

Znanstveno izvješće o rezultatima istraživanja akrilamida u hrani za 2013. godinu

Uvod

Akrilamid je kemijski spoj koji se pri povišenim temperaturama može formirati u hrani iz njenih prirodnih sastojaka (reducirajućih šećera i aminokiselina). Isto tako, ima široku primjenu i u raznim industrijskim granama (proizvodnja papira, boja i plastike, u tretmanima otpadnih voda i vode za piće, kozmetici, u sastavu ambalaže za prehrambene proizvode itd.) gdje se koristi kao građevna jedinica u izradi poliakrilamida i akrilamid kopolimera (NCI, 2008). Akrilamid je široj javnosti postao poznatiji od 2002. godine kada je, u sklopu jednog istraživanja u Švedskoj, pronađen u visokim razinama u pečenoj i prženoj hrani bogatoj škrobom. Ovo otkriće je izazvalo zabrinutost znanstvene zajednice jer se još od 1994. god. akrilamid nalazi na popisu Međunarodne agencije za istraživanje raka (IARC, *engl. International Agency for Research on Cancer*) kao vjerojatno kancerogena tvar za ljude, što znači da njegova kancerogena svojstva nisu do kraja istražena (Vasić – Rački i sur., 2010).

Iz tog razloga, zadnje desetljeće, intenzivno traju istraživanja o akrilamidu; od mehanizama nastanka, glavnih izvora, eventualnih štetnih učinaka te do same procjene izloženosti. Europska agencija za sigurnost hrane (EFSA, *engl. European Food Safety Authority*) od 2007. god. prikuplja podatke iz zemalja članica Europske unije (EU) o koncentracijama akrilamida u različitim prehrambenim proizvodima te je u nekoliko navrata izdala znanstvena izvješća na ovu temu (EFSA 2009; 2010; 2011; 2012). Shodno tome, mijenjale i/ili nadopunjavale su se i preporuke Europske komisije. Preporuka komisije od 2. lipnja 2010. o praćenju razina akrilamida u hrani (2010/307/EU) opisuje plan uzorkovanja, minimalan broj uzoraka te kategorije hrane koje treba uzorkovati. U Preporuci komisije od 8. studenog 2013. o ispitivanju razina akrilamida u hrani (2013/647/EU), navedene su tzv. indikativne vrijednosti za pojedine kategorije namirnica. One samo upućuju na potrebu za ispitivanjem, tj. ne čine sigurnosni prag. Stoga se mjere provedbe i/ili brzog uzbuđivanja pokreću samo na temelju vjerodostojne procjene rizika provedene za svaki slučaj posebno, ali ne samo zato što je vrijednost veća od indikativne (2013/647/EU). EFSA se obvezala napraviti procjenu rizika za akrilamid do prve polovice 2015. god. Republika Hrvatska (RH), kao nova članica EU, aktivno se uključila u provedbu prethodno navedenih Preporuka te je napravila ispitivanje na zadanim kategorijama hrane. Ispitivanja su provedena na inicijativu Ministarstva zdravlja, u suradnji sa Zavodom za javno zdravstvo „Dr. Andrija Štampar“ iz Zagreba. Podaci su dostavljeni i Hrvatskoj agenciji za hranu, radi procjene rizika.

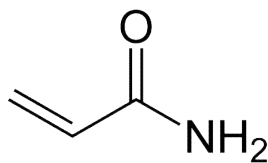
PROCJENA RIZIKA

1. Identifikacija opasnosti

Kemijska formula akrilamida je C_3H_5NO (ChemSpider.com, 2014). U čistom obliku se nalazi kao bijeli kristal, bez mirisa, koji je dobro topljiv u vodi i polarnim otapalima. Većina studija je potvrdila da glavina akrilamida u hrani nastaje Maillardovom reakcijom koja se odvija između karbonila (reducirajućih šećera, najčešće glukoze) i aminokiseline asparagin tokom određenih termičkih obrada hrane (prženje, pečenje) i to na temperaturama iznad $120^{\circ}C$ (Vasić – Rački i sur., 2010). Povoljni uvjeti su, dakle, visoka temperatura i niska vlažnost, a reakcija se prvenstveno odvija na površini zagrijavane namirnice. Npr. akrilamid u kruhu se 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 (Bala, 2012). Osim Maillardovom reakcijom, akrilamid može nastati i iz nekoliko alternativnih mehanizama: 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 namirnica tamnije boje (zagareni tost, tamniji čips), veća je koncentracija akrilamida (Bala, 2012).

