

Karcinogene tvari u hrani

Bašnec, Anja

Undergraduate thesis / Završni rad

2015

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, FACULTY OF FOOD TECHNOLOGY / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:109:560569>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-25**



image not found or type unknown

Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Food Technology Osijek](#)



image not found or type unknown

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
PREHRAMBENO – TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK

PREDDIPLOMSKI STUDIJ PREHRAMBENE TEHNOLOGIJE

Anja Bašnec

Karcinogene tvari u hrani

završni rad

Osijek, 2015.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
PREHRAMBENO-TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK

PREDDIPLOMSKI STUDIJ PREHRAMBENA TEHNOLOGIJA

Nastavni predmet
Funkcionalna hrana i dodaci prehrani

Karcinogene tvari u hrani
Završni rad

Mentor: prof. dr. sc. Daniela Čačić Kenjeric

Studentica: Anja Bašnec

MB: 3573/12

Mentor: prof. dr. sc. Daniela Čačić Kenjeric

Predano (datum):

Pregledano (datum):

Ocjena:

Potpis mentora:

Karcinogene tvari u hrani

Sažetak:

Uz ostale čimbenike koji potiču nenormalan rast stanica, prehrana je ključ za otkrivanje mehanizama nastanka raka i utjecaja pojedinih karcinogena na staničnu DNA. Da bi se aktivirala toksičnost supstanci iz hrane, one moraju proći kroz epitel probavnoga trakta i zatim ući u krvožilni sustav i doći do ciljanih stanica. Toksini koji uzrokuju ta oštećenja mogu biti prirodno prisutni u biljkama i životinjama koje konzumiramo, dolaziti iz okoliša ili pak nastaju prilikom obrade hrane. Najčešći prirodno prisutni toksini i karcinogeni su inhibitori enzima, glukozinolati u lisnatom povrću, histamin i aflatoksini, oni iz okoliša koji u hranu dospijevaju kroz tlo i vodu prilikom uzgoja, a to su dioksini, policiklički aromatski ugljikovodici i teški metali kao živa. Ljudi obrađuju hranu od početaka postojanja, kako bi ju učinili lakše probavljivom i sigurnom za prehranu, međutim osim korisnih učinaka, termičko tretiranje hrane ima i negativne posljedice koje se javljaju u obliku akrilamida, heterocikličkih amina i nitrozamina. Kao posebna kategorija tu su i aditivi koji se namjerno dodaju prehrani i koji u malim količinama ne smiju imati štetan učinak na zdravlje jer su regulirani zakonskim propisima. Kako bi se zaštitili od svih opasnosti koje se javljaju u hrani moramo biti educirani o pravilnim tehnikama rukovanja određenom hranom ili izbjegavati one vrste namirnica za koje je sigurno utvrđeno karcinogeno djelovanje.

Ključne riječi: karcinogenost, toksini, prehrana, aditivi

Food carcinogens

Summary

Along with the other factors that cause abnormal cell growth, nutrition is the key to understanding of cancer occurring mechanisms and the effects of carcinogens on cell DNA. To activate toxins found in food, they need to be absorbed in our intestines, enter the blood stream and reach their destination cells. Toxins that cause cell damage and cancer cells growth can be naturally occurring in plants and animals that we use to feed ourselves, they can be found in environment or they can be formed during food heat processing. The most common naturally occurring carcinogens are enzyme inhibitors, glucosinolates in Brassica, histamine and aflatoxins. Toxins that get to our food from the soil and water that we use for food growth are dioxins, polycyclic aromatic hydrocarbons and heavy metals like mercury. Food processing and heating has been known to people since the start of their existence, and has been used to make food more digestible and safe to eat. Apart from the good, heat processing causes formation of carcinogenic compounds such as acrylamide, heterocyclic aromatic amines and nitrosamines. Special group of food carcinogens are food additives, which are intentionally added in food by human, and mustn't cause any health risk in a concentration that is legally prescribed. To avoid and protect ourselves from dangers that may be found in food, we must stay educated about proper food processing techniques, or completely avoid those types of food that are certain to contain carcinogens.

Keywords: carcinogens, toxins, nutrition, additives

Sadržaj

1. UVOD	1
2. GLAVNI DIO	3
2.1. KARCINOGENOST I PREHRANA	4
2.1.1. Karcinogenost i mehanizam slobodnih radikala	5
2.1.2. Procjena utjecaja karcinogena na ljudsko zdravlje	7
2.2. VRSTE KARCINOGENA U HRANI	8
2.2.1. Prirodni kontaminanti	8
2.2.1.1. Prirodni kontaminanti biljnog porijekla	8
2.2.1.2. Prirodni kontaminanti životinjskog porijekla	11
2.2.2. Kontaminanti iz okoliša	13
2.2.3. Kontaminanti koji nastaju obradom hrane	15
2.3. ADITIVI U HRANI	19
3. ZAKLJUČAK	26
4. LITERATURA	28

1. UVOD

Tri najznačajnija čimbenika karcinogeneze u ljudi su pušenje, infekcije i upalne bolesti te prehrana. Smanjenje broja pušača reduciralo je pojavnost karcinoma pluća, higijenski uvjeti i vakcinacija reducirali su pojavnost karcinoma jetre pa prehrana i karcinogene komponente koje se unose putem hrane ostaju glavni izazov u borbi protiv ove bolesti (Sugimura, 1999.).

Karcinogene tvari u hrani su jedna od suvremenijih i još nedovoljno istraženih tema, koje se bave povezanošću prehrane i nastanka raka. Određeni mehanizmi dovode do nastanka raka, a karcinogeni u hrani doprinose ili uzrokuju oštećenja na DNA i pojavu zloćudnih oboljenja, čija veza se još pomno istražuje.

Za procjenu da li je neka komponenta u hrani karcinogena, postoje određeni kriteriji i pitanja koja moraju biti zadovoljena, ukoliko je supstanca toksična. Kada se utvrdi da je supstanca toksična/potencijalni karcinogen, tada se utvrđuje koja je priroda tog karcinogena. Karcinogeni mogu biti prirodno prisutni u hrani, dospjeti u hranu iz okoliša ili nastati tijekom procesiranja tj. obrade hrane (Jašić, 2009.).

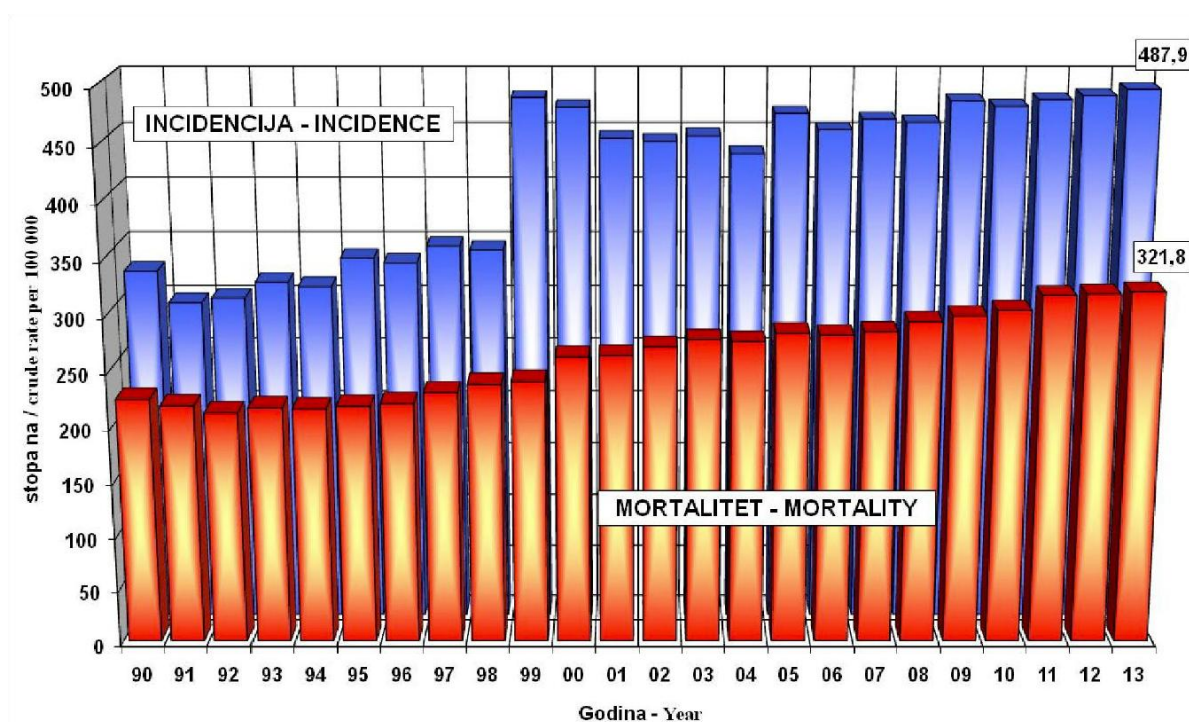
Ukoliko je čovjek namjerno dodao određene komponente koje su potencijalno karcinogene, govorimo o posebnoj skupini karcinogena – aditivima. Aditivi su komponente koje nisu prirodno prisutne u promatranoj namirnici, a dodani su u prehrambenoj industriji tijekom prerade i proizvodnje kako bi se poboljšalo kvalitetu promatranog proizvoda. Obzirom da se dodaju u hranu, koriste se za prehranu te kao takvi moraju biti odobreni od strane za to odgovornih organizacija (Katalenić, 2010.).

