kemikalije (eng. *European Chemicals Agency*, ECHA), uočava se kako je on razvrstan kao tvar otrovna ako se proguta, štetna udisanjem i u dodiru s kožom, nadražujuća za kožu i oči, kao tvar koja izaziva preosjetljivost kože i uzrokuje oštećenje organa tijekom produljene ili ponavljane izloženosti te kao tvar koja može izazvati genetska oštećenja, može uzrokovati rak i sa sumnjom na moguće štetno djelovanje na plodnost.

Prema podacima baze Meditext® - Medical Management, toksični učinci akrilamida ovise o trajanju, ukupnoj dozi i brzini izloženosti. Učinci akutne izloženosti visokim dozama (npr. zbunjenost, halucinacije, dezorijentacija, nekoordiniranost, drhtanje te napadaji s kardiovaskularnim kolapsom) mogu nastupiti s odgodom od nekoliko sati. Periferna neuropatija može se pojaviti nekoliko tjedana nakon značajne akutne i/ili kronične izloženosti. Kod subakutne toksičnosti (izloženost tijekom nekoliko dana do tjedana), i ako je koncentracija dovoljna, može doći do pojave pospanosti, gubitka koncentracije, trunkalne ataksije i zadržavanja urina. Neurotoksični učinci mogu uključivati slabost mišića, utrnulost udova i ekstremiteta, trnce u prstima, poteškoće s govorom, nestabilnost, drhtanje, umor, poteškoće s pamćenjem. Pretjerano znojenje također je uobičajeno nakon izlaganja. Dermalni kontakt uobičajen je način izlaganja i može rezultirati iritacijom kože s utrnulošću, trncima, mjehurićima i ljuštenjem pri izravnom kontaktu s visokim koncentracijama. Oštećenje vida i iritacija očiju također se javljaju kod značajnog izlaganja. Udisanje može izazvati kašalj i bol u grlu. Gutanje, najrjeđi način, može uzrokovati bolove u trbuhu. Pri kroničnom izlaganju dovoljnoj koncentraciji, simptomi su pretežno gubitak dubokih tetivnih refleksa, mišićna slabost i trošenje, distalna obamrlost ekstremiteta i parestezije. Pretjerano znojenje i ekfolijativni osip također su uobičajeni kod kronične izloženosti. Potpuni oporavak tijekom nekoliko tjedana do mjeseci može se očekivati s blagim simptomima, uključujući produljenu slabost, no u slučajevima teške izloženosti visokim dozama može doći do postupnog i nepotpunog oporavka s rezidualnom ataksijom, gubitkom refleksa, distalnom slabošću ekstremiteta i senzornim poremećajima.

Međunarodna agencija za istraživanje raka je temeljem studija na životinjama klasificirala akrilamid u grupu 2A, kao tvar koja je „vjerojatno karcinogena za ljude“ (IARC Monographs, 1994).

3.3. Procjena izloženosti

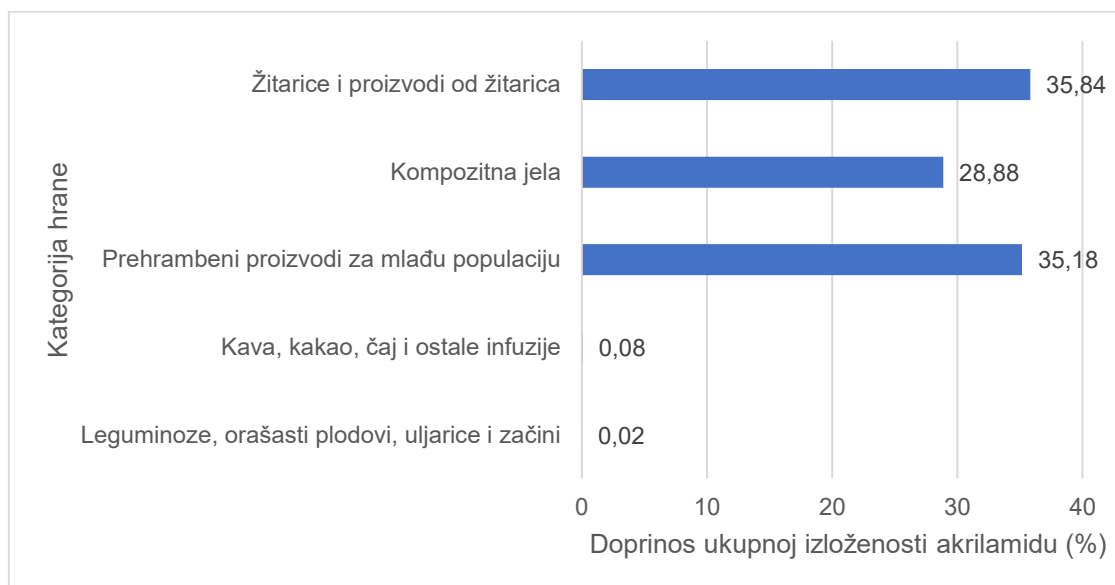
Potencijalno štetni učinak akrilamida posljedica je dugotrajne izloženosti te se stoga računala kronična izloženost za sljedeće dobne kategorije: dojenčad, mala djeca, ostala djeca i adolescenti. Dobiveni rezultati prikazani su u Tablici 5.