Bitno je istaknuti da je akrilamid prirodni nusprodukt prethodno navedenih reakcija pri visokim temperaturama. Dakle, njegova prisutnost u hrani nije rezultat kontaminacije iz okoliša. U ljudskoj prehrani je prisutan tisućama godina, tj. od trenutaka kada se počela koristiti termička obrada hrane. 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 (Bala, 2012).

Do ovog otkrića se došlo sasvim slučajno. Akrilamid je otprije dobro poznata kemikalija koja se koristi u industriji, a otkriće u hrani se dogodilo 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 gdje se otkrilo da se akrilamid formira u krumpirima kada ih se zagrijava na temperaturama iznad $120^{\circ}C$. Uzorci komercijalno dostupnih prehrambenih proizvoda u Švedskoj su dalje analizirani te se otkrila prisutnost u mnogima od njih, a posebno u namirnicama bogatim ugljikohidratima zagrijavanim na visokim temperaturama. Ubrzo nakon objave ovih otkrića, prisutnost akrilamida u hrani je postao problem na globalnoj razini. S obzirom na potencijalnu prijetnju koju akrilamid može imati na zdravlje ljudi (moguće kancerogeno i neurotoksično djelovanje), mnoge studije ubrzano su inicirane, uz sveobuhvatnu međunarodnu suradnju (Bala, 2012).



Slika 1 Strukturna formula akrilamida

2. Karakterizacija opasnosti

Glavno pitanje od globalnog interesa odnosi se na unos akrilamida putem uobičajene prehrane, a gdje bi takav unos mogao dovesti do štetnih učinaka 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. Zbog svoje male molekulske mase, brzo i lako se apsorbira u crijevima te se putem krvožilnog sustava distribuira po organizmu. U stanici se metabolizira uz citokrome P450 do glicidamida. Pokazao je kancerogenost u studijama na životinjama, prvenstveno glodavcima, uz ograničene studije na primatima, koristeći veće doze od onih koje su uobičajene za prosječnu izloženost ljudi putem prehrane, a što je i karakteristično za takve studije. Takva istraživanja na glodavcima dokazala su da je akrilamid prouzročio maligne promjene na štitnjači, testisima, mliječnim žlijezdama, plućima i mozgu. IARC je klasificirao akrilamid kao tvar koja je „vjerojatno kancerogena za ljude“, a temeljem studija na životinjama. Akrilamid je pokazao genotoksičnost u nizu ispitivanja te je akutni neurotoksin. Međutim, gotovo je sigurno da je izloženost akrilamidu iz namirnica koje ga sadrže, daleko niža od izloženosti koja je potrebna da bi došlo do neurotoksičnosti (Vasić – Rački i sur., 2010; Bala, 2012)

Kao što je prethodno spomenuto, primarni metabolit akrilamida je glicidamid. To je epoksid koji lako reagira s DNA. Ovo naravno podiže zabrinutost oko potencijalne genotoksičnosti. Ipak, do sada nije prikupljeno dovoljno podataka da bi se dokazala kancerogenost ili genotoksičnost kod ljudi preko količina akrilamida sadržanih u uobičajenoj prehrani (Bala, 2012).

U novijoj dvogodišnjoj studiji na štakorima i miševima (Beland i sur., 2012), autori su zaključili da tumori promatrani u nekoliko organa oba spola i vrste glodavaca koji su bili kronično izloženi, a kada se uzmu u obzir i svi ostali dostupni podaci, snažno podupiru tezu da je akrilamid genotoksični kancerogen, a kao rezultat metaboličke aktivacije u glicidamid.