Ovaj rad daje pregled pojavnosti karcinoma i opisuje u kratkim crtama njegov nastanak, no poglavito se bavi potencijalnim karcinogenima u hrani, kao i povezanošću prehrane i nastanka ove bolesti.

2. GLAVNI DIO

2.1. KARCINOGENOST I PREHRANA

Rak je jedan od vodećih uzroka smrti diljem svijeta (Abnet, 2007.). Prema podacima Zavoda za javno zdravstvo Republike Hrvatske značajan je zdravstveni problem stanovništva Hrvatske, te drugi najznačajniji uzrok smrti. Iz dijagrama prikazanog na **slici 1** vidljiv je kontinuiran porast i incidencije i mortaliteta od raka u protekla dva desetljeća, a najčešća sjela raka u populaciji RH su traheja, bronha i pluća (18 %), prostata (15 %) te kolon (10 %) u muškoj populaciji te dojka (26 %), kolon (8 %) te traheja, bronha i pluća (7 %) u ženskoj populaciji (HZJZ, 2015.).



Slika 1 Stope incidencije i mortaliteta od raka u Hrvatskoj od 1990. do 2013. godine

Prema podacima Američke organizacije za rak (American Cancer Society, 2015), uzrokovan je promjenama stanične DNA tj. genetski je otisak na DNA.

Prehrana ima ključnu ulogu u karcinogenezi i to kroz nekoliko različitih mehanizama (Sugimura, 2000.). Rizičnim čimbenicima za razvoj karcinoma općenito se smatra previsok

energetski unos, visok unos masti, posebice onih animalnog podrijetla, česta konzumacija mesa te visok unos soli (Sugimura, 2000.).

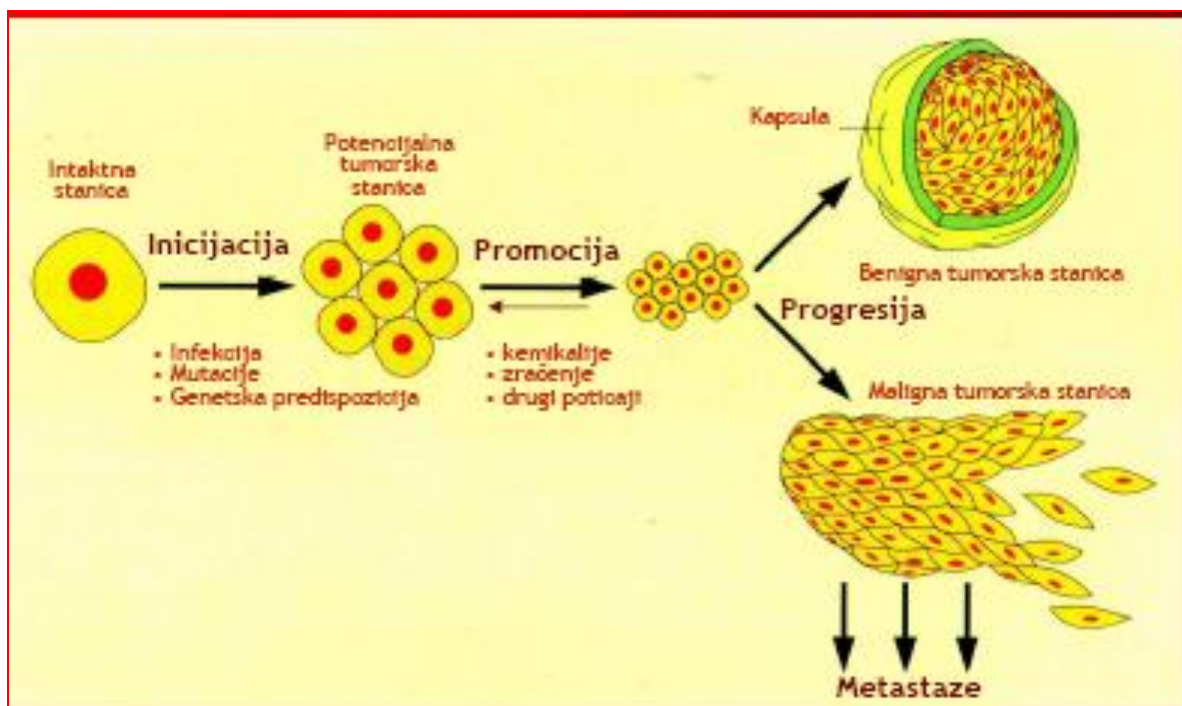
Sve češće epidemiološke studije ukazuju na štetan utjecaj specifičnih komponenata (toksina i karcinogena) iz hrane na ljudsko tijelo (Abbot, 1992.).

Način na koji kupujemo i konzumiramo namirnice kao i potrebe poduzeća za većom proizvodnjom uz niže troškove, dovele su nas do točke u kojoj se više ne možemo 100-postotno zaštititi od otrova u hrani. Nalaze se gotovo svugdje, a naš organizam ne prepoznaje razliku između slučajnog i namjernog, odnosno zakonski dozvoljenog i zabranjenog zagađenja. Problem javljanja oboljelih od nekakvog oblika raka/karcinoma je danas najveći problem u svijetu uz kardiovaskularne bolesti. Neki otrovi u hranu ne dopijevaju namjerno, zbog načina proizvodnje ljudske hrane, već se iz drugih proizvoda "ušuljaju" u hranu koju svakodnevno jedemo, primjer za to su dioksin i teški metali, a postoje i otrovi koji se koriste u proizvodnji i koji nisu u potpunosti odstranjeni iz finalnog proizvoda, kao što su lijekovi za stoku i pesticidi.

2.1.1.Karcinogenost i mehanizam slobodnih radikala

Toksične čestice u hrani mogu biti molekule, atomi i ioni. Da bi aktivirale svoje toksično djelovanje moraju proći kroz epitel probavnog trakta. Osnovni mehanizam apsorpcije toksičnih supstanci polazi od prolaska tih čestica kroz membrane stanica uzrokujući toksične promjene u organizmu. Toksične promjene mogu biti: iritantnost, alergičnost, korozivnost, teratogenost, embriotoksičnost, genotoksičnost, karcinogenost i mutagenost (Jašić, 2009.).

Karcinogenost je osobina supstanci koje mogu izazvati rak ili pak u kombinaciji s nekim drugim materijalima ili vanjskim utjecajima pospješiti njegovo nastajanje i razvoj. Karcinogene tvari tijekom vremena dovode do nastanka mutacija kao ireverzibilnih promjena na DNA stanica, a taj proces se naziva karcinogeneza. Tri su najznačajnija čimbenika karcinogeneze u ljudi pušenje, infekcije i upalne bolesti te prehrana (Sugimura, 1999.). Najčešći karcinogeni u hrani su dioksini, nitriti, benzolni spojevi, teški metali i mikotoksini (Jašić, 2009.).



Slika 2 Karcinogeneza (Oršolić, 2014.)

Karcinogeneza je proces koji ima tri faze: inicijaciju, promociju i progresiju (Slika 2). Inicijacija je ireverzibilni proces u kojemu se od jedne transformirane stanice razvijaju klonovi potencijalnih tumorskih stanica. Promocija je reverzibilan proces koji u manjem dijelu ovisi o djelovanju promotivnih, tj. karcinogenih čimbenika, dok u većem dijelu ovisi o količini čimbenika koji izazivaju inicijaciju. Nakon promocije može se javiti benigna tumorska stanica ili se proces nastavlja u fazi progresije. Progresija je ireverzibilni proces praćen uočljivim genomskim promjenama i stvaranjem primarnog tumora, koji kasnije može metastazirati, tj. proširiti se na okolne stanice i tkiva (Štraus, 1995.).

Još jedna vrsta čestica koja također može doći iz hrane, a uzrokuje oštećenja organizma i DNA su slobodni radikali, kemijski spojevi s jednim ili više nesparenih elektrona u vanjskoj elektronskoj ljusci. Taj nespareni elektron (ili elektroni) slobodna je valencija, zbog čega slobodni radikali imaju vrlo veliku kemijsku reaktivnost. U skladu s tim, u kemijskoj reakciji, poznatoj i kao oksidacija, dolazi do brzog i nepredvidivog spajanja slobodnih radikala s bilo kojim bliskim proteinom, lipidom, ugljikohidratom ili nukleinskom kiselinom. Vezivanjem slobodnih radikala na spomenute organske molekule mogu nastati novi spojevi, također sa svojstvima radikala i mogućnošću pokretanja novog niza neenzimskih lančanih reakcija. Izvori

slobodnih radikala mogu biti endogeni i egzogeni. Endogeni slobodni radikali u organizmu mogu nastati tijekom metabolizma kisika, fagocitoze, kemotaksije, apoptoze, koagulacije, hipoksije ili hiperoksije. Egzogeni izvor slobodnih radikala mogu biti dim cigarete, lijekovi, prehrana, pesticidi, radon, radioaktivno ozračivanje, UV-zračenje (Đukić i sur., 2008.).

2.1.2. Procjena utjecaja karcinogena na ljudsko zdravlje

Kroz povijest smo naučili da je sve toksično, jedino je doza ono što razdvaja toksične i netoksične supstance. Prilikom svrstavanja određene supstance hrane u kategoriju karcinogena, treba imati na umu dva čimbenika :

- procjenu djelovanja supstance na organizam kako bi se odredila potencijalna karcinogenost,
- procjenu izloženosti toksičnoj supstanci i određivanje količine koja je potrebna za štetan učinak na organizam (Abnet, 2007.).