Tablica 5. Rezultati procjene izloženosti akrilamidu pri LB, MB i UB pristupu za ciljane dobne kategorije u RH

		prosječna vrijednost	SD	min	max	P95	medijan
µg /kg t.m. /dan							
Dojenčad	LB	0,082	0,123	0,00003	0,942	0,301	0,038
	MB	0,098	0,141	0,0001	1,074	0,352	0,053
	UB	0,114	0,159	0,0001	1,207	0,410	0,061
Mala djeca	LB	0,190	0,190	0,0003	1,419	0,499	0,135
	MB	0,215	0,204	0,0006	1,459	0,557	0,155
	UB	0,240	0,219	0,0009	1,498	0,619	0,179
Ostala djeca	LB	0,197	0,186	0,0002	2,447	0,542	0,148
	MB	0,220	0,199	0,0004	2,496	0,595	0,171
	UB	0,244	0,212	0,0006	2,545	0,645	0,190
Adolescenti	LB	0,144	0,116	0,0003	0,671	0,361	0,125
	MB	0,161	0,124	0,0005	0,695	0,416	0,140
	UB	0,178	0,133	0,0007	0,718	0,445	0,157

Iz Tablice 5. vidljivo je kako se prosječna izloženost kreće od 0,082 µg/kg t.m./dan na LB pristupu za dojenčad do 0,244 µg/kg t.m./dan na UB pristupu za ostalu djecu, dok se P95 izloženosti kreće se od 0,301 µg/kg t.m./dan na LB pristupu za dojenčad do 0,645 µg/kg t.m./dan na UB pristupu za ostalu djecu.

Doprinosi pojedinih kategorija hrane ukupnoj izloženosti ovisno o dobnoj kategoriji prikazani su na Slikama 2. – 5.

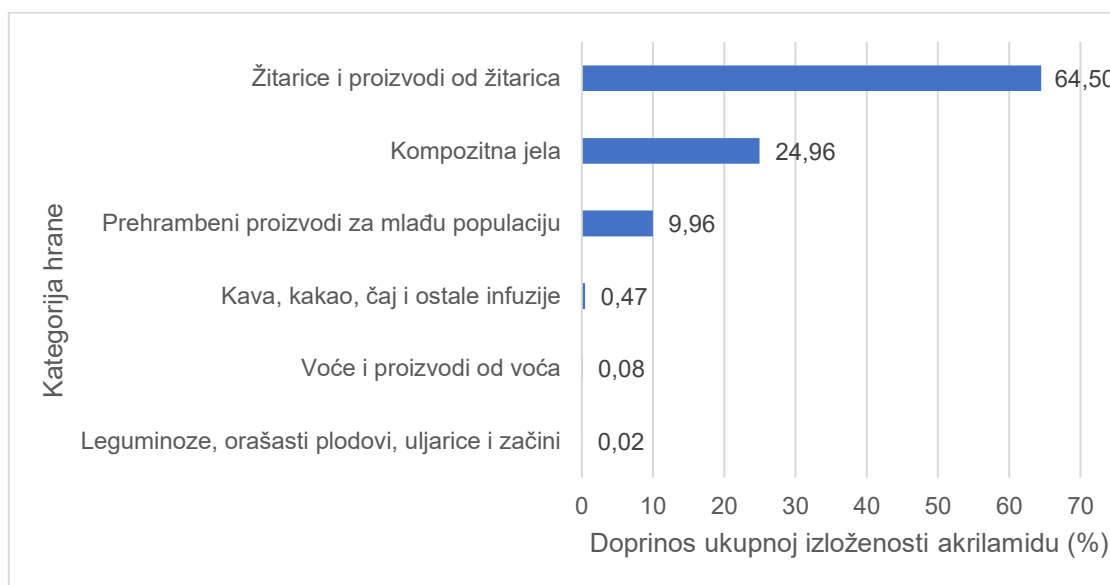


Slika 2. Doprinosi pojedinih kategorija hrane ukupnoj izloženosti akrilamidu za dojenčad (MB)

Iz Slike 2. uočava se kako su kod dobne kategorije „dojenčad“ najvažniji izvor akrilamida u prehrani proizvodi iz kategorije „Žitarice i proizvodi od žitarica“ (35,84 %), slijede kategorije

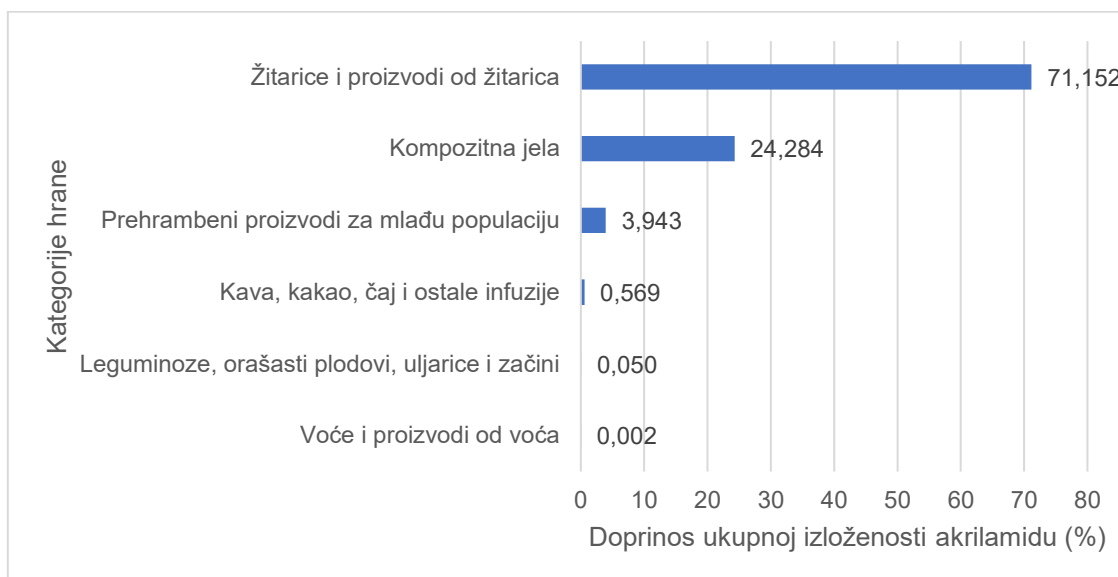
„Prehrambeni proizvodi za mlađu populaciju“ (35,18 %) i „Kompozitna jela“ (28,88 %). Znatno manji doprinos imaju kategorije „Kava, kakao, čaj i ostale infuzije“ (0,08 %) i „Leguminoze, orašasti plodovi, uljarice i začini“ (0,02 %).

