

Nastajanje mutagena u hrani tijekom toplinske obrade

Knežević Z.¹, N. Bilandžić¹, M. Serdar², M. Sedak¹, M. Đokić¹, I. Varenina¹, B. Solomun¹

Stručni rad

Sažetak

Zadnjih nekoliko desetljeća interes znanstvenih institucija, industrije i institucija zaduženih za kontrolu hrane vezano uz prisutnost, nastajanje i potencijalni rizik od kemijskih spojeva koji nastaju za vrijeme kuhanja hrane odnosno termičke obrade različitih vrsta hrane u stalnom je porastu. Otkriće akrilamida u hrani te nađene količine izazvalo je dodatnu zabrinutost vezano uz prisutnost toksičnih tvari koje nastaju tijekom termičke obrade hrane. Grijanje hrane uzrokuje kemijske promjene koje kao rezultat mogu imati nastajanje kemijskih spojeva sa karcinogenim i mutagenim svojstvima. Neki od spojeva koji nastaju termičkom obradom hrane su: heterociklički aromatski amini, policiklički aromatski ugljikovodici, nitrozamini, klorpropanoli i akrilamid.

Ključne riječi: akrilamid, klorpropanoli, heterociklički amini, nitrozamini, policiklički aromatski ugljikovodici

Uvod

Osnovna svrha kuhanja hrane je dobiti bakteriološki sigurnu hranu s optimalnim senzorskim svojstvima i minimalnim sadržajem mogućih štetnih supstanci. Obradom hrane, bilo da se radi o kuhanju ili nekom drugom načinu obrade, pri visokim temperaturama dolazi do nastajanja određenih vrsta genotoksičnih supstanci. Izloženost navedenim supstancama ovisi o prehrambenim navikama kao i različitim načinima pripreme hrane. Tijekom 60-ih i 70-ih godina prošloga stoljeća kao kontaminanti koji nastaju obradom hrane identificirani su: policiklički aromatski ugljikovodici i N-nitroso spojevi. Navedeni spojevi su nađeni u hrani kao rezultat sušenja, dimljenja, pečenja, prženja i ostalih postupaka predrade određenih vrsta hrane i fermentacije.

Krajem 70-ih godina prošlog stoljeća japanski znanstvenici su u ribi i mesu s roštilja dokazali prisutnost heterocikličkih amina, spojeva s izraženim mutagenim svojstvima, a nastaju u mesu i ribi prilikom prženja, pečenja, pečenja u velikoj količini ulja ili masti i dimljenja.

Najčešće nađeni kontaminant koji nastaje obradom hrane pri visokim temperaturama je akrilamid. Zabrinutost vezana uz prisutnost akrilamida u hrani naglo je porasla nakon što su u travnju 2002. godine švedske institucije za kontrolu hrane (Swedish National Food Agency and Stockholm University) odredile neočekivano visoke koncentracije akrilamida u širokom spektru pržene i pečene hrane bogate ugljikohidratima čime su privukli veliku pozornost javnosti jer

je akrilamid od strane *Internacional Agency for Research on Cancer (IARC)* svrstan u spojeve koji su potencijalno karcinogeni za ljude (grupa 2A) (Jägerstad i Skog, 2005). Klorpropanoli također spadaju u neželjene spojeve koji nastaju obradom hrane. Najvažniji spojevi iz grupe klorpropanola su 3-monoklorpropandiol (3-MCPD) i 1,3-diklor-2-propanol (1,3-DCP). Prisutnost klorpropanola prvi put je dokazana kiselom hidrolizom biljnog proteina. Međutim, 3-MCPD je nađen i u obrađenoj hrani bez kisele hidrolize, kao što je prženi sir ili pržene žitarice, a značajne količine su nađene u ječmu za vrijeme proizvodnje slada, kao i tostiranog kruha. 3-MCPD se može naći i u drugim vrstama hrane kao što su: umaci od soje i slični proizvodi, biskvit, kuhana usoljena riba ili meso.