U nekim slučajevima određena tvar može biti dokazano karcinogena, ali je u namirnicama prisutna u izuzetno malim količinama pa je prema tome njezin utjecaj na ljudsko zdravlje zanemariv.

Kada se prema gore navedena dva čimbenika utvrdi karakter određene tvari, tvar se svrstava u sljedeće kategorije :

- karcinogeno za ljude,
- potencijalno karcinogeno za ljude,
- nemoguće procijeniti karcinogenost,
- nije karcinogeno za ljude (Abnet, 2007.).

Prema Američkoj organizaciji za rak (American Cancer Society, 2015.) istraživanja karcinogenosti komponenata su još uvijek vrlo rijetka, složena i skupa i uglavnom se provode na životinjama, ali su vrlo korisna za procjenu da li su određene tvari karcinogeni rizik za ljude. Izlaganje ljudi karcinogenima u svrhu istraživanja je etički i moralno nekorektno, zato još uvijek ima malo pouzdanih istraživanja utjecaja karcinogena na ljude.

2.2. VRSTE KARCINOGENA U HRANI

Često se misli da toksične tvari dolaze samo iz izvora koje stvara čovjek, ali je činjenica da mnoge mogu biti prirodno prisutne u hrani. Tako toksične tvari u hrani mogu biti njeni prirodni konstituenti ili neprirodni sastojak koji nastaje kao rezultat kontaminacije hrane u lancu proizvodnje.

Kontaminanti u hranu mogu dospjeti nekontrolirano iz okoliša ili mogu biti rezidue (ostaci) tretiranja koje je čovjek koristio u različitim fazama proizvodnje. Kemijske kontaminante koji se mogu naći u hrani, a s obzirom na njihov izvor, možemo podijeliti na:

- **prirodne kontaminante**, kao što su mikotoksini porijeklom iz plijesni i enterotoksini iz bakterija,
- **kontaminante iz okoliša**, kao što su dioksini, policiklički bifenili, policiklički aromatski ugljikovodici,
- **kontaminante koji nastaju obradom hrane**, kao što su kloropropanoli, akrilamid, ostaci sredstava za čišćenje (Jašić, 2009.).

2.2.1. Prirodni kontaminanti

Prirodno prisutne toksične tvari u hrani mogu biti iz biljnih i životinjskih namirnica. U hrani su prisutne kao prirodni toksini u biljkama, toksične tvari u gljivama, prirodni toksini koji se koriste kao pesticidi, toksini animalnog porijekla, itd. Česti su primjeri toksičnih tvari koje proizvode alge, a kojima se u ekosustavu hrane ostale morske životinje, pa se tako toksini prenose na ostale stanovnike ekosustava. Svježa pitka prirodna voda također može sadržavati toksične tvari. Karcinogeni spojevi prirodnog porijekla još nisu dobro istraženi (Jašić, 2009.).

2.2.1.1. Prirodni kontaminanti biljnog porijekla

Prirodni toksini u biljkama mogu se svrstati u nekoliko grupa kao što su: inhibitori enzima, cijanogeni glikozidi, glukozinolati u lisnatom povrću (kupusu, brokuli), lektinski proteini – fitohemaglutinini, latirogeni odnosno pirolizidinski alkaloidi u slanutku, otrovne gljive i sl. (Jašić, 2009.).

Neke komponente iz hrane mogu utjecati i na smanjenu iskoristivost vitamina u organizmu. Takve antivitaminske tvari su antitijaminske komponente u zelenoj soji, rižinim mekinjama, repi i sl.

Primjeri **inhibitora enzima** su kolinesteraza inhibitori, koji se mogu nalaziti u krumpiru, rajčici i patlidžanima. Acetilholin je neurotransmiter u mozgu i perifernom živčanom sustavu. Funkcija enzima kolinesteraza je razlaganje acetilkolina. Ako se kolinesteraza inhibira, onda kontinuirano prisustvo acetilkolina uzrokuje prestimulaciju post-sinaptičkih živčanih stanica uzrokujući simptome trovanja. Glikoalkaloidi kao što su solanin i kaconin su antikolinesteraze. Inhibitori proteaza su proteini koji imaju sposobnost inhibiranja proteaza. Toplinskim tretmanom se osigurava probava proteina. Poznatiji inhibitori proteaza se nalaze u sirovim sojinim zrnima, inhibitori amilaza u pšeničnom brašnu i tanini u kavi, čaju i kakau. Inhibitori proteaza interferiraju sa tripsinom i kemotripsinom, pankreasnim enzimima koji razlažu proteine. Oni se nalaze u nekim zrnima žitarica kao što su kukuruz, pšenica, ječam, proso, zob, kao i u luku, korijenu repe i kikirikiju. Sirovo sojino zrno sadrži visoku razinu tripsin inhibitora. Tripsin inhibitori i kemotripsin inhibitori se nalaze u sjemenu leguminoza pa je važno upotrijebiti odgovarajući toplinski tretman za njihovu inaktivaciju. U hrani mogu biti prisutni i drugi toksični spojevi kao što je gosipol, otrov koji štiti pamuk od insekata. Ulje od pamuka se koristi u prehrani pa se djelomično može pojaviti u formi rezidua. Gosipol prolazi kroz stanice i uzrokuje inhibiciju nekoliko dehidrogenaza enzima.

Cijanogeni glikozidi su specifični biljni enzimi prisutni u brojnim biljkama i sjemenju kao što su grah, sjemenke voća, sjemenke lana, gorki bademi. Toksikanti te skupine imaju svojstvo oslobađanja cijanovodične kiseline enzimskom hidrolizom, i to prilikom maceracije svježeg biljnog materijala tijekom žvakanja, kada enzimi i supstrat dođu u kontakt. Najznačajniji predstavnici su amigdalinalin, linamarin, prunasin i durin. Simptomi akutnoga i kroničnoga trovanja uključuju probavne i neurološke smetnje (paraliza, sljepoća), metaboličku acidozu, pri čemu trovanje može završiti smrću. Razgradnjom cijanida u tijelu nastaje tiocijanat, koji je goitrogen (izaziva gušavost). Određeni postupci obrade hrane (namakanje, kuhanje), a posebno fermentacija značajno smanjuju rizik trovanja. Prehrana bogata visokovrijednim bjelančevinama također smanjuje rizik od trovanja zbog poticanja netoksičnog metabolizma, jer aminokiseline sa sumporom reagiraju s cijanovodikom i nastaje neškodljiv spoj (Klapec, 2010.).

Glukozinolati u lisnatom povrću (goitrogene tvari) su komponente koje smanjuju učinak štitne žlijezde, onemogućujući apsorpciju joda koji je ključan nutrijent važan za rast, kognitivne sposobnosti i hormonalnu ravnotežu. Nedostatak joda uzrokuje povećanje štitne žlijezde i pojavu bolesti kretinizma. Upravo su glukozinolati spojevi koji to uzrokuju, a možemo ih naći u špinatu, blitvi, brokuli, kupusu i cvjetači. Visoke temperature inaktiviraju glukozinolate, tako da se preporuča umjereno konzumiranje sirove hrane u kombinaciji sa kuhanom (Dolan i sur., 2010.).

Lektinski proteini u leguminozama su skupina proteina i glikoproteina koji imaju sposobnost vezanja određenih ugljikohidrata. Zajednički otrovi za većinu mahunarki su fitohemaglutinini (lektini), koji se raspadaju duljim kuhanjem (grah je potrebno kuhati barem 10-15 min da bi mogli u njemu bezbrižno uživati). Ova skupina lektina ima različite štetne učinke in vitro (ispitivanja u epruveti), kao npr. aglutinaciju crvenih krvnih zrnaca. To ne mora značiti ništa, jer se slabo apsorbiraju i razgrađuju u probavnom sustavu, a posljedica unosa može biti povraćanje i ostale probavne tegobe. Ključno je to što se ova skupina tvari vrlo brzo raspada kod temperature kuhanja i problemi nastaju jedino u slučaju uživanja u sirovim mahunarkama (Plavšić, 2011.).

Eruka kiselina u uljanoj repici je povezana sa povećanjem kolesterola u krvi kod testova na životinjama, što je rezultiralo većom smrtnošću testiranih životinja, povezana sa skladištenjem masti u srčanom mišiću (Dolan i sur., 2010.).

Neki od najpoznatijih spojeva iz skupine **pirolizidinskih alkaloida** su simfitin, retronecin, indicin, senecionin. Glavni izvori pirolizidinskih alkaloida su porodice *Boraginaceae*, *Compositae* i *Leguminosae*, naročito vrste *Senecio* (*Compositae*), *Crotalaria* (*Leguminosae*) te *Heliotropium* (*Boraginaceae*). Navedene biljne vrste uključuju trave koje rastu u žitnim poljima pa mogu završiti u žitu i brašnu, a mogu dospjeti i u mlijeko i meso. Med također može sadržavati te spojeve. Ljekovite biljke kao što su čajevi i pripravci sadrže visoke količine pirolizidinskih alkaloida. Na pokusnim životinjama je utvrđena toksičnost za jetru (Sugimura, 2000.). Potrošači moraju biti upoznati i upozoreni prije korištenja određenih ljekovitih biljaka, a posebno na oprezu moraju biti trudnice i djeca (Klapec, 2010.).