Veliki doprinos ukupnoj izloženosti iz kategorija „Žitarice i proizvodi od žitarica“ i „Prehrambeni proizvodi za mlađu populaciju“ posljedica su veće konzumacije proizvoda iz navedenih kategorija nego što na to utječu koncentracije akrilamida. Iz Tablice 3. uočava se kako su prosječne koncentracije (MB) u kategorijama „Žitarice i proizvodi od žitarica“ (113,96 µg/kg) i „Prehrambeni proizvodi za mlađu populaciju“ (34,19 µg/kg) niže u odnosu na kategoriju „Kava, kakao, čaj i ostale infuzije“ (373,37 µg/kg) (vidi poglavlje [2.1.2. Koncentracije akrilamida](#)).



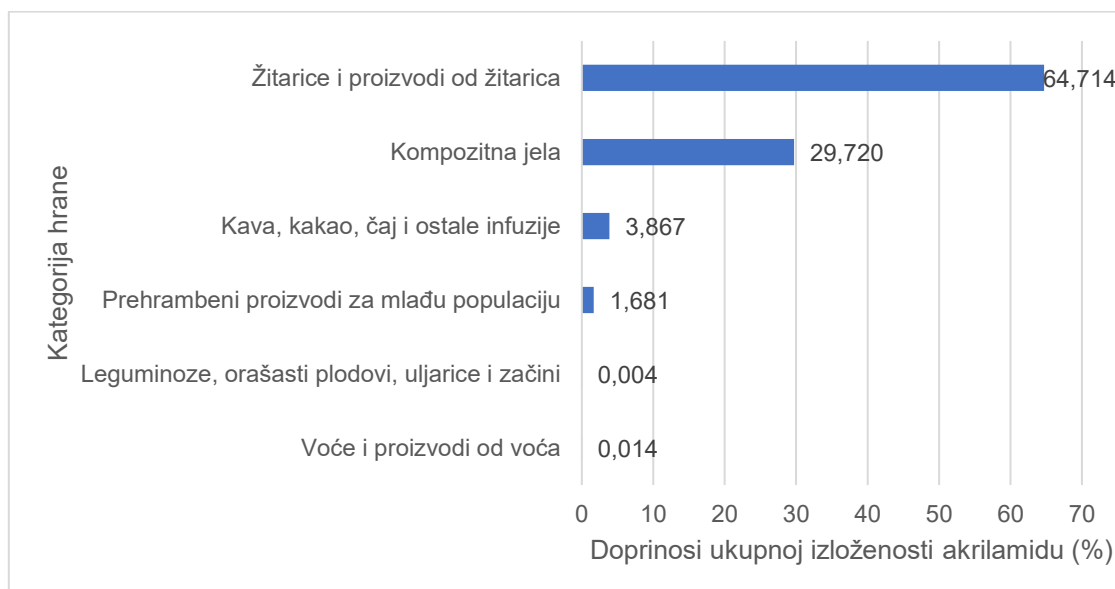
Slika 3. Doprinosi pojedinih kategorija hrane ukupnoj izloženosti akrilamidu za malu djecu (MB)

Iz Slike 3. uočava se kako su kod dobne kategorije „mala djeca“ najvažniji izvor akrilamida u prehrani proizvodi iz kategorije „Žitarice i proizvodi od žitarica“ (64,50 %), slijede kategorije „Kompozitna jela“ (24,96 %) i „Prehrambeni proizvodi za mlađu populaciju“ (9,96 %). Znatno manji doprinos imaju kategorije „Kava, kakao, čaj i ostale infuzije“ (0,47 %), „Voće i proizvodi od voća“ (0,08 %) i „Leguminoze, orašasti plodovi, uljarice i začini“ (0,02 %).



Slika 4. Doprinosi pojedinih kategorija hrane ukupnoj izloženosti akrilamidu za ostalu djecu (MB)

Iz Slike 4. uočava se kako su kod dobne kategorije „ostala djeca“ najvažniji izvor akrilamida u prehrani proizvodi iz kategorije „Žitarice i proizvodi od žitarica“ (71,15 %), slijede kategorije „Kompozitna jela“ (24,28 %) i „Prehrambeni proizvodi za mlađu populaciju“ (3,94 %). Znatno manji doprinos imaju kategorije „Kava, kakao, čaj i ostale infuzije“ (0,57 %), „Leguminoze, orašasti plodovi, uljarice i začini“ (0,05 %) i „Voće i proizvodi od voća“ (0,002 %).



Slika 5. Doprinosi pojedinih kategorija hrane ukupnoj izloženosti akrilamidu za adolescente (MB)

Iz Slike 5. uočava se kako su kod dobne kategorije „adolescenti“ najvažniji izvor akrilamida u prehrani proizvodi iz kategorije „Žitarice i proizvodi od žitarica“ (64,71 %), slijede kategorije „Kompozitna jela“ (29,72 %) i „Kava, kakao, čaj i ostale infuzije“ (3,87 %). Znatno manji doprinos imaju kategorije „Prehrambeni proizvodi za mlađu populaciju“ (1,68 %), „Leguminoze, orašasti plodovi, uljarice i začini“ (0,004 %) i „Voće i proizvodi od voća“ (0,014 %).

Za potrebe ovog mišljenja dodatno je napravljen i scenarij u kojem su za procjenu izloženosti isključeni podaci u kojima su izmjerene vrijednosti prelazile najveće dopuštene količine (NDK). S obzirom da niti u jednoj dobnoj kategoriji nije bilo značajnijih promjena za zdravlje potrošača, ti rezultati nisu ni prikazani u ovom mišljenju.

3.4. Karakterizacija rizika

S obzirom na to da su za akrilamid kao toksikološke referentne točke postavljene BMDL₁₀ vrijednosti za dva kritična učinka u organizmu odrasle populacije za potrebe karakterizacije rizika od akrilamida za zdravlje ljudi primijenjen je MOE pristup. EFSA-in Odbor za kemijske kontaminante je zaključio kako je MOE vrijednost veća od 10 000 dovoljna da osigura da nema zabrinutosti za neoplastične i neurotoksične učinke. Smatra se da je već kod MOE vrijednosti veće od 10 000 zabrinutost za zdravlje vrlo niska (EFSA, 2012).