¹ Zorka Knežević, dipl. ing. kemije, dr. sc. Nina Bilandžić, dipl. ing. biotehnol., viša znanstvena suradnica; Maja Đokić, dipl. ing. kem. tehnol.; Marija Sedak, dipl. ing. prehr. biotehnol., Ivana Varenina, dipl. ing. biotehnol., Božica Solomun, dipl. ing. prehr. tehnol., Laboratorij za određivanje rezidua, Odjel za veterinarsko javno zdravstvo, Hrvatski veterinarski institut, Zagreb

² Maja Serdar, mr. spec. analitike i mikrobiologije hrane, Odsjek za aditive, Odjel za ispitivanje zdravstvene ispravnosti hrane, Hrvatski zavod za javno zdravstvo, Zagreb

Tablica 1. Maseni udjeli akrilamida u obrađenoj hrani (Tareke i sur., 2002 i Friedeman, 2003)

Table 1 Acrylamide levels in processed foods (Tareke et al., 2002 and Friedeman, 2003)

Hrana / Food	Maseni udio akrilamida / Acrylamide level (µg/kg)
Krumpir / French fries	200 - 12000
Krumpir – čips / Potato chips	170 - 3700
Biskvit, krekeri / Biskuit, crackers	30 - 3200
Grickalice koje nisu od krumpira / Other snack	30 - 1915
Žitarice za doručak / Breakfast cereals	30 - 1346
Medenjaci s đumbirom / Cookies with ginger	90 - 1660
Krumpir; kroketi / Potato, crockes	1270
Dvopek / Toast	800 - 1200
Juha od luka / Onion soup	1184
Oraščići / Pinuts	64 - 457
Kruh, peciva, kolači / Bread, roll, cookies	70 - 430
Čips od kukuruza / Corn chips	34 - 416
Pržena kava / Rostead coffee	170 - 351
Prženi bademi / Rostead almonds	260
Pržene šparoge / Rostead asparagus	143
Kikiriki u ljusci / Peanuts	140
Čokolada u prahu / Chocolate powder	15 - 90
Pivo / Beer	30 - 70
Pržene sjemenke suncokreta / Rostead sunflower	66
Proizvodi od mesa / Meat products	30 - 64
Proizvodi od ribe / Fish products	30 - 39

Akrilamid

Početna ispitivanja su pokazala da se relativno visoke koncentracije akrilamida nalaze u hrani bogatoj ugljikohidratima kao što su čips, prženi krumpirići (*French fries*), pečeni krumpiri i tostirani kruh (Swedish National Food Administration, 2002). Paralelna ispitivanja su pokazala da pržena svinjetina, piletina, govedina, bakalar, kobasice, hamburger sadrže vrlo male količine akrilamida u usporedbi s hranom bogatom ugljikohidratima. Kruh odnosno kora kruha, žitarice i kava sadrže značajne koncentracije akrilamida. Kako je nastanak akrilamida u vezi sa stupnjem preprženosti hrane, do izražaja dolazi važnost Maillard-ove reakcije. Ne-enzimsko posmeđivanje

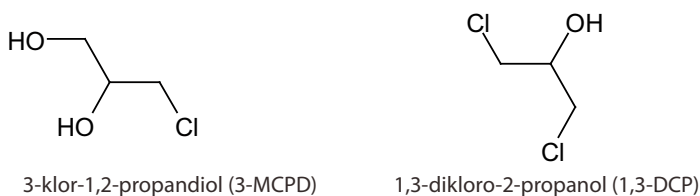
ili Maillard-ova reakcija pojavljuje se u hrani kao rezultat reakcija između karbonil spojeva uglavnom reducirajućih šećera (glukoza, fruktoza) sa spojevima sa slobodnim aminoskupinama (aminokiseline, peptidi, proteini). Reakcijama kondenzacije između reducirajućeg šećera i spoja sa slobodnom amino skupinom nastaje N-glukozid, dok ketoni prelaze u odgovarajuće ketozide. Amadori spojevi, posebno u formi sa otvorenim prstenom, reagiraju dalje u reakcijama dekompozicije. Degradacijom amadori spojeva nastaju vrlo reaktivni karbonili koji reagiraju sa λ-aminokiselinama uz dekarboksilaciju istih i oslobađanje aldehida, tzv. Strecker aldehid. Uvođenje dušika u karbonil spojeve i potpuna ciklizacija

može dovesti do nastajanja različitih heterocikličkih struktura poput pirazinskog prstena (Deshpande, 2002).