Iako se ova saznanja o toksičnosti akrilamida, dobivena na glodavcima, mogu ekstrapolirati i na ljude, epidemiološke studije nisu pokazale korelaciju između povećanog unosa pržene hrane i učestalosti raka. Te studije su uključivale istraživanje rizika od nastanka raka usne šupljine, ždrijela, jednjaka, grkljana, debelog crijeva, bubrega, dojki te jajnika. U ovim studijama, za procjenu izloženosti, nisu bile uključene sve namirnice koje mogu biti izvor akrilamida. Nadalje, podaci o izloženosti su često bili temeljeni na intervjuiranju ljudi putem anketa što za sobom nosi niz nedostataka (Vasić – Rački i sur., 2010; NCI, 2008).

Da bi se izbjegla ovakva ograničenja u određivanju točnosti izloženosti akrilamidu, u jednoj danskoj studiji koristili su se biomarkeri izloženosti, konstruirani za procjenu rizika od raka dojke kod žena u postmenopauzi. Među ženama s većim razinama vezanja akrilamida na hemoglobin u krvi, utvrđeno je statistički značajno povećanje rizika od raka dojke pozitivnog na estrogenski receptor (ER+) (Olesen i sur., 2008).

Akrilamid predstavlja problem i za radnike koji su na svom radnom mjestu izloženi većim količinama akrilamida. Izravna izloženost akrilamidu 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 akrilamidom i oboljevanja od raka (Dybing i Sanner, 2003).

Tri prospektivne kohortne studije istraživanja parova iz Nizozemske, uključivale su velik broj ispitanika (Hogervorst i sur., 2007; Hogervorst i sur. 2008a; Hogervorst i sur., 2008b). Zaključci tih studija su bili sljedeći:

- povećani rizik od nastanka raka maternice i jajnika u postmenopauzi uz povećani unos akrilamida kod osoba koje nikad nisu pušile
- akrilamid nije povezan s nastankom raka dojke
- nije pronađena pozitivna veza između unosa akrilamida i povećanja rizika od nastanka raka mokraćnog mjehura i prostate
- postoje određene indikacije o pozitivnoj vezi između unosa akrilamida putem hrane i povećanja rizika od nastanka raka bubrežnih stanica
- unos akrilamida nije povezan s rizikom od nastanka raka debelog crijeva, želudca, gušterače i jednjaka, ali određene podgrupe zahtijevaju dodatna buduća promatranja

Može se zaključiti da je malo vjerojatno da će epidemiološki dokazi biti u mogućnosti dokazati ili osporiti vezu između konzumacije hrane koja sadrži akrilamid i povećanja rizika od nastanka raka, tj. uzročno – posljedičnu vezu (Bala, 2012).

3. Procjena izloženosti

Izradi procjene izloženosti ljudi akrilamidu, pristupilo se nedugo nakon njegovog otkrića u hrani. Inicijalna istraživanja su pokazala da je hrana, bogata ugljikohidratima, glavni izvor akrilamida. Tako se za pržene krumpire (čips, pomfrit, kroketi) ispostavilo da sadrže veće količine akrilamida od ostale hrane, dok od ostalih izvora valja izdvojiti kavu, kakao u prahu, pekarske proizvode, kolače i kekse te ostale proizvode na bazi žitarica (krekeri, žitarice za doručak, grickalice itd.) (Knežević i sur., 2010). Za djecu, prženi krumpiri uz meki kruh, kekse, krekeri i hruskavi kruh čine glavnu izloženost na akrilamid. Keksi i dvopeci za dojenčad i malu djecu čine glavni izvor akrilamida za tu grupu populacije (EFSA, 2012).

Akrilamid nije prisutan u neobrađenoj, sirovoj hrani, a također, mesni proizvodi sadrže vrlo niske količine akrilamida, zbog toga što u njima nedostaje prekursor za njegovo nastajanje (Bala 2012). Osim namirnica, još jedan značajan izvor akrilamida je dim iz cigareta pa pušači snose veći rizik od izloženosti akrilamidu (NCI, 2008). Isto tako, upotreba akrilamida u tehnologiji obrade otpadne vode i vode za piće i vodu svrstava u izvore akrilamida. Međutim, prisutnost akrilamida u vodi je strogo regulirana te je dozvoljena granica odobrena prema Pravilniku o prirodnim mineralnim, prirodnim izvorskim i stolnim vodama (2013) daleko niža od stvarne opasnosti utemeljene na dosadašnjim podacima i iznosi 0,1 µg/L vode za prirodnu izvorsku i stolnu vodu nakon punjenja u ambalažu.