Rezultati izračuna MOE vrijednosti za prosječnu izloženost i P95 izloženosti pri BMDL₁₀ za neoplastične i neurotoksične učinke prikazani su u Tablicama 6. i 7.

Tablica 6. MOE vrijednost za prosječnu izloženost pri BMDL₁₀ za neoplastične i neurotoksične učinke (LB, MB, UB) prema dobnim kategorijama

		prosječna izloženost (µg/kg t.m./dan)	MOE ^(a)	MOE ^(b)
Dojenčad	LB	0,0816	2 082	5 267
	MB	0,0980	1 735	4 388
	UB	0,1144	1 487	3 760
Mala djeca	LB	0,1898	896	2 265
	MB	0,2147	792	2 003
	UB	0,2396	710	1 795
Ostala djeca	LB	0,1965	865	2 188
	MB	0,2202	772	1 953
	UB	0,2439	697	1 763
Adolescenti	LB	0,1440	1 181	2 987
	MB	0,1611	1 055	2 669
	UB	0,1782	954	2 413

^(a) BMDL₁₀ za neoplastične učinke 170 (µg/kg t.m./dan)

^(b) BMDL₁₀ za neurotoksične učinke 430 (µg/kg t.m./dan)

MOE vrijednosti za neoplastične učinke pri prosječnoj izloženosti kreću se od 697 na UB pristupu za ostalu djecu, do 2 082 na LB pristupu kod dojenčadi.

Sve MOE vrijednosti za neoplastične učinke dobivene pri prosječnoj izloženosti niže su od 10 000.

Dobivene MOE vrijednosti za neoplastične učinke pri prosječnoj izloženosti te mogući štetni učinak na zdravlje za sve dobne kategorije predstavlja zabrinutost s aspekta javnog zdravstva.

MOE vrijednosti za neurotoksične učinke pri prosječnoj izloženosti kreću se od 1 763 na UB pristupu za ostalu djecu, do 5 267 na LB pristupu kod dojenčadi.

Sve MOE vrijednosti za neurotoksične učinke dobivene pri prosječnoj izloženosti niže su od 10 000.

Dobivene MOE vrijednosti za neurotoksične učinke pri prosječnoj izloženosti te mogući štetni učinak na zdravlje za sve dobne kategorije predstavlja zabrinutost s aspekta javnog zdravstva.

Prema EFSA-i „zabrinutost“ od štetnih učinaka na zdravlje ljudi koja se bazira na vrijednosti MOE ukazuje na potrebu za djelovanjem od strane upravljača rizikom (EFSA, 2025).

Tablica 7. MOE vrijednost za P95 izloženosti pri BMDL₁₀ za neoplastične i neurotoksične učinke (LB, MB, UB) prema dobnim kategorijama

		P95 izloženost (µg/kg t.m./dan)	MOE ^(a)	MOE ^(b)
Dojenčad	LB	0,3008	565	1 429
	MB	0,3523	482	1 220
	UB	0,4104	414	1 048
Mala djeca	LB	0,4990	341	862
	MB	0,5574	305	772
	UB	0,6194	274	694
Ostala djeca	LB	0,5420	314	793
	MB	0,5949	286	723
	UB	0,6447	264	667
Adolescenti	LB	0,3612	471	1 190
	MB	0,4158	409	1 034
	UB	0,4450	382	966

^(a) BMDL₁₀ za neoplastične učinke 170 (µg/kg t.m./dan)

^(b) BMDL₁₀ za neurotoksične učinke 430 (µg/kg t.m./dan)

MOE vrijednosti za neoplastične učinke pri P95 izloženosti kreću se od 264 na UB pristupu za ostalu djecu, do 565 na LB pristupu kod dojenčadi.

Sve MOE vrijednosti za neoplastične učinke dobivene pri P95 izloženosti niže su od 10 000.

Dobivene MOE vrijednosti za neoplastične učinke pri P95 izloženosti te mogući štetni učinak na zdravlje za sve dobne kategorije predstavlja zabrinutost s aspekta javnog zdravstva.

MOE vrijednosti za neurotoksične učinke pri P95 izloženosti kreću se od 667 na UB pristupu za ostalu djecu, do 1 429 na LB pristupu kod dojenčadi.

Sve MOE vrijednosti za neurotoksične učinke dobivene pri P95 izloženosti niže su od 10 000.

Dobivene MOE vrijednosti za neurotoksične učinke pri P95 izloženosti te mogući štetni učinak na zdravlje za sve dobne kategorije predstavlja zabrinutost s aspekta javnog zdravstva.

Prema EFSA-i „zabrinutost“ od štetnih učinaka na zdravlje ljudi koja se bazira na vrijednosti MOE ukazuje na potrebu za djelovanjem od strane upravljača rizikom (EFSA, 2025).

4. Nesigurnosti

Kvalitativna procjena nesigurnosti u procjeni izloženosti akrilamidu provedena je prema smjernicama navedenim u vodiču EFSA-inog Znanstvenog vijeća o analizi nesigurnosti u znanstvenim procjenama (EFSA, 2018).

Za pojavnost akrilamida korišteni su podaci o koncentracijama akrilamida u uzorcima hrane prikupljenim tijekom službenih kontrola koje su bazirane na uzorkovanju temeljenom na riziku (eng. *risk based*) što može dovesti do precjenjivanja izloženosti.

Velik udio uzoraka s vrijednostima ispod LOQ (33,83 %) (vidi poglavlje [2.1.2. Koncentracije akrilamida](#)) dovodi do znatne nesigurnosti u ukupnoj procjeni izloženosti. Kao rezultat toga, korištenje LB pristupa ima tendenciju podcjenjivanja izloženosti, dok korištenje UB pristupa ima tendenciju precjenjivanja izloženosti.

Nesigurnost pri procjeni izloženosti doprinosi i metodologija izračuna izloženosti u kojoj se kod podataka o koncentracijama koriste prosjeci na FoodEX2 razini 2, a prehrambene navike na najnižoj razini na kojoj su prijavljene. Utjecaj ovoga na konačnu izloženost je teško procijeniti, može dovesti i do podcjenjivanja i precjenjivanja.