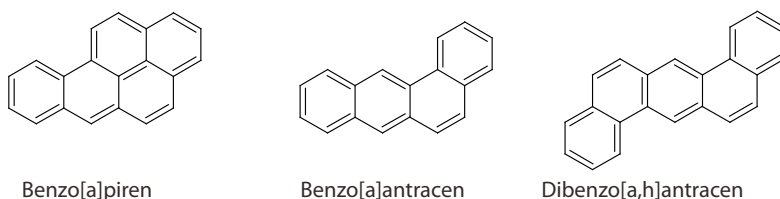
Ubrzo nakon što je objavljeno otkriće akrilamida u prženoj i pečenoj hrani pokrenute su mnoge studije o mogućim izvorima i mehanizmima nastanka akrilamida. U početku je interes znanstvenika bilo usmjeren na biljno ulje/lipide kojima je okružena hrana bogata ugljikohidratima. Vrlo brzo se došlo do spoznaje da veliku važnost u formiranju akrilamida ima slobodna aminokiselina asparagin odnosno da do sinteze akrilamida dolazi prema Millard-ovoj reakciji. Udio nastalog akrilamida je različit za različite vrste hrane. Također je uočen različit udio 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, porijeklo ulja ili masti, porijeklo hrane. U Tablici 1 prikazani su maseni udjeli akrilamida u obrađenoj hrani. Prisutnost akrilamida nije dokazana u kuhanoj hrani, kao niti u hrani koja nije termički obrađivana (Tareke i sur., 2002; Friedeman, 2003).

Kloropropanoli

Posljednjih nekoliko godina povećao se interes znanstvenika vezano uz nastajanje kloropropanola u hrani. Iako još uvijek nije u potpunosti poznat mehanizam nastajanja kloropropanola u hrani poznato je da kloropropanoli nastaju za vrijeme nastajanja hidroliziranog biljnog proteina u prisutnosti klorovodične kiseline. Glavna dva spoja iz skupine kloropropanola su 3-monoklor-1,2-propandiol (3-MCPD) i 1,3-dikloro-2-propanol (1,3-DCP), a prisutnost oba spoja je dokazana u hrani. Strukture 3-MCPD i 1,3-DCP prikazane su na slici 1. Pretpostavlja se da 3-MCPD nastaje reakcijom glicerola s klorovodičnom kiselinom pri visokoj temperaturi (Chloropropanols in Food An Analysis of The Public Health Risk, 2003), a



Slika 1. Strukture 3-monoklor-1,2-propandiola i 1,3-dikloro-2-propanola
Figure 1 Structures of the 3-chloro-1,1-propanediol and 1,3-dichloro-2-propanol



Slika 2. Strukture policikličkih aromatskih ugljika koji se najčešće nalaze u hrani
Figure 2 Structures of the most commonly detected polycyclic aromatic hydrocarbons in food

može također nastati kada glicerol reagira s natrijevim kloridom (NaCl) u prisutnosti organskih kiselina kao što su limunska i octena kiselina (Hamlet i sur., 2002). Također, njegovo stvaranje pri stvaranju hidroliziranog biljnog proteina uz klorovodičnu kiselinu ovisno je o uvjetima samog procesa te se koncentracije mogu značajno smanjiti određenim modifikacijama samog procesa nastajanja (Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, 1999; Hamlet i sur., 2002). Tako npr. umak od soje dobiven primjenom procesa kisele hidrolize sadržavao je visoke udjele 3-MCPD-a, dok umak od soje dobiven na tradicionalni način (fermentacijom) nije sadržavao kloropropanole.

Neki fermentirani proizvodi kao što su određene vrste salame također sadrže 3-MCPD koji vjerojatno nastaje kao rezultat interakcije između masti i NaCl u gotovom proizvodu i/ili se radi o migraciji 3-MCPD iz omota koji se koristi za pakiranje (CCFAC, 2001).

3-MCPD je nađen u nekoliko uzoraka sušene slanine te se smatra da

je njegova prisutnost vjerojatno posljedica procesa dimljenja (Hamlet i sur., 2002).

Provedene su određene studije u svrhu ispitivanja utjecaja načina pripreme hrane na nastajanje 3-MCPD u hrani. Navedene studije pokazala su da se povećani udjeli 3-MCPD-a mogu naći u tostiranom kruhu, nekim vrstama prženog sira i prženom maslacu, ali da su u kuhanom mesu i varivima udjeli 3-MCPD-a jako mali ili ih nije moguće detektirati. Različitost dobivenih rezultata može biti vezana uz visoku aktivnost vode prilikom pripreme kuhanog mesa i variva što kao rezultat ima ograničeno nastajanje 3-MCPD (Crews i sur., 2001).

Mehanizam nastajanja 1,3-DCP je još manje jasan nego u slučaju 3-MCPD. Pretpostavlja se da u umaku od soje 1,3-DCP nastaje iz 3-MCPD (Crews i sur., 2000; Food Standard Agency, 2001c). Vrlo je vjerojatno da je mehanizam nastajanja 1,3-DCP u hrani drugačiji nego mehanizam nastajanja 3-MCPD.