Fitinska kiselina je organska kiselina, nalazi se u klici i mekinjama mnogih žitarica, zatim u orašastim plodovima i u leguminozama. Istraživanja su pokazala da kompleksi fitinske kiseline nisu topljivi u probavnom traktu te da smanjuju dostupnost minerala koje fitinska

kiselina veže (cink, kalcij, željezo, bakar). Također, nađeno ja da blokira rad određenih enzima kao što su tripsin, pepsin i amilaza. Konzumacija prevelikih količina fitinske kiseline može dovesti do pomanjkanja minerala i neprobaljivosti škroba i nekih proteina. Posebno na oprezu moraju biti vegeterijanci, jer tofu i slične namirnice sadrže veće količine fitinske kiseline (Dolan i sur., 2010.).

Oksalati su soli organske kiseline koji vežu kalcij i ostale minerale i čine ih netopljivima, što smanjuje njihovu biološku iskoristivost. Konzumacija hrane bogate oksalatima može uzrokovati smanjeni rast kostiju, bubrežne kamence i još mnoge simptome. Nalaze se u namirnicama kao što su peršin, šparoge, salata, celer, rajčice, kava i bobice. Kuhanjem se ne uklanjaju oksalati pa ih je teško ukloniti iz namirnica (Klapec, 2010.).

Safrol se može naći u nekim biljkama i proizvodima kao što je muškatni oraščić, cimet i kakao. U koncentraciji 1% u prehrani, safrol uzrokuje gubitak kilograma, oštećenje koštane srži i maligne tumore jetre kod štakora, što ga čini najvjerojatnijim ljudskim karcinogenom (Dolan i sur., 2010.).

Piperidin i alfamelipirolin su sekundarni amini u crnom biberu koji mogu prijeći u nitrozopiperidin koji je izrazito karcinogen (Jašić, 2009.).

2.2.1.2. Prirodni kontaminanti životinjskog porijekla

Pojedine životinjske vrste koje se koriste u prehrani ljudi također proizvode i nakupljaju toksine u svome tkivu. Veći broj vrsta morskih školjki i morskih riba, u određeno godišnje doba, mogu izazvati trovanje ljudi. Simptomi trovanja školjkama su obično paraliza respiratornih mišića i slabost mišića ekstremiteta i vrata. Posebno su značajni školjkaši i njihovi prirodni otrovi kao što je histamin i domoična kiselina (Jašić, 2009.).

Histamin se formira post mortem u ribama, bakterijskom dekarboksilacijom iz aminokiseline histidina. Do nastanka histamina dolazi uslijed nepravilnog čuvanja namirnica životinjskog podrijetla kao što su skuša, tuna, sardina, haringa, inćuni i ostali morski plodovi. Simptomi trovanja ovise o dozi i mogu uključivati probavne tegobe, promjene na koži i neurološke poremećaje. Do pojačanja djelovanja histamina dolazi ukoliko se uz namirnicu sa histaminom konzumiraju i fermentirani proizvodi kao što su kiseli kupus, vino, pivo (Klapec, 2010.).

Domoična kiselina je neurotoksin izoliran iz crvenih algi "doumoi" u Japanu i po njima je dobila ime. Može se naći u mesu morskih životinja koje se hrane planktonom kao što su

školjke, srdele i inćuni. Kao atipična aminokiselina, izaziva kod ljudi i sisavaca neurotoksične probleme (halucinacije, gubitak pamćenja, dezorijentacija, koma) i probavne tegobe (proljev, bol u abdomenu), a prosječna smrtnost iznosi do 3% (Jašić, 2009.).

Aflatoksin sintetizira ograničeni broj sojeva plijesni iz rodova *Aspergillus*, *Penicillium* i *Fusarium*. Predstavljaju smjesu kemijski srodnih spojeva, derivata difurokumarina, među kojima su najvažniji predstavnici aflatoksini B₁, B₂, G₁, G₂, M₁ i M₂. Aflatoksin B₁ je najvažniji karcinogen od svih aflatoksina. Nalazimo ga u poljoprivrednim proizvodima, žitaricama, uljaricama, kavi, riži, kikirikiju, pistacijama. U organizmu sisavaca AFB₁ se transformira u aktivni oblik. Na osnovi brojnih epidemioloških istraživanja provedenih na pokusnim životinjama (štakorima, majmunima i ribi) dokazano je da je siguran karcinogen, pogotovo za jetru (Sugimura, 2000.). Može izazvati zloćudni tumor jetre, a izaziva i pomutnje na bubrezima, dušniku i potkožnom tkivu (Klapec, 2010.). Njegov dugotrajan unos hranom u organizam je rizičan čimbenik za razvoj primarnog hepatocelularnog karcinoma. Smanjenje rizika karcinogenosti je nemoguće osigurati termičkom obradom, jer podnosi jako visoke temperature (do 260°C). Jedino primjenom fizičkih, kemijskih i bioloških postupaka; sušenjem žitarica, kemijskim antifungalnim agensima, dehidriranim amonijakom pri povišenoj temperaturi i tlaku, jakim kiselinama i lužinama i oksidirajućim agensima, količina aflatoksina u hrani se može smanjiti (Klapec, 2010.).

Okratoksini su skupina bliskih derivata dihidroizokumarina, čiji najtoksičniji predstavnik je okratoksin A (OTA). Kao sekundarni metabolit plijesni iz rodova *Aspergillus* i *Penicillium* jak je mikotoksin s hepatoksičnim, nefrotoksičnim, genotoksičnim i karcinogenim djelovanjem (Klapec, 2010.). Okratoksin A je bezbojan, kristaličan spoj, umjereno stabilan te u određenoj mjeri podnosi većinu postupaka procesiranja hrane. Nalazimo ga u kukuruzu, pšenici, raži, ječmu, zobi, riži, soji, svinjskom mesu, orašastim plodovima. Može izazvati akutno zatajenje bubrega kod pokusnih životinja. Također, inhibira sintezu mitohondrijskog ATP i stimulira lipidnu peroksidaciju, prouzročuje oksidativni stres i u malim koncentracijama stimulira apoptozu u epitelnim stanicama bubrega u štakora. OTA je toksičan u svim životinjskim vrstama, posebice u organima kao što su bubrezi, jetra i krvožilni sustav. Od fizikalnih metoda za uklanjanje OTA iz namirnice djeluju prženje, zagrijavanje na više temperature, a od kemijskih metoda obrada amonijakom s kalcijevim hidroksidom (Klapec, 2010.).

Fumonizini su skupina sekundarnih produkata metabolizma koje proizvode različite vrste plijesni roda *Fusarium* tijekom rasta na kukuruzu. U toj skupini najtoksičniji su fumonizini B₁ i B₂. Mikotoksikoze prouzrokovane ovim toksinima uzrokuju leukocefalomalaciju u konja, magaraca i mula i plućni endem u svinja (Klapec, 2010.). Prijavljena je i karcinogenost fumonizina B₁ za štakore (Sugimura, 2000.). Ljudi mogu imati zdravstvenih malignih posljedica koje su povezane uz bubrege i jetru. Izvori fumonizina su poljoprivredne kulture; kukuruz, zob, brašno, riža itd. (Klapec, 2010.).

2.2.2. Kontaminanti iz okoliša

Dospijevaju u hranu iz zemlje u kojoj namirnice rastu, u zraku, u okolišu i uvjetima u kojima su životinje uzgojene ili žive (Jašić, 2009.).

Dioksini su najrasprostranjenije toksične kemikalije u okolišu, a posljedica su tehnoloških aktivnosti čovjeka. Nisu topljivi u vodi, ali su topivi u mastima i imaju tendenciju akumulacije u višim životinjskim vrstama i kod čovjeka. Teško se razgrađuju i hlapivi su spojevi pa se lako prenose na velike udaljenosti. Dioksini su otpušteni u okoliš prije puno godina i danas su još uvijek prisutni kao onečišćivači (Vasić-Rački, 2010.). Kada se govori o dioksinima misli se na poliklorirane dibenzo-*p*-dioksine i poliklorirane dibenzo-furane koji imaju slična svojstva. Najproučavaniji i najtoksičniji dioksinski spoj je 2,3,7,8-tetraklorodibenzo-*p*-dioksin zvan TCDD. TCDD je bezbojna, bezmirisna organska tvar koja sadrži ugljik, kisik i klor. Nastaje kao nenamjerni nusprodukti različitih industrijskih procesa i iz domaćinstva (proizvodnja drugih kemikalija, proizvodnja čelika, bijeljenje papira, gorenje drva, nekontrolirano spaljivanje opasnog otpada) i zbog toga se primarno nalazi u zraku. Iz zraka se deponira u tlo, vodu i biljke i dalje preko životinja, tj. hrane animalnog podrijetla (meso, mlijeko) ulazi u hranidbeni lanac. Podaci o djelovanju dioksina na ljude prikupljeni su iz mnogobrojnih industrijskih katastrofa. Karcinogeni su i mogu izazvati probleme u reprodukciji i razvoju. Uništavaju imunološki sustav i utječu na hormonalni sustav. Polako se razgrađuju u organizmu čovjeka i akumuliraju se, što je posebno opasno za ljude koji se kronično izlažu dioksinima. Za smanjenje rizika od trovanja, kako se dioksini nakupljaju u masnom tkivu, treba skidati kožu pri konzumaciji riba i peradi, izbjegavati meso i mlijeko. Nažalost, pranjem voća i povrća ne uklanjaju se dioksini (Vasić-Rački, 2010.).