5. Zaključci

5.1. Rezultati analize podataka o koncentraciji akrilamida u hrani

- nakon kontrole kvalitete podataka o koncentracijama akrilamida u uzorcima hrane i njihovog pročišćavanja iz daljnje obrade isključeno je 8 od ukupno 470 uzoraka. Za daljnje izračune u obzir su uzeta 462 uzorka. Isključeni su uzorci hrane kod kojih je na FoodEx2 razini 2 bilo manje od tri uzorka te uzorci za koje ne postoji prijavljena konzumacija ili ne postoji dovoljno detaljan opis uzorka;
- najviše analiziranih uzoraka nalazilo se u kategorijama „Žitarice i proizvodi od žitarica“ i „Kompozitna jela“;
- u kategoriji „Kava, kakao, čaj i ostale infuzije“ svi rezultati su iznad granice kvantifikacije, dok se najveći udio uzoraka ispod granice kvantifikacije nalazi u kategoriji „Prehrambeni proizvodi za mlađu populaciju“ (69,77 % uzoraka ispod LOQ);
- prosječne vrijednosti koncentracije akrilamida u LB pristupu kreću se od 21,13 µg/kg u kategoriji „Leguminoze, orašasti plodovi, uljarice i začini“ do 373,37 µg/kg u kategoriji „Kava, kakao, čaj i ostale infuzije“;
- prosječne vrijednosti koncentracije akrilamida u MB pristupu kreću se od 30,19 µg/kg u kategoriji „Leguminoze, orašasti plodovi, uljarice i začini“ do 373,37 µg/kg u kategoriji „Kava, kakao, čaj i ostale infuzije“;

- prosječne vrijednosti koncentracije akrilamida u UB pristupu kreću se od 39,25 µg/kg u kategoriji „Leguminoze, orašasti plodovi, uljarice i začini“ do 373,37 µg/kg u kategoriji „Kava, kakao, čaj i ostale infuzije“.

5.2. Vrijednosti procjene izloženosti

- prosječna izloženost kreće se od 0,082 µg/kg t.m./dan na LB pristupu za dojenčad do 0,244 µg/kg t.m./dan na UB pristupu za ostalu djecu;
- P95 izloženosti kreće se od 0,301 µg/kg t.m./dan na LB pristupu za dojenčad do 0,645 µg/kg t.m./dan na UB pristupu za ostalu djecu.

5.3. Doprinos pojedinih grupa hrane ukupnoj izloženosti

- kod dobne kategorije „dojenčad“ najvažniji izvor akrilamida u prehrani su proizvodi iz kategorije „Žitarice i proizvodi od žitarica“ (35,84 %), slijede kategorije „Prehrambeni proizvodi za mlađu populaciju“ (35,18 %) i „Kompozitna jela“ (28,88 %). Znatno manji doprinos imaju kategorije „Kava, kakao, čaj i ostale infuzije“ (0,08 %) i „Leguminoze, orašasti plodovi, uljarice i začini“ (0,02 %);
- kod dobne kategorije „mala djeca“ najvažniji izvor akrilamida u prehrani su proizvodi iz kategorije „Žitarice i proizvodi od žitarica“ (64,50 %), slijede kategorije „Kompozitna jela“ (24,96 %) i „Prehrambeni proizvodi za mlađu populaciju“ (9,96 %). Znatno manji doprinos imaju kategorije „Kava, kakao, čaj i ostale infuzije“ (0,47 %), „Voće i proizvodi od voća“ (0,08 %) i „Leguminoze, orašasti plodovi, uljarice i začini“ (0,02 %);
- kod dobne kategorije „ostala djeca“ najvažniji izvor akrilamida u prehrani su proizvodi iz kategorije „Žitarice i proizvodi od žitarica“ (71,15 %), slijede kategorije „Kompozitna jela“ (24,28 %) i „Prehrambeni proizvodi za mlađu populaciju“ (3,94 %). Znatno manji doprinos imaju kategorije „Kava, kakao, čaj i ostale infuzije“ (0,57 %), „Leguminoze, orašasti plodovi, uljarice i začini“ (0,05 %) i „Voće i proizvodi od voća“ (0,002 %);
- kod dobne kategorije „adolescenti“ najvažniji izvor akrilamida u prehrani su proizvodi iz kategorije „Žitarice i proizvodi od žitarica“ (64,71 %), slijede kategorije „Kompozitna jela“ (29,72 %) i „Kava, kakao, čaj i ostale infuzije“ (3,87 %). Znatno manji doprinos imaju kategorije „Prehrambeni proizvodi za mlađu populaciju“ (1,68 %), „Leguminoze, orašasti plodovi, uljarice i začini“ (0,004 %) i „Voće i proizvodi od voća“ (0,014 %).

5.4. Karakterizacija rizika

5.4.1. Karakterizacija rizika za prosječnu izloženost

- Neoplastični učinci

- MOE vrijednosti za neoplastične učinke pri prosječnoj izloženosti kreću se od 697 na UB pristupu za ostalu djecu, do 2 082 na LB pristupu kod dojenčadi;
- sve MOE vrijednosti za neoplastične učinke dobivene pri prosječnoj izloženosti niže su od 10 000;

- dobivene MOE vrijednosti za neoplastične učinke pri prosječnoj izloženosti te mogući štetni učinak na zdravlje za sve dobne kategorije predstavlja zabrinutost s aspekta javnog zdravstva.
- **Neurotoksični učinci**
- MOE vrijednosti za neurotoksične učinke pri prosječnoj izloženosti kreću se od 1 763 na UB pristupu za ostalu djecu, do 5 267 na LB pristupu kod dojenčadi;
- sve MOE vrijednosti za neurotoksične učinke dobivene pri prosječnoj izloženosti niže su od 10 000;
- dobivene MOE vrijednosti za neurotoksične učinke pri prosječnoj izloženosti te mogući štetni učinak na zdravlje za sve dobne kategorije predstavlja zabrinutost s aspekta javnog zdravstva.