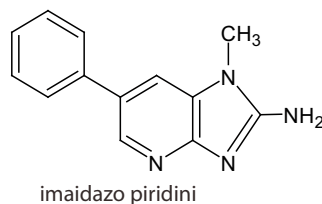
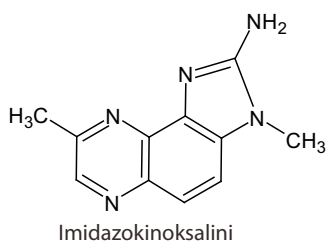
Policiklički aromatski ugljikovodici

Policiklički aromatski ugljikovodici (PAH) su poznati kao karcinogeni spojevi koji nastaju kao posljedica pirolize organskih spojeva i geoemijskim procesima. Mehanizam formiranja PAH-ova nije u potpunosti razjašnjen ali se smatra da su dva osnovna puta nastajanja piroliza i pirosinteza. Pri visokim temperaturama organski spojevi se djelomično razgrađuju (piroliza) na manje nestabilne fragmente, uglavnom radikale, koji međusobno reagiraju stvarajući stabilne spojeve policikličkih aromatskih ugljikovodika (pirosinteza). Što je veća temperatura obrade hrane to je udio nastalih PAH-ova veći. Veliki udio PAH-ova može nastati i pri nižim temperaturama (100-150°C), ali u tom slučaju je potreban duži vremenski period i tada nastaju uglavnom alkilirani PAH-ovi (Lijinsky, 1991). Na Slici 2 prikazane su strukture najčešće prisutnih PAH-ova u hrani od kojih benzo[a]piren ima najviše izražena karcinogena svojstva (Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risk of Chemicals to Humans, 1983).

Postupci obrade hrane, kao što su dimljenje i sušenje, kao i prženje/pečenje/roštiljanje hrane obično predstavljaju glavne izvore kontaminacije PAH-ovima (Tablica 2). Točni mehanizmi formiranja PAH-ova nisu poznati, ali se zna da PAH-ovi nastaju pirolizom otopljenih masnoća iz hrane prilikom prženje mesa, ribe ili neke druge vrste hrane pri čemu prisanjanju na površinu obrađivane hrane. Način pečenja/prženja hrane također može utjecati na udio PAH-ova u pripremljenoj hrani. Prisutnost PAH-ova u hrani je proučavana na nekoliko uzoraka mesa i ribe koji su pripremani na dva geometrijski različita plinska roštilja. U tu svrhu korišteni su horizontalni i vertikalni tip roštilja. Kod vertikalnog roštilja izbjegnuto je kapanje otopljenih masnoća na izvor topline, dok je u

Tablica 2. Prisutnost benzo[a]pirena u dimljenim mesnim proizvodima (Šimko, 2002)**Table 2** Occurrence benz[a]pyrene in smoked meat products (Šimko, 2002)

Uzorak / Sample	Broj analiziranih / pozitivnih uzoraka / No. positive / analyzed samples	Benzo[a]piren / benz[a]pyrene (mg/kg)	
		Minimalna / Minimal	Maximalna / Maximal
Riba / Fish	5 / 5	11,1	66,9
Šunka, špek, kobasice / Ham, bacon, sausages	19 / 19	0,3	18
Frankfurter kobasice, meso / Sausages, meat	8 / 8	0,1	12,0
Šunka, svinjetina, mesni proiz./ Ham, pork, meat product	74 / 69	0,2	56,5
Kobasice, naresci, salama / Sausages, cutlet, salami	17 / 17	0,1	9,5
Riba, riblji proizvodi / Fish, fish products	70 / 57	0,1	11,3
Jako dimljeni mesni proizvodi / Highly smoked meat products	5 / 5	17,1	39,9
Kobasice, svinjetina / Sausages, pork	2 / 2	0,3	5,2
Kamenice / Oysters	2 / 2	10,1	12,2
Ovčje meso / Sheep meat	5 / 5	0,1	5,6
Dimljena šunka / Smoked ham	196 / 196	0,03	>10,0

**Slika 3.** Strukture heterocikličkih amina**Figure 3.** Structures of the heterocyclic amines

slučaju horizontalnog roštilja otopljena masnoća padala na izvor topline, a nastali PAH-ovi su se tijekom pirolize masti raspršili i deponirali na površini mesa. Uzorci mesa i ribe pripremljeni na vertikalnom roštilju su imali 10-30 puta manju količinu PAH-ova nego uzorci mesa pripremljeni na horizontalnom tipu roštilja (Šimko, 2002). Udio nađenih PAH-ova u mesu ili ribi pripremljenoj na roštilju je dosta varijabilan (0 - 130 µg/kg). Međutim, procjena je da meso pečeno na roštilju sadrži oko 10,5 µg/kg benzo[a]pirena (Monographs on

the Evaluation of Carcinogenic Risk of Chemicals to Humans, 1993).