Policiklički aromatski ugljikovodici (PAH) su spojevi koji se sastoje od dvije ili više kondenziranih aromatskih (benzenskih) prstenova i imaju atome ugljika i vodika. Nastaju kao posljedica nepotpunog izgaranja organskih spojeva, izgaranjem goriva u automobilima pri čemu nastaju npr. benzo[a]piren, benzo[b]fluoranten i benzo[k]fluoranten. Nalazimo ih u nafti, ugljenu i naslagama katrana. Ti spojevi imaju veliku molekulsku masu pa nisu hlapivi i zato se primarno nalaze u tlu, sedimentima i uljnim materijalima. Iz zraka se razgrađuju djelovanjem sunčeva svjetla, a iz vode i tla djelovanjem mikroorganizama. Policiklički aromatski ugljikovodici dolaze u hranu iz okoliša pri industrijskoj proizvodnji hrane te kod pripremanja hrane u domaćinstvu. Najveća koncentracija PAH je pronađena u žitaricama i prerađevinama te morskoj hrani (ribe, školjke). Određeni postupci obrade hrane kao što su dimljenje, sušenje, kuhanje/pečenje/roštiljanje hrane obično su glavni izvori kontaminacije PAH-a. Istraživanja na životinjama su pokazala da PAH-ovi prouzrokuju mutagene i karcinogene promjene pa se pretpostavlja da takav utjecaj imaju i na ljude. S PAH-ovima se povezuju i rak pluća (PAH-ovi u dimu) i rak dojke (Vasić-Rački, 2010.). Treba izbjegavati meso ili ribu pripremljenu na roštilju s ugljenom te dimljenu hranu.

Poliklorirani bifenili (PCB) su grupa sintetskih organskih spojeva kod kojih je jedan ili svih deset atoma vodika iz bifenilne molekule zamjenjen atomom klora. Spojevi su usko vezani uz dioksine jer pokazuju sličnu toksičnost pa se često svrstavaju u istu kategoriju kao dioksini. Imaju široku primjenu u industriji (za boje, premaze, tinte, adheziva) i kao rashladni mediji u hladnjacima. S obzirom da su imali široku primjenu, a jako se apsorbiraju u tlu i imaju spori proces razgradnje, još uvijek su uzrok onečišćenja okoliša, a time i hrane. Bifenili dolaze u okoliš zbog nepravilnog zbrinjavanja otpada ili korištenja u električnim i hidrauličkim uređajima. Najviše ih ima u tlu te se tako rasprostranjuju u okoliš. Domaće životinje su izložene PCB-ima uzimanjem stočne hrane s onečišćenog tla te se akumuliraju u mesu, jetri i masnom tkivu i posebice ribi. Neki PCB prouzrokuju oštećenja deoksiribonukleinskih kiselina, ubrzavaju rak jetre kod štakora te su vjerojatno karcinogeni i za ljude. Povezuju se sa rakom pluća i jetre. Žene izložene većim količinama PCB-a tijekom trudnoće, rađaju djecu s manjom težinom, smanjenog imuniteta te problemima s motorikom i u razvoju. Za izbjegavanje unosa bifenila treba izbjegavati konzumaciju masti i ulja te ribe, posebno ribe predatora. Istraživanja su pokazala da redovito konzumiranje lososa povećava rizik da se razvije rak kod rizičnih skupina; djece i trudnica (Vasić-Rački, 2010.).

Živa je teški metal koji se javlja u metalnom, organskom i anorganskom obliku. Najznačajniji izvori žive za čovjeka su hrana (ribe), amalgam (plombe), cjepiva i prirodni vulkanski izvor. Živa može u okoliš doći i iz otpadnih tvari i materijala, a zatim u tlo, vodu i atmosferu. Točnije, kada živa dospije u atmosferu, padne u obliku kiše ili snijega ponovno na zemlju, bakterije ju, u tlu i sedimentima mora i jezera, pretvore u metil-živu. U takvom obliku koriste ju fitoplankton, vođeno bilje i životinje i tako hranidbenim lancem i bioakumulacijom dospjeva do čovjeka. RIBE koje se nalaze na vrhu prehrambenog lanca; morski psi, tune, sabljarke, losos i skuše, imaju najveću koncentraciju žive koja se akumulira u njihovim organizmima. Ostala hrana kao što su biljke i gljive, sadrže većinom anorgansku živu koja je manje toksična od organske. Uzimanje anorganske žive hranom, uzrokuje grčeve u trbuhu, čir na želucu i poremećaj u radu bubrega. Konstantna izloženost živinim parama uzrokuje poremećaje centralnog živčanog sustava. Metil-živa može dovesti do oštećenja živčanog sustava nerođenog djeteta, ukoliko ju majka konzumira, a kod odraslih osoba javlja se Alzheimer, artritis i poremećaji imunološkog sustava. Da bi se izbjegla kontaminacija živom, treba konzumirati umjerene količine ribe i to one pri kraju hranidbenog lanca, dok bi ih trudnice trebale skroz izbjegavati. Također, fermentirana hrana kao jogurt ili kiselo zelje mogu smanjiti trovanje organizma živom (Vasić-Rački, 2010.).

2.2.3. Kontaminanti koji nastaju obradom hrane

Osnovna svrha termičke obrade hrane je dobiti mikrobiološki sigurnu hranu sa optimalnim nutritivnim i senzorskim svojstvima i minimalnim sadržajem potencijalno štetnih tvari. Termičkom obradom hrane pri visokim temperaturama dolazi do stvaranja određenih vrsta toksičnih tvari. Toksini koji nastaju obradom mogu biti različiti produkti procesa. Tako toksične tvari mogu nastati u procesima kao što su Maillardove reakcije, autooksidacija lipida, tretiranje kiselinama i lužinama, fermentacija, salamurenje, ionizirajuće zračenje, obrada vode za piće i drugi (Jašić, 2009.).

Akrilamid je toksična tvar koja nastaje termičkom obradom nekih vrsta hrane pri visokim temperaturama. Može biti prisutan u širokom spektru pržene i pečene hrane (Jašić, 2009.). Akrilamid je od strane IRAC-a (Insecticide Resistance Action Committee) svrstan u grupu vjerojatno karcinogenih tvari za ljude (Šarkanj, 2010.). Ispitivanja su pokazala da se relativno

visoke koncentracije akrilamida nalaze u hrani bogatoj ugljikohidratima i mastima kao što su čips, prženi i pečeni krumpir, krekeri i tostirani kruh (Šarkanj, 2010.; Periš, 2011.). Kruh, odnosno kora kruha, žitarice i kava također sadrže određene koncentracije akrilamida (Šarkanj, 2010.). Nastanak akrilamida je u vezi sa stupnjem preprženosti hrane, gdje dolaze do izražaja Maillard-ove reakcije, posebno reakcija aminokiseline asparagina s izvorom karbonila (reducirajućeg šećera) kod temperatura iznad 120°C. Zbog male molekulske mase lako se i brzo apsorbira u crijevima te putem krvožilnog sustava prenosi po organizmu. Uz karcinogeno, ima dokazano i genotoksično i neurotoksično djelovanje (Šarkanj, 2010.). Kod pokusa sa miševima utvrđene su maligne promjene na štitnjači, testisima, mliječnim žlijezdama, plućima i mozgu (Šarkanj, 2010.). Za nastanak manje akrilamida koriste se namirnice sa izmjenjenim kemijskim sastavom tj. sa manje šećera jer oni predstavljaju najveći problem. Blanširanje, upotreba organskih kiselina, sušenje namirnica prije prženja, pomažu smanjenju nastanka akrilamida (Šarkanj, 2010.).

Heterociklički amini (HA) općenito nastaju tijekom termičke obrade namirnica koje sadrže dušikove spojeve (posebice mesa i ribe), tj. formiraju se kada aminokiseline i kreatin reagiraju na visokim temperaturama u Maillardovim reakcijama (Periš, 2011.). Za nastanak HA potrebni su kreatin ili kreatinin, slobodne aminokiseline i šećeri te povišena temperatura (Sugimura, 2000.). Četiri čimbenika utječu na formiranje heterocikličkih amina: vrsta hrane, metoda kuhanja, temperatura i vrijeme (Jašić, 2009.). Dijele se na dvije skupine: termički HA i pirolitički HA, a razlika među njima je u temperaturi nastanka. Termički HA nastaju na temperaturama od 100 do 300°C, dok pirolitički nastaju na temperaturama iznad 300°C (Šarkanj, 2010.). Najveće količine HA dobivaju se prženjem hrane u tavi, potom slijedi roštiljanje, prženje u dubokom ulju i pečenje, dok kuhanjem nastaju jako male količine ili uopće nenastaju (Šarkanj, 2010.). Heterociklički amini se mogu naći i u kuhanom mišićnom mesu. Drugi izvori proteina kao što su mlijeko, jaja, tofu, jetra sadrže vrlo malo ili skoro ništa HA ako se kuhaju.

Heterociklički amini su komponente koje na više načina mogu utjecati na nastanak karcinoma u različitim tkivima (Sugimura, 2000.). Povezuju se s rakom prostate, dojke i debelog crijeva (Sugimura, 2000.; Šarkanj, 2010.), ali i pluća kod onih koji su izloženi parama prilikom pečenja (Šarkanj, 2010.). Epidemiološkim studijama potvrđena je povezanost konzumacije mesa koje je izrazito termički tretirano i pojavnosti karcinoma (Sugimura,

2000.). Također, studijama na životinjama dokazano je da količina adukata HA na DNA raste proporcionalno dozi ovih spojeva te je direktno povezana s rizikom nastanka raka (Periš, 2011.).