5.4.2. Karakterizacija rizika za P95 izloženosti

- **Neoplastični učinci**
- MOE vrijednosti za neoplastične učinke pri P95 izloženosti kreću se od 264 na UB pristupu za ostalu djecu, do 565 na LB pristupu kod dojenčadi;
- Sve MOE vrijednosti za neoplastične učinke dobivene pri P95 izloženosti niže su od 10 000;
- Dobivene MOE vrijednosti za neoplastične učinke pri P95 izloženosti te mogući štetni učinak na zdravlje za sve dobne kategorije predstavlja zabrinutost s aspekta javnog zdravstva.
- **Neurotoksični učinci**
- MOE vrijednosti za neurotoksične učinke pri P95 izloženosti kreću se od 667 na UB pristupu za ostalu djecu, do 1 429 na LB pristupu kod dojenčadi;
- sve MOE vrijednosti za neurotoksične učinke dobivene pri P95 izloženosti niže su od 10 000;
- dobivene MOE vrijednosti za neurotoksične učinke pri P95 izloženosti te mogući štetni učinak na zdravlje za sve dobne kategorije predstavlja zabrinutost s aspekta javnog zdravstva.

Zaključno, prema EFSA-i „zabrinutost“ od štetnih učinaka na zdravlje ljudi koja se bazira na vrijednosti MOE ukazuje na potrebu za djelovanjem od strane upravljača rizikom (EFSA, 2025).

Sve MOE vrijednosti, za oba učinka, dobivene pri prosječnoj izloženosti i P95 izloženosti niže su od 10 000 te mogući štetni učinci na zdravlje svih dobni kategorija predstavljaju zabrinutost s aspekta javnog zdravstva.

5.5. Utjecaj nesigurnosti

- uz procjenu izloženosti se vežu određene nesigurnosti koje mogu dovesti do podcjenjivanja ili precjenjivanja izloženosti. Nesigurnosti vezane za ovu procjenu se odnose na metodologiju prikupljanja podataka o koncentracijama tijekom službenih kontrola, velik udio uzoraka ispod LOQ vrijednosti, te metodologiju izračuna izloženosti;
- ukupnoj izloženosti doprinose i neki drugi izvori osim hrane, kao što su pušenje, apsorpcija putem kože ili inhalacijom.

5.6. Preporuke

- Nužna je suradnja nadležnih tijela i stručnjaka sa subjektima u poslovanju s hranom s ciljem provođenja radnji koje će dovesti do postizanja što je moguće manjih razina akrilamida u gotovom proizvodu. Naime, stvaranje akrilamida u hrani je povezano sa svojstvima sirovine i različitim parametrima obrade hrane, što naglašava potrebu za pažljivim pristupom u procesima pripreme hrane i kontrolom čimbenika koji utječu na njegovo stvaranje. Smanjenju razine akrilamida može se pristupiti putem različitih strategija, uključujući odabir sirovina, modifikaciju receptura i prilagodbu procesnih uvjeta. Nadalje, na količinu akrilamida može se utjecati već u fazi poljoprivredne proizvodnje putem selekcije i uzgoja sorti s manjim količinama asparagina. Važno je istaknuti da prilikom mijenjanja receptura i proizvodnih procesa s ciljem smanjenja akrilamida treba uzeti u obzir utjecaj na nutritivnu vrijednost i senzorska svojstva proizvoda, uključujući okus, boju, miris i aromu;
- Isto tako potrebno je educirati i potrošače o smanjenju konzumacije hrane koja u svom sastavu može sadržavati akrilamid, što je osobito važno kod djece i mladih, kao i edukacija o određenim postupcima za smanjenje unosa akrilamida koji se mogu provesti i u vlastitom domu:
 - hranu bogatu škrobom (krumpir, različiti proizvodi od tijesta) pržiti ili peći do postizanja zlatno žute ili svjetlije boje (ne duže),
 - prilikom pripreme zapakirane hrane (npr. pomfrit) slijediti upute za pripremu dane od proizvođača kako bi se izbjegla nepotrebna duža termička obrada,
 - izbjegavati konzumaciju zagorene hrane (npr. zagoreni tost, tamniji čips, prženi krumpiri i sl.),
 - skladištiti sirovi krumpir na tamnom, hladnom mjestu, na temperaturama iznad 6 °C, kako bi se izbjeglo stvaranje velikih količina slobodnih šećera u krumpiru, pogotovo ako ga se namjerava pripremati na visokim temperaturama prženja ili pečenja,
 - pridržavati se pravila uravnotežene prehrane;
- Posljednjih godina ulažu se naporima za smanjenje razina akrilamida u hrani, ali dosadašnji dokazi nisu dovoljni da bi se pokazalo je li došlo do smanjenja izloženosti. Stoga bi trebalo nastaviti s naporima za smanjenje izloženosti akrilamidu, kako u pogledu domaće kuhane tako i komercijalno proizvedene hrane;

- Budući da djeca unose najviše akrilamida po kilogramu tjelesne mase, jer često konzumiraju hranu poput prženog krumpira, čipsa, keksa i tostiranog kruha, važno je povećati svijest roditelja o pravilnoj pripremi takve hrane i ograničavanju njezina unosa u dječjoj prehrani;
- Nedostaju informacije o potencijalnoj izloženosti dojenčadi i male djece iz nekih drugih izvora jer izloženost pasivnom pušenju mogao bi biti važan faktor za neku djecu;
- Preporuča se osmišljavanje i provedba edukativne kampanje o problematici akrilamida usmjerene prema relevantnim dionicima sustava lanca prehrane – od proizvođača do potrošača.

6. Literatura

Bogdanović T, Petričević S, Listeš E, Sokolić D (2019): Occurrence of Acrylamide and Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Cereal Based Baby Food // Book of Abstracts 10th International Congress "Flour-Bread '19" / Strelec, I. (ur.). Osijek, 2019. str. 12-12.