Dimljena hrana također može biti značajno kontaminirana niskomolekularnim PAH-ovima, kao što su fenantren, antracen i piren; a literarni podaci koji govore o prisutnosti PAH-ova u dimljenoj hrani su jako varijabilni. Glavni razlog takvom neslaganju su razlike u procesima koji se koriste u dimljenju hrane. Na sadržaj PAH-ova svakako može utjecati i tip i vrsta drveta, temperatura generiranja dima i vrijeme dimljenja (Šimko, 2002).

Heterociklički amini

Istraživanja koja su dovela do otkrića niza spojeva heterocikličkih amina, sa mutagenim i karcinogenim svojstvima bila su inspirirana idejom da dim koji nastaje za vrijeme pečenja hrane (posebno mesa i ribe) može biti karcinogen odnosno sadržavati karcinogene tvari.

Mutageni u mesu i ribi pečanim i prženim na žaru nastaju iz heterocikličkog spoja, kreatinina i jedne aminokiseline. Sve tri navedene skupine prekursora su prisutne u sirovom mesu i mišićnom tkivu ribe pri čemu je izvor slobodnih aminokiselina i šećera mišićni protein i glikogen, a mišićne ćelije su jedini značajniji izvor kreatina. Za vrijeme pripremanja hrane pri visokim temperaturama udio nastalih heterocikličkih amina je nekoliko ng/g. Slično kao i u slučaju nastajanja PAH-ova i nastajanje heterocikličkih amina je povezano s načinom pripreme hrane. Prilikom prženja mesa i ribe na tavi ili roštilju nastaju velike količine heterocikličkih amina, kuhanjem hrane gotovo da ne nastaju heterociklički amini, dok prženjem na ulju i pečenjem u pećnici nastaju varijabilne količine heterocikličkih amina 1980. i 1981. godine izolirana je serija mutagena u sardinama i junetini pripremljenoj na žaru (Deshpande, 2002).

Do danas je izolirano više od 20 derivata heterocikličkih aromatskih amina koji nastaju prilikom pečenja mesa ili ribe. Svi spojevi heterocikličkih aromatskih amina se sastoje od dva ili tri prstena sa egzocikličkom amino skupinom vezanom na jedan od prstenova. Ovisno o kemijskoj strukturi heterociklički amini mogu biti podijeljeni u sljedeće podgrupe: aminokarbolini, imidazo kinolini, imidazokinoksalini i imidazo piridini (Skog i sur., 1998). Kemijske strukture nekih heterocikličkih amina prikazane su na slici 3, a udio heterocikličkih amina u nekim vrstama termički obrađene hrane prikazan je u Tablici 3.

N-nitrozo spojevi

N-nitrozo spojevi je skupni naziv za nekoliko stotina spojeva s N-nitrozo skupinom (Tricker i Kubachi, 1992). Nalaze se u različitim, uglavnom prženim, proizvodima od mesa i ribe. Međutim, N-nitrozo spojevi mogu nastati i *in-vivo* u slučaju istovremene ingestije nitrita i supstrata kao što su sekundarni amini (Bartsch, 1984).

Iako je većina N-nitrozo spojeva u hrani ne hlapljiva posebno zanimanje izaziva skupina hlapljivih karcinogenih spojeva N-nitrozamina: N-nitrozodimetilamin (NDMA), N-nitrozodietilamin (NDEA), N-nitrozopirrolidin (NPYR) i N-nitrozopiperidin (NPIP). Na slici 4 prikazane su strukture N-nitrozoamina.

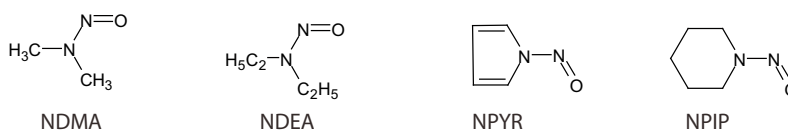
Za nehlapljive N-nitrozo spojeve nisu dokazana mutagena ili karcinogena svojstva, međutim mogu biti prekursori u stvaranju hlapljivih karcinogenih nitrozamina. Dodatak nitrita u hranu posebno u proizvode od mesa, u svrhu inhibiranja rasta bakterije *Clostridium botulinum*, također doprinosi stvaranju N-nitrozo spojeva uključujući i karcinogene hlapljive N-nitrozoamine. Očekivana je i moguća reakcija nitrita sa intermedijerima reakcije posmeđivanja, jer su amadori spojevi sa sekundarnim aminokiselinama prekursori N-nitrozo spojeva u tijeku reakcije. Λ -triptofan i fruktoza daju amadori spoj koji u reakciji s nitritom, kod pH vrijednosti od 4, rezultira nastajanjem N-nitrozo-amadori spoja.