Da bi se smanjila količina HA u hrani treba smanjiti vrijeme i temperaturu tretiranja te dodati vitamin E i ostale antioksidanse u namirnicu prije pečenja (Šarkanj, 2010.; Periš, 2011.). Redukcija količine HA u mesu postiže se također izbjegavanjem izlaganja mesa otvorenom plamenu, omatanjem mesa u aluminijsku foliju prije pečenja u pećnici ili primjenom mikrovalova za termički tretman mesa (Sugimura, 2010.)

Klorpropanoli nastaju obradom različitih vrsta hrane ili sastojaka hrane. To su produkti glicerola i kloridne kiseline, koji nastaju kod povišene temperature. Najvažniji spojevi iz grupe klorpropanola su 3-monoklorpropandiol (3-MCPD) i 1,3-diklor-2-propanol. Značajne količine mogu biti u ječmu za vrijeme proizvodnje slada, kao i tostiranom kruhu, prženom siru ili prženim žitaricama, umacima od soje i sličnim proizvodima, biskvitima, kuhanoj usoljenoj ribi ili mesu (Jašić, 2009.). Nepogodno djeluju na plodnost muškaraca i funkcije bubrega (Šarkanj, 2010.). Za smanjenje količine klorpropanola u hrani moramo primijeniti čimbenike kao što su viši pH, snižena temperatura, visoki sadržaj vlage, kraće vrijeme procesiranja (Šarkanj, 2010.).

Produkti oksidacije masti i ulja nastaju termičkom obradom masti i ulja, a nalazimo ih u prženoj hrani. Tijekom prženja dolazi do autooksidacije masnih kiselina pri čemu nastaju reaktivni hidroperoksidi, koji se dalje prevode do aldehida, ketona i alkohola. Prooksidansi pogoduju oksidaciji, a takvi su toplina, kisik, svjetlo i metalni ioni. Oksidaciji je podložna sva vrsta hrane koja ima lipide u kemijskom sastavu. Produkti oksidacije mogu toksično djelovati na staničnu proliferaciju ili prouzročiti apoptozu. Hidroperoksidi uzrokuju iritaciju gastrointestinalnog trakta, povezuje ih se sa kardiovaskularnim bolestima, Parkinsonovom i Alzheimerovom bolesti. Rizik od oboljenja se smanjuje izbjegavanjem pržene hrane. U industriji se preporuča češća zamjena masti za prženje i pravilno skladištenje masti i ulja (Šarkanj, 2010.).

Nitrozamini su skupina spojeva koji nastaju reakcijom nitrita sa sekundarnim i tercijarnim aminima u kiseloj sredini. Reakcije nitrozacije se odvijaju i kod povišene temperature, prilikom pečenja slanine ili šunke. Osim izravnim unosom i termičkom preradom, nastaju i reakcijom nitrita s aminima tijekom probave pri niskom pH od 3,4. Velike količine nitrita

dobivaju se redukcijom prehrambenih nitrata pomoću bakterija u ustima i crijevima. Nitriti se unose u organizam preko povrća, posebice lisnatoga i korjenastoga, dok se nitrati i nitrozamini unose suhomesnatim dimljenim proizvodima. Najviše koncentracije nitrozamina su nađene u tamnome ili dimljenome pivu, a ima ih u nekim vrstama viskija, ali je količina puno manja zbog različitog procesiranja slada. Što se tiče ostale hrane ima ih u dimljenim proizvodima (meso i riba), kobasicama, siru, zelenom čaju. Neki nitrozamini mogu nastati spontano, tijekom duljeg skladištenja, a dio može migrirati i s gume na ambalaži koja je u kontaktu s hranom. Osim hranom, unose se i pušenjem iz duhanskog dima. Na životinjama je dokazana mutagenost i karcinogenost, a djeluju i na različite vrste stanica u pojedinim organima. Karcinogena svojstva su čak i potvrđena epidemiološkim studijama na ljudima. Dokazana je povezanost između tumora mozga kod djece i unosa velikih količina salamurenoga mesa njihovih majki za vrijeme trudnoće. Metode za suzbijanje nitrozamina u hrani su: promjena procesa kod sušenja slada, smanjenje dodatka nitrata i nitrita u smjesu za salamurenje suhomesnatih proizvoda, dodatak inhibitora sinteze nitrozamina (Šarkanj, 2010.).

2.3. ADITIVI U HRANI

Posebna kategorija potencijalnih karcinogena u hrani su aditivi. Ova kategorija je izdvojena od ostalih, jer je za razliku od njih korištenje ovih supstanci namjerno. Dok kod ostale tri kategorije imamo prirodno javljanje toksičnih supstanci, aditive je čovjek sam namjerno odlučio dodati u hranu, naravno, u za to zakonski propisanim granicama (Katalenić, 2010.).

Prehrambenim aditivima smatraju se tvari poznatoga kemijskoga sastava, koje se ne konzumiraju kao hrana, niti su tipičan sastojak hrane, bez obzira na prehrambenu vrijednost, a dodaju se hrani u svrhu poboljšanja tehnološkog učinka i održavanja senzorskih svojstava (Lerotić i Vinković, 2005.). Današnja proizvodnja hrane se ne može zamisliti bez korištenja aditiva, jer oni poboljšavaju ili čuvaju nutritivni profil namirnica (minerali i vitamini), sprječavaju kvarenje namirnica (konzervansi), održavaju konzistenciju proizvoda (emulgatori, stabilizatori), omogućuju dizanje tijesta i reguliranje kiselosti/lužnatosti i očuvanje ili poboljšanje prirodne arome i boje namirnica (Lerotić i Vinković, 2005.).

Dodavanje aditiva mora biti tehnološki opravdano, aditivi moraju biti toksikološki ocjenjeni, dodaju se u hranu u dopuštenim i propisanim količinama, ne smiju utjecati na prirodno svojstven okus i miris hrane (osim ako im to nije posebna namjena), njihovim dodavanjem se ne smiju stvarati toksične tvari (Katalenić, 2010.). Aditivi se označuju E brojem, kao potvrdom toksikološke evaluacije i klasifikacije pojedinog aditiva (Katalenić, 2010.). The Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives(JECFA), međunarodno je znanstveno povjerenstvo eksperata FAO/WHO Ujedinjenih naroda, koje se brine o određivanju zakonskih granica za aditive i istraživanjima vezanima uz opasnosti koje se javljaju dodatkom aditiva (Katalenić, 2010.). Directorate General for Health and Consumers (DG SANCO), nadležno je tijelo u EU, odgovorno za izradu zakona o hrani, sigurnost hrane i prava potrošača, dok znanstvenu procjenu rizika za aditive obavlja Odbor za prehrambene aditive i prehrambene tvari koji se dodaju u hranu, Europske agencije za sigurnost hrane (European Food Safety Authority,EFSA)(Katalenić, 2010.)

Aditivi se primarno dijele u dvije skupine: prirodni i sintetski. Razlika ne postoji, jer su aditivi koji se nalaze u prirodnim sirovinama kao i aditivi sintetizirani kemijskim putem, podvrgnuti kontroliranome kemijskome postupku pri njihovom dobivanju. Svaki kemijski postupak, pa i

kuhanje jela s prirodnim sirovinama, nosi sa sobom moguće onečišćenje ili nastajanje štetnih tvari za ljudsko zdravlje (Katalenić, 2010.).

Sekundarno, aditivi se dijele na 26 kategorija: bojila, konzervansi, antioksidansi, emulgatori, emulgatorske soli, stabilizatori, zgušnjivači, tvari za želiranje, regulatori kiselosti, kiseline, tvari za sprječavanje zgrudnjavanja, pojačivači okusa, tvari za zaslađivanje ili sladila, modificirani škrobovi, tvari za poliranje, tvari za zadržavanje vlage, tvari za postizanje klizavosti, tvari za tretiranje brašna, učvršćivači, povećivači volumena, potisni plinovi, tvari protiv pjenjenja, nosači, tvari za pjenjenje, plinovi za pakiranje i sekvestranti (Katalenić, 2010.).

Bojila se dodaju hrani da bi se nadomjestila prirodna boja koju je hrana izgubila tijekom preradbe, transporta ili skladištenja. Bojila imaju estetsku funkciju, čine proizvod privlačnijim kupcu ili pak sugeriraju bolju kvalitetu od stvarne. Bojila mogu biti prirodna ili umjetna. Neka od njih, posebno ona iz grupe azo-bojila, upitne su zdravstvene ispravnosti. (Lerotić i Vinković, 2005.). **Bojilo amaranth E132** sintetsko je azo-bojilo, kod životinja uzrokuje stvaranje bubrežnih kamenaca i inducirane pobačaje, a zbog potencijalne kacinogenosti zabranjen je u SAD-u i Rusiji (Lerotić i Vinković, 2005.). **Bojilo Tartrazin E102** je sintetsko žuto azo-bojilo koje se nalazi u instant juhama, pudinzima, gaziranim pićima i slično. Alergen je za osobe osjetljive na aspirin ili benzojevu kiselinu, a moguće su smetnje disanja, osip i poremećaji vida. Moguće je da izaziva hiperaktivnost kod djece, a karcinogenost je premalo istražena. Zabranjen u Norveškoj (Lerotić i Vinković, 2005.).