Dybing E, Sanner T (2003): Risk Assessment of Acrylamide in Foods. *Toxicological Sciences*, 75:7-15.

EFSA, European Food Safety Authority (2009): Results on the monitoring of acrylamide levels in food. *EFSA Scientific Report* (2009) 285, 1-26, Parma.

EFSA, European Food Safety Authority (2010): Results on acrylamide levels in food from monitoring year 2008. *EFSA Journal* 2010;8(5):1599, Parma.

EFSA, European Food Safety Authority (2010a): Management of left-censored data in dietary exposure assessment of chemical substances. *EFSA Journal*, 8(3):1557.

EFSA, European Food Safety Authority (2011): Results on acrylamide levels in food from monitoring years 2007-2009 and Exposure assessment. *EFSA Journal* 2011;9(4):2133, Parma.

EFSA, European Food Safety Authority (2012): Update on acrylamide levels in food from monitoring years 2007 to 2010. *EFSA Journal* 2012;10(10):2938, Parma.

EFSA, European Food Safety Authority (2015): Scientific opinion on acrylamide in food. *EFSA Journal*; 13(6):4104.

EFSA, European Food Safety Authority (2015): The food classification and description system FoodEx2 (revision 2). *EFSA Supporting Publication* 2015; 12(5):EN-804, 90 pp. doi:10.2903/sp.efsa.2015.EN-804.

EFSA, European Food Safety Authority (2018): Scientific Committee, Benford D, Halldorsson T, Jeger MJ, Knutsen HK, More S, Naegeli H, Noteborn H, Ockleford C, Ricci A, Rychen G, Schlatter JR, Silano V, Solecki R, Turck D, Younes M, Craig P, Hart A, Von Goetz N, Koutsoumanis K, Mortensen A, Ossendorp B, Martino L, Merten C, Mosbach-Schulz O and Hardy A., Guidance on Uncertainty Analysis in Scientific Assessments. *EFSA Journal* 2018;16(1):5123, 39 pp.

EFSA, European Food Safety Authority (2022): Assessment of the genotoxicity of acrylamide. *EFSA Journal* 2022;20(5):7293.

EFSA, European Food Safety Authority (2025): Statement on the use and interpretation of the margin of exposure approach. EFSA Journal, 23(8), e9606. <https://doi.org/10.2903/j>.

FoodDrinkEurope - (Acrylamide Toolbox 2019) https://www.fooddrinkEurope.eu/wp-content/uploads/2021/05/FoodDrinkEurope_Acrylamide_Toolbox_2019.pdf

HAPIH, Hrvatska agencija za poljoprivredu i hranu (2011; 2012): Prehrambene navike odrasle populacije u RH (interna baza podataka).

HAPIH, Hrvatska agencija za poljoprivredu i hranu (2017.- 2022.): Prehrambene navike djece prema EU Menu metodologiji (interna baza podataka).

HAPIH, Hrvatska agencija za poljoprivredu i hranu (2019.-2023.): Prehrambene navike odraslih prema EU Menu metodologiji (interna baza podataka).

Hrvatska agencija za poljoprivredu i hranu, HAPIH (2013): Znanstveno izvješće o rezultatima istraživanja akrilamida u hrani za 2013. godinu - 12.12.2023. dostupno na: <https://www.hah.hr/wp-content/uploads/2015/10/Znanstveno-izvjesce-o-rezultatima-istrazivanja-akrilamida-u-hrani-za-2013-godinu.pdf>

Hrvatska agencija za poljoprivredu i hranu, HAPIH (2013): Znanstveno izvješće o rezultatima istraživanja akrilamida u hrani za 2014. godinu - 12.12.2023. dostupno na: <https://www.hah.hr/wp-content/uploads/2015/10/Znanstveno-izvjesce-o-rezultatima-istrazivanja-akrilamida-u-hrani-za-2014-godinu.pdf>

IARC, International Agency for Research on Cancer (1994): IARC Monographs on the Evaluations of Carcinogenic Risks to Humans. Volume 60. Some Industrial Chemicals. Acrylamide. Summary of data reported and Evaluation. Last updated: 13 April 1999. IPCS, International Programme on Chemical Safety (1991): Acrylamide – Health and safety guide. WHO, Health and Safety Guide No. 45, Geneva.

Kumari A, Bhattacharya B, Agarwal T, Paul V, Chakkaravarthi S (2022): Integrated approach towards acrylamide reduction in potato-based snacks: A critical review. *Food Research International*, 156, 111172.

Mesias M., Delgado-Andrade C., Morales, F. J. (2022): An updated view of acrylamide in cereal products. *Current Opinion in Food Science*, 46, 10084.

Mojska H, Gielecińska I, Stoś K (2002): Determination of acrylamide level in commercial baby foods and an assessment of infant dietary exposure. *Food Chem Toxicol.* 2012 Aug;50(8):2722-8. doi: 10.1016/j.fct.2012.05.023. Epub 2012 May 19. PMID: 22617352.

Preporuka Komisije (EU) 2019/1888 od 7. studenoga 2019. o praćenju prisutnosti akrilamida u određenoj hrani.

SNFA, Swedish National Food Administration (2002): Information about Acrylamide in Food. SNFA: Stockholm, Sweden.

Tareke E, Rydberg P, Karlsson S, Eriksson M, Törnqvist M (2002): Analysis of acrylamide, a carcinogen formed in heated foodstuffs. *J. Agric. Food. Chem.*, 50, 4998–5006.

Uredba Komisije (EU) 2017/2158 od 20. studenog 2017. o uspostavi mjera za ublažavanje učinaka i razina referentnih vrijednosti radi smanjenja prisutnosti akrilamida u hrani.

Uredba Komisije (EZ) br. 2023/915 od 25. travnja 2023. o najvećim dopuštenim količinama određenih kontaminanata u hrani i o stavljanju izvan snage Uredbe (EZ) br. 1881/2006.

Vasić – Rački Đ, Galić K, Delaš F, Klapac T, Kipčić D, Katalenić M, Dimitrov N, Šarkanj B (2010): Kemijske i fizikalne opasnosti u hrani, Hrvatska agencija za hranu (HAH), Osijek.