Nastajanje N-nitrozo spojeva povećava se u slučaju prženja/pečenja hrane što je posebno izraženo kod proizvoda od mesa koji sadrže nitrite (Tricker i Preussmann, 1991). Međutim, prema nekim istraživanjima oko 90 % hlapljivih karcinogenih nitrozamina, koji nastaju za vrijeme termičke obrade hrane, ishlapi. U Tablici 4 prikazan je udio određenih N-nitrozamina formiranih za vrijeme prženja slanine i dimljene svinjetine.

Tablica 3. Udio nekih heterocikličkih amina u obrađenoj hrani (Jägerstad i Skog, 2005)

Table 3 Heterocyclic amines levels in processed foods (Jägerstad and Skog, 2005)

Uzorak / Sample	Imidazokinoksalini / Imidazokinoxaline (ng/g)	Imidazopiridini / Imidazopiridine (ng/g)
Pržena govedina / Fry beef	0 - 7	0 - 32
Pržena piletina / Fry chicken	0,3	0 - 70
Pržene mesne okruglice / Fry meat	0 - 0,8	0 - 0,6
Mesni ekstrakt / Meat extract	0 - 80	0 - 4
Aroma govedine / Beef aroma	0 - 20	0 - 4



Slika 4. Strukture N-nitrozo spojeva

Figure 4 Structures of the N-nitroso compounds

Tablica 4: Udio N-nitrozamina u obrađenoj (Hotchkiss, 1989)

Table 4. N-nitrosoamines levels in processed foods (Hotchkiss, 1989)

Uzorak / Sample	Br. uzoraka / No. samples	NDMA	NPIP	NPYR	Ukupno / Total
Nepržena slanina / Unfry bacon	29	0,5	tragovi	tragovi	0,5
Pržena slanina / Fry bacon	15	0,9	ND	10,9	11,8
Slanina kuhana bez masti / Cooked bacon without fat	15	1,2	ND	7,0	8,2
Nepržena dimljena svinjetina / Unfry fumed pork	18	0,9	tragovi	tragovi	1,0
Pržena dimljena svinjetina / Fry smoked pork	5	0,9	tragovi	2,8	3,7
Dimljena svinjetina kuhana bez masti / Smoked pork cooked without fat	5	1,7	0,1	2,7	4,5

Zaključak

Istraživanja su pokazala da obradom hrane pri visokim temperaturama dolazi do nastajanja kemijskih supstanci koje nisu prisutne ili su prisutne u znatno manjoj koncentraciji u istovrsnoj hrani koja nije termički obrađivana. Četiri faktora koja značajno utječu na nastajanje kontaminanata termičkom obradom hrane su: vrsta hrane, način pripreve (obrade) hrane, temperatura i vrijeme.

Do nastajanja akrilamida uglavnom dolazi prilikom obrade hrane bogate ugljikohidratima, a mehanizam nastajanja kloropropanola još nije u potpunosti razjašnjen iako je

prisutnost kloropropanola potvrđena u različitim vrstama hrane.

Nastajanje policikličkih aromatskih ugljikovodika, heterocikličkih amina i N-nitrozo spojeva uglavnom je vezano uz meso i proizvode od mesa te ribu.

Pri nastajanju kontaminanata obradom hrane vrlo je bitna temperatura obrade hrane kao i vrijeme obrade. Naime, sa stupnjem prženosti hrane proporcionalno raste i udio kontaminanata koji nastaju što znači da s povećanjem temperature i vremena pečenja, prženja i sličnih

Formation of thermal processing mutagens in foodstuffs

Summary

Over the past decades interest, researchers from academia, industry and national institution responsible for food control related to understanding the presence, formation and potential risk to public health by the compounds formed during domestic cooking and heat-processing of different foods, is increased. The discovery of acrylamide in food and high levels of acrylamide induces additional concern related to presence toxic compound that are formed during heat-processing. Heat-processing of food cause chemical changes that as a result can have formation of chemical compounds with carcinogenic and mutagenic properties. Some of those compounds are: acrylamide, chloropropanols, heterocyclic amines, nitrosamines, polyaromatic hydrocarbons.