Konzervansi sprječavaju ili usporavaju razmnožavanje mikroorganizama koji uzrokuju kvarenje hrane. Tako produžuju njezinu trajnost i omogućuju skladištenje i transport lako pokvarljive robe. Najčešći su konzervansi sorbinska kiselina i njezine soli (E200, E202, E203), benzojeva kiselina i njezine soli (E210 – E213), sumporov dioksid i spojevi sumpora (E220 – E228), nitriti i nitrati (E249 – E251) koji se najčešće rabe u proizvodnji suhomesnatih proizvoda (Lerotić i Vinković, 2005.). **Natrijev benzoat E211** je natrijeva sol benzojeve kiseline (E210). Upotrebljava se za površinsku obradu suhomesnatih proizvoda, u proizvodnji gaziranih sokova, alkoholnih pića, umaka, mliječnih deserta, slatkiša, margarina, majoneze, umaka, preljeva za salate i sl. Kod osoba koje boluju od astme, urtikarije ili su osjetljive na aspirin može uzrokovati alergijske reakcije. Postoje sumnje da u kombinaciji s tartrazinom (E102) može izazivati hiperkinetički sindrom kod djece. Uvažavajući načelo opreza, Europska

unija smatrala je potrebnom novu procjenu ovog aditiva (Lerotić i Vinković, 2005.). **Natrijev nitrit E250** je dopušten samo za suhomesnate proizvode u salamuri (npr. slanina). U organizmu ometa transport kisika u krvi. Pri temperaturama višim od 130°C mogu nastati karcinogeni nitrozamini. Preporuča se smanjenje potrošnje namirnica iz salamure (npr. slanina, kobasica) te izbjegavanje pečenja ili prženja takvih namirnica. Svi nitriti su problematični aditivi. Istraživanja pokazuju da mogu izazvati širenje krvnih žila i sniziti krvni tlak. U visokim dozama mogu izazvati akutno trovanje. Kod djece moguća pojava sindroma hiperaktivnosti (Lerotić i Vinković, 2005.).

Antioksidansi sprječavaju oksidativne promjene, tj. odgađaju kemijsko kvarenje hrane koje se događa pod utjecajem kisika i u prvom redu produljuju trajnost hrane. Osim toga, pridonose očuvanju arome te sprječavaju uništavanje vitamina osjetljivih na djelovanje kisika (Lerotić i Vinković, 2005.). **Butilhidroksianisol E320 (BHA)** je sintetski antioksidans. Upotrebljava se u proizvodnji jestivih ulja, margarina, maslaca, koncentrata za juhe i umake, začinskih mješavina, grickalica (čips), žvakaćih guma. Postoji opasnost od nakupljanja u organizmu, povišuje koncentraciju kolesterola i masnih kiselina u krvi, te može izazvati obamrlost. Istraživanja upućuju da BHA može izazvati alergije. Zabranjen je u Japanu. Zabranjen je i u hrani za djecu, jer može uzrokovati sindrom hiperaktivnosti (Lerotić i Vinković, 2005.).

Emulgatori omogućuju proizvodnju ravnomjernih i stabilnih mješavina od tvari koje se po svojoj prirodi ne mogu miješati (npr. voda i ulje). Emulgatori također utječu na gustoću konačnoga proizvoda te olakšavaju kreiranje određenih obilježja okusa hrane (pjenastog, kremastog i sl.) (Lerotić i Vinković, 2005.). **Saharogliceridi E474** služe u proizvodnji majoneze, umaka, preljeva za salate, koncentrata za juhe, praškastih instant-pića i bombonskih proizvoda. Mogu biti biljnog ili životinjskog podrijetla. Mogu se proizvesti iz genetski modificiranog kukuruza i soje, ali još nije moguća konačna procjena učinaka tako proizvedenih saharoglicerida. Mogu sadržavati male količine ostataka razrjeđivača. Zabranjeni u nekim zemljama (Lerotić i Vinković, 2005.). **Sorbitanmonostearat E491** se upotrebljava u proizvodnji sladoleda, vrhnja, mliječnih deserata, umaka, slatkiša, čajeva i čajnih pripravaka, tekućih koncentrata za osvježavajuće napitke. Može se proizvesti iz genetski promijenjenog kukuruza i soje, ali još nije moguće dati konačnu procjenu tako dobivenog sorbitanmonostearata. Prihvatljivu dnevnu dozu lako je prekoračiti (npr. unosom

150g čokolade ili 150g keksa ili 300g drugih slatkiša). Visoke doze (više od 25% u hrani) u pokusima na životinjama izazvali su oštećenja nekih organa (jetre, bubrega, žučovoda), proljev i stvaranja kamenaca u mokraćnom mjehuru (Lerotić i Vinković, 2005.).

Stabilizatori osiguravaju stabilnost strukture i boje proizvoda. Najčešće pripadaju skupini sredstava za želiranje, i emulgatorima ili sredstvima za zadržavanje vlage (Lerotić i Vinković, 2005.). **Kositar-(II)-klorid E512** je dopušten samo za konzerviranje bijelog povrća u staklenkama i limenkama. Velike doze namirnicama mogu dati metalni okus te izazvati mučninu, povraćanje, proljev i glavobolje. Pri konzumiranju namirnica koje su sadržavale više od 250 mg kositra po litri zabilježeno je akutno trovanje (Lerotić i Vinković, 2005.).

Zgušnjivači se upotrebljavaju kako bi se postigla određena gustoća namirnice (npr. u juhama, umacima, sladoledima, kremama). Zgušnjivači mogu biti i sredstva za želiranje ili modificirani škrobovi. Često se upotrebljava brašno sjemenki rogača (E410), guar guma (E412), ksantan guma (E415). Svi ovi aditivi u pojedinim slučajevima mogu uzrokovati alergijske reakcije (Lerotić i Vinković, 2005.). **Karagenan E407** je prirodni biljni zgušnjivač koji se dobiva iz morskih algi. Upotrebljava se kao sredstvo za želiranje i mijenjanje konzistencije u proizvodnji kobasica, vrhnja, majoneza, umaka, preljeva za salate, senfa, začinskih mješavina, koncentrata za juhe i sl. Velike doze mogu omesti resorpciju nekih mineralnih tvari (npr. kalija) i djeluju laksativno. Otkriveno je da se u nekim namirnicama može kontaminirati etilenovim oksidom, zbog čega nastaju etilenovi klorohidrini, izrazito kancerogeni spojevi. Opasni su i razgradni produkti karagenana, koji se mogu degradirati u crijevima (Lerotić i Vinković, 2005.).

Tvari za sprječavanje zgrudnjavanja dodaju se praškastim ili zrnatim proizvodima da bi se spriječilo nastajanje većih nakupina ili gruda. U tvari protiv zgrudnjavanja ubrajamo voskove (E901 – E904), magnezijeve soli masnih kiselina (E470b), kalcijev fosfat (E341) i silikate (E551 – E559) (Lerotić i Vinković, 2005.). **Talk E553b** je prirodno sredstvo za sprječavanje zgrudnjavanja. Nalazi se u poliranoj riži, čokoladi, slatkišima. Neka istraživanja ga povezuju s rakom želuca i crijeva. Može izazvati i dišne probleme (Lerotić i Vinković, 2005.). **Aluminijev silikat E559 (kaolin)** se zbog opasnosti od nakupljanja aluminija u organizmu, treba izbjegavati. Zbog neurotoksičnosti aluminijske komponente raspravlja se o utjecaju aluminijeva silikata na nastajanje Alzheimerove bolesti (Lerotić i Vinković, 2005.).

Pojačivači okusa ističu ili poboljšavaju djelovanje aroma u hrani. Najpoznatiji pojačivači arome jesu glutamati (E621 – E625). **Glutaminska kiselina E620** je aminokiselina, biljnog ili životinjskog podrijetla. Služi kao pojačivač okusa i zamjena za sol. Upotrebljava se u mlinskim i pekarskim proizvodima, tjesteninama, krekerima i slanim trajnim proizvodima. Ako hrana (npr. kineska Wong-Tong juha, umak od soje) sadrži visoke koncentracije, može doći do predoziranja. Kod osjetljivih osoba u roku od dva sata nakon jela može se javiti osjećaj obamrlosti u zatiljku, leđima i rukama, lupanje srca, glavobolja i osjećaj slabosti (tzv. sindrom kineskog restorana). Djeca i osobe koje boluju od astme i neurodermitisa trebali bi je izbjegavati. Moguće su alergijske i pseudoalergijske reakcije. Pri povišenim koncentracijama, zbog pretjerane aktivacije receptora, može doći do oštećenja moždanih stanica, što se povezuje s neurodegenerativnim bolestima (Alzheimerova, Parkinsonova i Huntingtonova bolest) (Lerotić i Vinković, 2005.). **Mononatrijev glutaminat E621** je natrijeva sol glutaminske kiseline. Upotrebljava se u mlinskim i pekarskim proizvodima, tjesteninama, krekerima, gumama za žvakanje, u pripravcima sira i topljenog sira, mastima, margarinima, umacima, juhama, gotovim jelima, dodacima jelima, začinskim mješavinama, senfu. Mononatrijev glutaminat nalazi se i u mesu ribe, mlijeku, rajčici, no tada ne stvara probleme, jer nije u slobodnom obliku. Kao aditiv koji može izazvati štetne posljedice dodaje se u hranu u konzervama i u mnoge pikantne namirnice, i to pod raznim imenima, a najčešće uz natpis "prirodna aroma". Učestala upotreba može uzrokovati napadaje glavobolje, mučnine, vrtoglavice, lupanja srca, depresije, tjeskobe, bolove u prsima, promjene raspoloženja, napetost, hiperaktivnost, nadutost, žeđ, hladan znoj, crvenilo lica. Postoje sumnje da izaziva alergijske reakcije, posebno kod astmatičara. Smatra se ekscitotoksinom - može potaknuti živčane stanice na odumiranje, što je uočeno i u pokusima s eksperimentalnim životinjama. Smatra se da velika količina mononatrijglutaminata izaziva snažno pobuđivanje receptora živčanih stanica, što vodi do njihova uništenja. S tim je povezan i nastanak neurodegenerativnih bolesti. Zabranjen je u dječjoj hrani (Lerotić i Vinković, 2005.).