Tokom godina razvile su se nove laboratorijske metode otkrivanja razina koncentracija akrilamida u hrani, s povećanom osjetljivošću uz precizno i brzo detektiranje količina akrilamida u hrani. Dvije metode su se uspostavile kao prihvatljive i usporedive, a to su: plinska kromatografija i masena spektrometrija (GC-MS) i tekućinska kromatografija i masena spektrometrija (LC-MS) (Bala, 2012).

Uočeni su različiti udjeli akrilamida u istoj vrsti hrane različitog proizvođača (npr. čips) iz čega proizlazi da udio akrilamida ovisi i o varijacijama u obradi hrane kao što su: temperatura obrade hrane, vrijeme, podrijetlo ulja ili masti, podrijetlo hrane (Knežević, 2010). U **Tablici 1** navedeni su rasponi vrijednosti pronađenih koncentracija akrilamida u različitim grupama namirnica (Bala, 2012).

Tablica 1: Otkrivene razine akrilamida u odabranim skupinama namirnica (Bala, 2012)

Skupina namirnica	Koncentracije akrilamida [µg/kg]
Čips od krumpira	117 – 4215
Pomfrit	59 – 5200
Pekarski proizvodi i keksi	18 – 3324
Kruh	< 10 – 397
Žitarice za doručak	< 10 – 1649
Čokoladni proizvodi	< 2 – 826
Pržena kava	45 – 935
Instant kava	87 - 1188

Procjena izloženosti napravljena je u nekoliko zemalja. Tako se za Francusku, Njemačku, Nizozemsku, Norvešku, Švedsku, Veliku Britaniju i SAD odredila izloženost koja ima raspon od 0.3 do 3.2 $\mu\text{g}/\text{kg t. m.}/\text{dan}$ uz značajne varijacije u procjenama. Djeca, zbog svoje manje tjelesne mase, mogu biti izložena akrilamidu u koncentracijama većim za 2 do 3 puta s obzirom na odrasle. Iako se procjena izloženosti može napraviti na različite načine te iako se prehrabene navike razlikuju među pojedinim državama, srednja vrijednost izloženosti se može postaviti na 0.4 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{t. m.}/\text{dan}$, a prosječna izloženost visokih konzumenata na oko 1 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{t. m.}/\text{dan}$ (Mills i sur., 2009).

Jedna švicarska studija, procijenila je unos akrilamida prema dnevnim obrocima. Tako su zaključili da se doručkom unosi 8% od ukupnog dnevnog unosa akrilamida, ručkom 21%, večerom 22%, 13% užitom te 36% ispijanjem kave. Kasnije su rezultati ove studije korigirani, ali je i dalje ostao visok unos akrilamida putem kave (22%) (SFOPH, 2002) Ovo ukazuje na činjenicu da, iako neka određena namirnica sadržava visoki udio akrilamida, ne mora biti glavni izvor izloženosti, ako se ne konzumira u velikim količinama. Prehrana s relativno malenim udjelom akrilamida, kao što je kava ili kruh, mogu značajno doprinijeti ukupnoj izloženosti kada se konzumiraju u velikim količinama (Bala, 2012).

Akrilamid je općeniti prehrabeni problem, tj. ne odnosi se samo na neke kategorije namirnica. Drugim riječima, problem izloženosti se ne može riješiti izbjegavanjem nekih namirnica. Npr., u SAD-u se procjenjuje da hrana koja sadrži akrilamid doprinosi dnevnom unosu kalorija u udjelu od 38%, 33% u udjelu ugljikohidrata, 36% u udjelu prehrabnih vlakana te više od 25% u udjelu značajnog broja mikronutrijenata (Petersen i Tran, 2005). Ovo svakako treba uzeti u obzir zbog razloga što se naglasak najčešće stavlja na konzumiranje snack proizvoda (čips, grickalice i sl.) kao glavnih izvora akrilamida iz prehrane (Bala, 2012).

Što se tiče RH, akrilamid se do sada nije sustavno pratio. Međutim, ulaskom RH u EU, preuzete su Preporuke komisije (2010/307/EU) i (2013/647/EU) te se pristupilo ispitivanju određenih grupa namirnica. Ispitivanje je provedeno na inicijativu Ministarstva zdravlja, u suradnji sa Zavod za javno zdravstvo „Dr. Andrija Štampar“ iz Zagreba. Dobiveni podaci su dostavljeni Hrvatskoj agenciji za hranu (**Tablica 2**).