Key words: acrylamide, chloropropanols, heterocyclic amines, nitrosamines, polyaromatic hydrocarbons

Entstehung von Mutagen in Nahrung während der thermischen Verarbeitung

Zusammenfassung

In den letzten Jahrzehnten vergrößerte sich das Interesse der wissenschaftlichen Institutionen, der Industrie und der Institution für die Nahrungskontrolle, in Bezug auf Anwesenheit, Entstehung und eventuelles Risiko von chemischen Zusammensetzungen, die während des Nahrungskochens, bzw. während der thermischen Verarbeitung verschiedener Nahrungsmittel, entstehen. Die Entdeckung von Acrylamiden in der Nahrung und die vorgefundenen Mengen derselben verursachte zusätzliches Besorgnis in Bezug auf die toxischen Stoffe, die während der thermischen Verarbeitung entstehen. Das Aufwärmen der Nahrung verursacht chemische Änderungen, die als Resultat die Entstehung von chemischen Zusammensetzungen mit karzinogenen und mutagenen Eigenschaften als Folge haben können. Einige Zusammensetzungen, die während der thermischen Verarbeitung der Nahrung entstehen sind: heterozyklische aromatische Amine, polizyklische aromatische Kohlenwasserstoffe, Nitrozamine, Chlorpropanole und Acrylamid.

Schlüsselwörter: Acrylamid, Chlorpropanol, heterozyklische Amine, Nitrozamine, polizyklische aromatische Kohlenwasserstoffe

Formazione di mutageni nel cibo durante il processo termico

Sommario

Negli ultimi decenni presso le istituzioni scientifiche, l'industria e le istituzioni impegnate nel controllo alimentare aumenta costantemente l'interesse che si riferisce alla presenza, formazione e rischio potenziale nei composti chimici formati durante la cottura del cibo, cioè durante il processo termico di vari tipi degli alimenti. La scoperta di acrilamidi negli alimenti, e le quantità determinate, ha causato una preoccupazione legata alla presenza delle sostanze tossiche che si formano durante il processo termico degli alimenti. Il riscaldamento degli alimenti causa dei cambi chimici che possibilmente risultino con la formazione dei composti chimici con le caratteristiche carcinogene e mutagene. Alcuni dei composti che si formano durante il processo termico degli alimenti sono amine aromatiche eterocicliche, idrocarburi policiclici aromatici, nitrosamine, cloropropanoli e acrilamidi.

Parole chiave: acrilamide, cloropropanoli, amine eterocicliche, nitrosamine, idrocarburi policiclici aromatici.

postupaka nastaju veće količine navedenih potencijalno štetnih tvari.

Prilikom pripreme hrane potrebno je imati na umu da je osim postizanja optimalnih senzorskih svojstava hrane potrebno pažljivo odabirati način i uvjete pripreme hrane kako bi se smanjio udio potencijalno štetnih tvari, a time i rizik od njihovog štetnog djelovanja na zdravlje.

Literatura

Bartsch, H., R. Montesano (1984): Relevance of nitrosamines in human cancer. *Carcinogenesis* 5, 1381-1393.

CCFAC (2001): Joint FAO/WHO Food Standards Programme Codex Committee on Food Additives and Contaminants – 33rd Session Position paper on Chloropropanols (CX/FAC 01/31)

Chloropropanols in Food An Analysis of

The public Health Risk (2003): Technical report Series No. 15, Food Standards Australia and New Zealand.

Crews, C., P. Brereton, A. Davies (2001): The effects of domestic cooking on the levels of 3-monochloropropanediol in foods. *Food Additives and Contaminants* 18, 271-280.

Crews, C., G. LeBrun, P. Hough, D. Harvey, P. Brereton (2000): Chlorinated propanols and levulinic acid in soy sauces. *Czech Journal of Food Sciences* 18, 276-277.

Deshpande, S.S. (2002): *Handbook of Food Toxicology*, Marcel Dekker, New York – Basel, 2002.

Friedeman, M. (2003): Chemistry, biochemistry and safety of acrylamide. A review. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 51, 4504-4526.

Food Standards Agency (2001c): Survey of 1,3-Dichloropropanol (1,3-DCP) in Soy Sauce and Related Products Food Survey Information Sheet Number 15/01.

Hamlet C.G, P.A. Sadd, C. Crews, J. Velisek, D.E. Baxter (2002): Occurrence of 3-chloro-propane-1,2-diol (3-MCPD) and related compounds in foods: a review. *Food Additives and Contaminants* 19, 619-631.

Hotchkiss, J.H. (1989): Preformed N-nitroso compounds in foods and beverages. *Cancer Surveillance* 8, 295-321.