Tvari za zaslađivanje obuhvaćaju zamjene za šećer i umjetna sladila, a u hrani stvaraju sladak okus. Umjetna sladila mogu biti i po nekoliko stotina puta slađa od šećera, ali nemaju gotovo nikakvu kaloričnu vrijednost. Tu spadaju npr. acesulfam-K (E950), aspartam (E951), ciklamska kiselina (E952), saharin (E954), taumatin (E957) i neohesperidin DC (E959). Zamjenjuju šećer u mnogim proizvodima smanjene energetske vrijednosti. Budući da za

njihovu razgradnju u organizmu nije potreban inzulin, rabe se u proizvodima za dijabetičare (Lerotić i Vinković, 2005.). Jedno od rasprostranjenih sladila je **aspartam**. Simptomi trovanja aspartamom mogu biti omamljenost, glavobolje, umor, vrtoglavice, povraćanje, ubrzani rad srca, dobivanje na težini, omaglice, razdražljivost, uznemirenost, gubitak pamćenja, zamagljeno vidno polje, osip, napadaji, sljepilo, bol u zglobovima, depresija, grčevi, pobačaji, neplodnost, slabost, gubitak sluha. Postoje sumnje da aspartam može inducirati tumore mozga, multiplu sklerozu, kroničan umor, epilepsiju, Parkinsonovu bolest, Alzheimerovu bolest, dijabetes, mentalnu zaostalost, limfom, defekte kod porođaja, sistemski lupus. U trudnoći aspartam može djelovati na plod (Lerotić i Vinković, 2005.). Povezanost aspartama i karcinoma prvi puta je dovedena u pitanje ranih 1980-ih kada je uočeno kako je u Americi incidencija karcinoma mozga porasla s uvođenjem aspartama u namirnice (Gurney i sur., 1997.). Iako je velik broj ranije provedenih kratkoročnih istraživanja ukazivao na sigurnost uporabe aspartama, dugoročna istraživanja provedena u novije vrijeme ukazuju kako unos aspartama kroz životni ciklus u štakora rezultira povećanim rizikom limfoma, leukemije i različitih tipova karcinoma na mokraćnom sustavu (Aune, 2012.). **Ciklaminska kiselina, natrijeva, kalijeva i kalcijeva sol ciklaminske kiseline E952** su umjetna sladila, 30-50 puta slađa od šećera. U pokusima na životinjama uočeno je da visoke koncentracije uzrokuju rak mjehura, smanjenu plodnost i da izazivaju promjene na stanicama te štete embriju. Poznato je da uzrokuju migrene. Dnevna doza ne bi smjela prelaziti 7 mg/kg tjelesne težine. U zemljama Europske unije preporučena dnevna doza smanjena je s 11 na 7 mg/kg tjelesne težine, jer je djeca lako mogu prekoračiti (dijete teško 15 kg samo jednom čašom nekog osvježavajućeg napitka koji sadrži ciklaminsku kiselinu dobije dozu veću od preporučene). Iz istog razloga zabranjena je u bombonima i žvakaćim gumama (Lerotić i Vinković, 2005.). **Saharin, natrijeva, kalijeva i kalcijeva sol saharina E954** su umjetna sladila, 500 puta slađa od šećera. Proizvode se iz toluena, poznate karcinogene kemikalije. Hrana može poprimiti metalni i gorki okus. Upotrebljavaju se i u mnogim bezalkoholnim pićima. U pokusima na životinjama uočena je pojava raka mjehura. Ta su sladila 1977. u SAD bila zabranjena, no vraćena su u upotrebu uz uvjet da na ambalaži moraju imati istaknuto odgovarajuće upozorenje potrošačima (Lerotić i Vinković, 2005.). **Acesulfam K E950** je 200 puta slađi od glukoze, svrstan u 10 najopasnijih aditiva, dokazano uzrokuje rak kod životinja i potencijalno je karcinogen za ljude (Lerotić i Vinković, 2005.).

U konačnici, većina ovih aditiva je dozvoljena unatoč opasnostima, jer je doza ta koja razdvaja štetno od sigurnog. ADI, odnosno prihvatljivi dnevni unos, se definira kao ona količina aditiva koja se kao sastavni dio namirnice može svakodnevno konzumirati čitav životni vijek, bez rizika za zdravlje (Klapec, 2010.)

Da bi izbjegli štetne učinke aditiva potrebno je pridržavati se dozvoljenog dnevnog unosa, čitati deklaracije i dati prednost onima koji sadrže prirodne arome, boje i konzervanse.

3. ZAKLJUČAK

Temeljem podataka pronađenih u literaturi i iznesenih u ovom radu može se zaključiti sljedeće:

- Veza između karcinogenosti i prehrane kod ljudi je predmet novijih istraživanja i sve više zaključaka proizlaze iz takvih studija koji pokazuju da postoji osnovana sumnja u većinu karcinogenih supstanci i da postoji mogućnost da tijekom vremena i uslijed akumulacije karcinogena dođe do pojave zloćudnih oboljenja izazvanih prehranom čovjeka.
- Karcinogeni su prisutni svuda oko nas i moramo obratiti pažnju na način na koji je naša hrana uzgojena/ulovljena/pripremljena, i imati dobre informacije o mjestu porijekla, korištenim pesticidima i aditivima u hrani.

4. LITERATURA

- Abbott PJ: Carcinogenic chemicals in food: evaluating the health risk. *Food Chem Toxicol*; 30:327-32, 1992.
- Abnet CC: Carcinogenic food contaminants. *Cancer Investigation* 25(3):189-196, 2007.
- American Cancer Society: Known and probable human carcinogens. 2015.; <http://www.cancer.org/cancer/cancercauses/othercarcinogens/generalinformationaboutcarcinogens/known-and-probable-human-carcinogens> [29.8.2015.]
- Aune D: Soft drinks, aspartame, and the risk of cancer and cardiovascular disease. *American Journal of Clinical Nutrition* 96:1249-1251, 2012.
- Dolan CC, Matulka AR, Burdock AG: Naturally occurring food toxins. *Toxins* 2, 2289-2332, 2010.
- Đukić MM: Oksidativni stres. Mono i Manjana, Beograd, 2008.
- Gurney JG, Pogoda JM, Holly EA, Hecht SS, Preston-Martin S: Aspartame consumption in relation to childhood brain tumor risk: results from a case-control study. *Journal of the National Cancer Institute* 89(4):1072-1074, 1997.
- Hrvatski zavod za javno zdravstvo (HZJZ): *Incidencija raka u Hrvatskoj 2013*. Hrvatski zavod za javno zdravstvo, Zagreb, 2015.
- Jašić M: Toksične tvari u hrani. 2009.; <http://www.tehnologijahrane.com/enciklopedija/toksicne-tvari-hrani> [29.8.2015.]
- Katalenić M: Prehrambeni aditivi. U: *Kemijske i fizikalne opasnosti u hrani*. Hrvatska agencija za hranu, Osijek, 2010.
- Klapec T: Prirodni toksini. U: *Kemijske i fizikalne opasnosti u hrani*. Hrvatska agencija za hranu, Osijek, 2010.
- Lerotić D, Vinković Vrček I: Što se krije iza E-brojeva. Zagreb, Udruga za demokratsko društvo, Biblioteka Mala škola demokracije; knj. 11, 2005.
- Oršolić N: Temeljne značajke tumora. 2014.; https://www.pmf.unizg.hr/download/repository/6_predavanje.ppt [28.9.2015.]
- Periš D: Procjena unosa heterocikličkih aromatskih amina i akrilamida hranom u ženskoj populaciji. Specijalistički rad. Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek, Osijek, 2011.

Plavšić F: Prijepori oko soje. 2011.; http://www.otrovno.com/news_2.html [29.8.2015.]

Sugimura T: Nutrition and dietary carcinogens. *Carcinogenesis* 21(3):387-395, 2000.

Šarkanj B: Toksikanti u namirnicama, hrani ili vodi dospjeli ili nastali tijekom proizvodnje, obrade ili čuvanja. U: *Kemijske i fizikalne opasnosti u hrani*. Hrvatska agencija za hranu, Osijek, 2010.

Štraus B: Genomske promjene i karcinogeneza. *Biochemia Medica* 5(1):11-21, 1995.

Vasić-Rački Đ: Onečišćivači iz okoliša: Industrijske onečišćujuće tvari. U: *Kemijske i fizikalne opasnosti u hrani*. Hrvatska agencija za hranu, Osijek, 2010.