Tablica 2: Analitički rezultati ispitivanja koncentracija akrilamida u hrani

Prehrambeni proizvod (dostavljeni opis)	Zemlja podrijetla	Kategorija prehr. proizvoda (prema 2010/307/EU, Prilog C.)	Indikativna vrijednost [$\mu\text{g}/\text{kg}$] (prema 2013/647/EU)	Koncentracija akrilamida [$\mu\text{g}/\text{kg}$]
Pomfrit, gotovo jelo	Hrvatska	C.1.	600	177
Kruh, sendvič bijeli	Hrvatska	C.4.	80	29,5
Kruh kalnički	Hrvatska	C.4.	80	< 10
Kroketi od krumpira	Nizozemska	C.2.	1000	99,7
Pomfrit, gotovo jelo	Nizozemska	C.1.	600	353
Kroketi od krumpira	Hrvatska	C.2.	1000	134
Dvopek Classic	Hrvatska	C.6.	450	73,9
Slani štapići	Hrvatska	C.6.	500	148
Kruh kukuruzni domaći	Hrvatska	C.4.	150	50,4
Pomes frites	Poljska	C.1.	600	286
Caffe Espresso	Italija	C.7.2.	900	160
Jubilarna mljevena kava	Hrvatska	C.7.1.	450	155
Keksi s maslacem	Njemačka	C.6.	500	74,4
Kokice	Italija	C.10.	1000	138
Pop Corn	Češka	C.10.	1000	128
Cracker Meersalz	Njemačka	C.6.	500	76,1
Kruh polubijeli odranski	Hrvatska	C.4.	80	< 10

Pomfrit	Hrvatska	C.1.	600	298
Mješavina mljevene kave	Hrvatska	C.7.1.	450	180
Mljevena kava	Hrvatska	C.7.1.	450	67,2
Kroketi od krumpira	Belgija	C.2.	1000	197
Žitarice za doručak Corn flakes	Poljska	C.5.	200	14,3
Čips slani	Hrvatska	C.2.	1000	201
Čips od krumpira	Austrija	C.2.	1000	60
Žitni muesli	Hrvatska	C.10.	1000	120
Corn flakes kukuruzne pahuljice	Poljska	C.5.	200	10,4
Čips okus paprike	Hrvatska	C.2.	1000	101
Čips slani	Hrvatska	C.2.	1000	110
Pomfrit	Hrvatska	C.1.	600	87,4
Muesli fitnes	Francuska	C.10.	1000	86,4

4. Karakterizacija rizika

Istraživanje je pokazalo da su pronađene koncentracije akrilamida u hrani daleko ispod indikativnih vrijednosti (u prosjeku za 79% niže), koje često nisu niti blizu sigurnosnog praga.

EFSA je 2012. godine izdala znanstveno izvješće u kojem je ažurirala podatke dobivene praćenjem razina akrilamida u hrani od 2007. do 2010. god. (EFSA, 2012). U **Tablici 3** dana je usporedba podataka iz RH i onih koje je EFSA dobila u tom četverogodišnjem razdoblju. Uspoređene su srednje vrijednosti za pojedine kategorije hrane te je vidljivo da su koncentracije akrilamida u RH daleko niže od europskog prosjeka (u prosjeku za 58% niže).

Tablica 3: Usporedba prosječnih koncentracija akrilamida prema kategorijama hrane

Kategorija prehr. proizvoda (prema 2010/307/EU, Prilog C.)	Prosječna koncentracija akrilamida u RH [$\mu\text{g}/\text{kg}$]	Prosječna koncentracija akrilamida u EU [$\mu\text{g}/\text{kg}$]
Pomfrit, gotovi	240	329
Meki kruh na bazi pšenice	16,5	51
Čips od svježih krumpira i tijesta od krumpira	130	611
Keksi i oblatne te proizvodi slični drugim proizvodima iz ove kategorije	93	295
Pržena kava	134	236
Žitarice za doručak	58	145