Jägerstad, M., K. Skog (2005): Genotoxicity of heat-processed foods. *Mutation Research* 574, 156-172.

Lijinsky, W. (1991): The formation and occurrence of polynuclear aromatic hydrocarbons associated with food. *Mutation Research* 259, 251-261.

Ministry of Agriculture, Fisheries and Food (1999): Survey of 3-monochloropropane-1,2-diol (3-MPCD) in acid hydrolysed vegetable protein, *Food Surveillance Information Sheet* 181. London.

Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risk of Chemicals to Humans

(1983): Polynuclear Aromatic Compounds, Part 1, Chemical Environmental and Experimental Data, International Agency for research on Cancer (IARC).

Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risk of Chemicals to Humans (1993): Some Naturally Occurring Aromatic Amines and Mycotoxins, vol.56, International Agency for research on Cancer (IARC).

Swedish National Food Administration, Information about Acrylamide in Food. [http://](http://www.slv.se/engdefault.asp)

www.slv.se/engdefault.asp.

Tareke, E., P. Rydberg, P. Karlsson, S. Eriksson, M. Törnqvist (2002): Analysis of acrylamide, a carcinogen formed in heated foodstuffs. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50, 517-522.

Tricker, A.R., S.J. Kubachi (1992): Review of the occurrence and formation of non-volatile N-nitroso compounds in foods. *Food Additives and Contaminants* 9, 39-69.

Tricker, A.R., R. Preussmann (1991): Carci-

nogenic N-nitrosamines in the diet: occurrence, formation, mechanisms and carcinogenic potential. *Mutation Research* 259, 277-289.

Šimko, P. (2002): Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in smoked meat products and smoke flavouring food additives. *Journal of Chromatography B* 770, 3-18.

Dostavljeno: 6.7.2010.

Prihvaćeno: 26.7.2010.

m



2. Konferencija o izvornim pasminama i sortama kao dijelu prirodne i kulturne baštine s međunarodnim sudjelovanjem

(22.- 25. rujna 2010., Poreč)

Uz Državni zavod za zaštitu prirode u organizaciji sudjeluju: Ministarstvo kulture, Ministarstvo poljoprivrede, ribarstva i ruralnog razvoja, Hrvatska poljoprivredna agencija, Hrvatski konjogojski centar, Zavod za

sjemenarstvo i rasadničarstvo iz Osijeka, Prirodoslovno matematički, Agronomski i Veterinarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Poljoprivredni fakultet Osijek, Upravni odjel za poljoprivredu, šumarstvo, lovstvo, ribarstvo i vodoprivredu Istarske županije i Agencija za ruralni razvoj Istre.

46. hrvatski i 6. međunarodni simpozij agronoma

(14 - 18 veljače 2011, Grand hotel Adriatic, Opatija)

U Opatiji od 14. - 18. veljače 2011. godine održat će se 46. hrvatski i 6. međunarodni simpozij agronoma. Simpozij organiziraju Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet i Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet; Ministarstvo znanosti, obrazovanja i športa Republike Hrvatske; Ministarstvo poljoprivrede, ribarstva i ruralnog razvoja Republike Hrvatske; Ministarstvo regionalnog razvoja, šumarstva

i vodnoga gospodarstva Republike Hrvatske; Balkan Environmental Association (B.EN.A); European Irrigation Association (EIA); European Society of Agricultural Engineers (EurAgEng); International Society of Food, Agriculture and Environment (ISFAE), International Soil Tillage Research Organisation (ISTRO); Agronomski i prehrambeno-tehnološki fakultet Sveučilišta u Mostaru, BiH; Biotehniška fakulteta Univerze v Ljubljani, Slovenija; Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede Univerze v Mariboru, Slovenija; University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine of Cluj-Napoca, Romania

Skup će se održati pod pokroviteljstvom Vlade Republike Hrvatske a u suradnji s Bc Institutom za oplemenjivanje i proizvodnju bilja, Zagreb; Hrvatskom agencijom za hranu, Osijek; Hrvatskim agronomskim društvom, Zagreb; Hrvatskim centrom za poljoprivredu, hranu i selo, Zagreb; Hrvatskom gospodarskom komorom, Zagreb; Hrvatskom poljoprivrednom agencijom, Križevci; Hrvatskim zavodom za poljoprivrednu savjetodavnu službu, Zagreb; Institutom za jadranske kulture i melioraciju krša, Split; Institutom za poljoprivredu i turizam, Poreč; Poljoprivrednim institutom Osijek; Visokim gospodarskim učilištem u Križevcima; Zagrebačkom županijom te Zavodom za sjemenarstvo i rasadničarstvo, Osijek.