WHO/FAO, World Health Organization/Food and Agriculture Organization of the United Nations (2009): Principles and methods for the risk assessment of chemicals in food. Environmental health criteria 240.

7. Rječnik

BMDL	Referentna doza s nižom granicom intervala pouzdanosti koja označava dozu pri kojoj je vjerojatnost (uz 95%-tnu sigurnost) štetnog odgovora manja od nekog postotka koji se najčešće kreće u rasponu 1-10% (ako je npr. 10%, onda govorimo o BMDL ₁₀).
Glicidamid	Metabolit akrilamida koji nastaje nakon konzumacije hrane koja sadrži akrilamid.
Genotoksičan	Može oštetiti DNK
Granica izloženosti	Omjer BMDL ₁₀ -a i izloženosti za određenu populaciju
Karcinogen	Može uzrokovati rak
LB	Granica minimalne izloženosti potencijalno štetnoj tvari (u pojedinačnom pristupu najčešće 0) ukoliko hrana sadrži zanemarive količine te tvari. U slučaju upravljanja rezultatima koji su manji od vrijednosti LOD-a ili LOQ-a, svakom takvom rezultatu se najčešće pridružuje vrijednost 0 i označava kao donja granica. Ovakva statistička obrada podataka ujedno označava najbolji mogući scenarij.
LOQ	Minimalna koncentracija tvari koja se može odrediti kvantitativno s prihvatljivom točnošću i dosljednošću. LOQ može biti ekvivalentan LOD-u ili može biti na mnogo višoj koncentraciji. LOQ ne može biti manji od LOD-a. Često je LOQ približno 3 puta veći od LOD-a.
Maillard-ove reakcije	Kemijske reakcije između aminokiselina i reducirajućih šećera što dovodi do posmeđivanja hrane i poboljšava okus.
MB	Granica srednje izloženosti potencijalno štetnoj tvari ukoliko hrana sadrži zanemarive količine te tvari. U slučaju upravljanja rezultatima koji su manji od vrijednosti LOD-a ili LOQ-a, svakom takvom rezultatu se najčešće pridružuje pola vrijednosti uspostavljenog LOD-a ili LOQ-a. Ovakva statistička obrada podataka ujedno označava scenarij koji je najrealniji.
MOE	Granica izloženosti koja se izračunava kao omjer između definirane točke u krivulji doza-odgovor, najčešće BMDL _{xx} , za štetni učinak, i procijenjenog unosa te tvari.
NDK	Zakonski određena najveća koncentracija nekog kontaminanta u hrani i hrani za životinje.
Neoplastični efekti	Benigni i maligni tumori (tj. rak)

Referentna doza
s nižom granicom
intervala
pouzdanosti
(BMDL₁₀)

Minimalni raspon doze tvari s jasnom, niskom razinom zdravstvenog rizika, obično u rasponu od 1-10 % promjene u određenom toksičnom učinku kao što je indukcija (početak nastanka) raka.

UB

Granica maksimalne izloženosti potencijalno štetnoj tvari ukoliko hrana sadrži zanemarive količine te tvari. U slučaju upravljanja rezultatima koji su manji od vrijednosti LOD-a ili LOQ-a, svakom takvom rezultatu se najčešće pridružuje njihova puna vrijednost. Ovakva statistička obrada rezultata ujedno označava najgori mogući scenarij.

8. Skraćenice

BMDL	referentna doza s nižom granicom intervala pouzdanosti
CSH	Centar za sigurnost hrane
DNA	deoksiribonukleinska kiselina
ECHA	Europska agencija za kemikalije
EFSA	Europska agencija za sigurnost hrane
EU	Europska unija
HAPIH	Hrvatska agencija za poljoprivredu i hranu
HPLC	tekućinska kromatografija visoke učinkovitosti
IARC	Međunarodna agencija za istraživanje raka
LB	donja granica
LCD	lijevo cenzorirani podaci
LOD	granica detekcije
LOQ	granica kvantifikacije
MB	srednja granica
MOE	granica izloženosti
NDK	najveća dopuštena količina
NOAEL	razina bez uočenog štetnog učinka
RH	Republika Hrvatska
SNFA	Švedska agencija za hranu
SPH	subjekti u poslovanju s hranom
t.m.	tjelesna masa

UB

gornja granica

9. Prilog 1. Analizirane kategorije hrane tijekom službenih kontrola 2020.- 2023. godine prema FoodEx2 klasifikaciji na razini 1 korištene za procjenu izloženosti

Kategorija hrane prema FoodEx2 klasifikaciji na razini 1	Analizirana hrana
Kava, kakao, čaj i ostale infuzije	Cikorija kao sastojak za kavu Kava (mljevena, instant)
Kompozitna jela	Čips Ekstrudirane grickalice Jela na bazi krumpira (pommes, kroketi, pečeni) Pizza Slani bureci i pite Grickalice na bazi krumpirovog škroba (flips)
Prehrambeni proizvodi za mlađu populaciju	Biskviti, dvopek i keksi za djecu Visoko proteinska hrana na bazi žitarica koja se priprema dodavanjem vode ili druge tekućine bez proteina Žitarice koje se pripremaju dodavanjem mlijeka ili druge nutritivno prikladne tekućine
Voće i proizvodi od voća	Sušeno voće preliveno čokoladom Sušene jabuke Sušene banane Čips od voća
Žitarice i proizvodi na bazi žitarica	Kruh i peciva od pšenice Kruh od ekspanziranih žitarica (riža, kukuruz) Lepinja Dvopek, rafinirano brašno Dvopek, integralni Tjestenina, sušena Njoke Musli obični Musli miješani Pahuljice i kaše za doručak Baklave Kroasane Listovi za pite Keksi s dodacima, punjenjem ili preljevom Keksi, slatki, obični Začinjeni keksi Krekeri i grisini Štapići, slani

Leguminoze, orašasti plodovi, uljarice i začini	Kikiriki
---	----------