ZAKLJUČAK

Ukupno je analizirano 30 uzoraka, a Preporuka (2010/307/EU) predlaže minimalni broj od 40 uzoraka, odnosno po 4 uzorka iz ukupno 10 različitih kategorija proizvoda. Kao posljedica toga, neke predložene kategorije se nisu ispitivale (npr. hrana za dojenčad i malu djecu). Isto tako, Preporuka (2010/307/EU) predlaže da se uzorkovanje nekih proizvoda obavi dva puta godišnje (u ožujku i studenom), dok se ovo uzorkovanje odvijalo u prosincu. Još jedan od problema je i u samom opisu proizvoda, a koji ne odgovara „Minimalnim dodatnim informacijama koje se moraju priložiti uz svaki proizvod“, kako je navedeno u Prilogu C. Preporuke komisije (2010/307/EU).

Što se tiče koncentracija akrilamida u hrani na tržištu RH, uočljivo je da su znatno niže od europskih, ali i indikativnih vrijednosti predloženih Preporukom komisije (2010/307/EU). Ako se uzme u obzir da još uvijek ne postoje čvrsti dokazi koji bi izloženost akrilamidom putem prehrane dovodili u povećanje rizika od nastanka raka, može se zaključiti da stvarnog rizika po stanovnike RH, nema. Ako

se pojedinac bude pridržavao uravnotežene i zdrave prehrane, nema razloga sa svog jelovnika uklanjati određene grupe namirnica radi eventualnog smanjenja izloženosti na akrilamid. Kako je ovo bilo prvo takvo istraživanje u RH, a s obzirom da su pronađene određene koncentracije akrilamida u hrani, potrebno je nastaviti i sljedećih godina s istim istraživanjem, kako bi se moglo govoriti o trendovima u kretanju koncentracija akrilamida te iste sustavno pratiti i držati pod kontrolom.

PREPORUKE

Iako izmjerene koncentracije u hrani ne predstavljaju prijetnju za zdravlje ljudi, skrećemo pozornost na radnje koje mogu utjecati na smanjeni nastanak akrilamida u gotovom proizvodu.

Reducirajući šećeri (glukoza i fruktoza) te asparagin su prirodne komponente biljaka i sirovina biljnog podrijetla. Posebno su zastupljeni u žitaricama i krumpirima. Dokazano je da su reducirajući šećeri ograničavajući faktor u formiranju akrilamida u krumpirima, dok je asparagin ograničavajući faktor u proizvodima od žitarica. Shodno tome, korištenje sorti s promijenjenim kemijskim sastavom, odnosno manjom količinom šećera, doprinosi smanjenom nastanku akrilamida. Kod prženih prerađevina od krumpira, postoji više čimbenika na koje se može utjecati. Kod odabira sorti krumpira, pazi se na sadržaj šećera, a kod uzgoja se koristi više dušičnoga gnojiva, koje pogoduje povećanju sadržaja proteina i smanjenju količine šećera. Metoda koja se može primijeniti u industriji je blanširanje, koje, u kombinaciji s primjenom organskih kiselina, može smanjiti količinu akrilamida i do 70%. Sušenjem krumpira prije prženja također se smanjuje količina akrilamida, jer se smanjuje vrijeme potrebno za prženje (Vasić – Rački i sur., 2010).

Ključna točka u kontroli količine akrilamida je temperatura prženja pa je maksimalna preporučena temperatura 175°C. Ako je moguće, preporuča se vakuum prženje, koje snižava temperaturu prženja, a samim time i sadržaj akrilamida. Nadalje, odgovarajućim odabirom ulja i dodataka u ulju moguće je smanjiti količinu akrilamida (dokazano je da polifenoli u ulju pogoduju smanjenju sadržaja akrilamida u gotovom proizvodu) (Vasić – Rački i sur., 2010).

Kod proizvoda od žitarica, kod kojih količina asparagina ima znatno veću ulogu u nastajanju akrilamida, moguće je korištenje žitarica sa smanjenom količinom proteina. U preradi kod fermentiranih proizvoda od žitarica (kruh, peciva), preporuča se produljenje fermentacije ili vođenje kisele fermentacije, što može smanjiti količinu akrilamida i do 70%. Kod biskvita i krepera, preporuča se zamjena amonij hidrogenkarbonata (NH_4HCO_3) s natrij hidrogenkarbonatom (NaHCO_3) te zamjena šećernih sirupa (glukozni ili fruktozni) sa saharozom (Vasić – Rački i sur., 2010).

Sve ove, ali i neke druge mjere smanjenja nastanka akrilamida objedinjene su u „Paketu instrumenata“ koji je sastavila organizacija „FoodDrinkEurope“ u suradnji sa znanstvenom zajednicom i industrijom. „Paket instrumenata“ sadržava 14 različitih parametara podijeljenih u 4 glavne kategorije koje proizvođači mogu selektivno upotrijebiti u skladu sa svojim odgovarajućim potrebama, a u cilju smanjivanja razina akrilamida u svojim proizvodima (FoodDrinkEurope, 2011).

LITERATURA (REFERENCE)

Bala G (2012): *Acrylamide in foods*. Institute of Food Science and Technology, dostupno na: <http://www.ifst.org/knowledge-centre/information-statements/acrylamide-foods> (23.09.2014.).

ChemSpider.com (2014): *Acrylamide*. Dostupno na: <http://www.chemspider.com/Chemical-Structure.6331.html> (22.09.2014.).

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 (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.

FoodDrinkEurope (2011): *Food Drink Europe Acrylamide Toolbox 2011*. FoodDrinkEurope, Brussels.

Hogervorst JG, Schouten LJ, Konings EJ, Goldbohm RA, van den Brandt PA (2007): A Prospective Study of Dietary Acrylamide Intake and the Risk of Endometrial, Ovarian and Breast Cancer. *Cancer Epidemiology Biomarkers & Prevention*, 16:2304-2313.

Hogervorst JG, Schouten LJ, Konings EJ, Goldbohm RA, van den Brandt PA (2008a): Dietary acrylamide intake and the risk of renal cell, bladder, and prostate cancer, *American Journal of Clinical Nutrition*, 87:1428-1438.

Hogervorst JG, Schouten LJ, Konings EJ, Goldbohm RA, van den Brandt PA (2008b): Dietary Acrylamide Intake Is Not Associated with Gastrointestinal Cancer Risk. *Journal of Nutrition*, 138:2229-2236.

IPCS, International Programme on Chemical Safety (1991): *Acrylamide – Health and safety guide*. WHO, Health and Safety Guide No. 45, Geneva.

Knežević Z, Bilandžić N, Serdar M, Sedak M, Đokić M, Varenina I, Solomun B (2010): Nastajanje mutagena u hrani tijekom toplinske obrade. *Meso: prvi hrvatski časopis o mesu*, Vol. XII.

Mills C, Mottram DS, Wedzicha BL (2009): 2.1 Acrylamide. U *Process-Induced Food Toxicants: Occurrence, Formation, Mitigation, and Health Risks*. John Wiley & Sons, Hoboken (New York).

NCI, National Cancer Institute (2008): *Acrylamide in Food and Cancer Risk*. Dostupno na: <http://www.cancer.gov/cancertopics/factsheet/Risk/acrylamide-in-food> (22.09.2014.).

Olesen PT, Olsen A, Frandsen H, Frederiksen K, Overvad K, Tjønneland A (2008): Acrylamide exposure and incidence of breast cancer among postmenopausal women in the Danish Diet, Cancer and Health Study. *International Journal of Cancer*, 122(9):2094–2100.

Petersen BJ, Tran N (2005): Chapter 3: Exposure to Acrylamide. U *Chemistry and Safety of Acrylamide in Food*. Advances in Experimental Medicine and Biology, Vol. 561, pp. 63-76, Springer, New York.

Pravilnik o prirodnim mineralnim, prirodnim izvorskim i stolnim vodama (2010). Narodne novine, br. 81/13.

Preporuka komisije od 2. lipnja 2010. o praćenju razina akrilamida u hrani (2010/307/EU). Official Journal of the European Union, L137/4.

Preporuka komisije od 8. studenog 2013. o ispitivanju razina akrilamida u hrani (2013/647/EU). Official Journal of the European Union, L301/15.

SFOPH, Swiss Federal Office of Public Health (2002): *Assessment of acrylamide intake by duplicate diet study*. SFOPH, Berne.

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.