



Broj: 03-2-3-26-12-222-1/26

Mostar, 17.2.2026.

**NAUČNO MIŠLJENJE O RIZIKU PO ZDRAVLJE LJUDI USLIJED
PRISUSTVA AFLATOKSINA B1 I AFLATOKSINA M1 U HRANI I
HRANI ZA ŽIVOTINJE**



SADRŽAJ:

1. POZADINA SLUČAJA.....	3
1.1 Zakonodavni okvir.....	4
2. PROCJENA RIZIKA.....	5
2.1. IDENTIFIKACIJA OPASNOSTI	5
2.2. KARAKTERIZACIJA OPASNOSTI.....	6
2.3 PROCJENA IZLOŽENOSTI	6
2.3.1 Podaci o rezultatima laboratorijskih analiza hrane i hrane za životinje u Bosni i Hercegovini.....	7
2.3.2 Analiza rezultata službene kontrole kukuruza na granici za neusklađene uzorke– AFB ₁ (2025).....	8
2.3.3 Konzumacija kukuruza i proizvoda od kukuruza u Bosni i Hercegovini od strane ljudi	9
2.3.4 Konzumacija mlijeka u Bosni i Hercegovini - analiza podataka za potrošače i ukupnu populaciju.....	10
2.3.5 Procjena izloženosti AFB ₁ putem konzumacije kukuruza za ishranu ljudi	12
2.3.6 Procjena izloženosti AFM ₁ putem konzumacije mlijeka.....	14
2.4 KARAKTERIZACIJA RIZIKA	16
2.5 NESIGURNOSTI	18
3. ZAKLJUČAK.....	19
4. LITERATURA	21



1. POZADINA SLUČAJA

Višegodišnja istraživanja pokazuju da mikotoksini često kontaminiraju žitarice, zbog čega je sistemska kontrola njihovog prisustva u hrani i stočnoj hrani neophodna kako bi se spriječili negativni uticaji na zdravlje ljudi i životinja, kao i ekonomski gubici u poljoprivredi.

Mikotoksini predstavljaju jednu od najvećih prijetnji bezbjednosti hrane zbog svoje visoke toksičnosti i brojnih štetnih efekata na zdravlje. Nedavno sprovedena studija predviđela je kontaminaciju usjeva kukuruza i pšenice aflatoksinima u Evropi u narednih 100 godina. Prema rezultatima te studije, očekuje se da će aflatoksin B1 (AFB₁) postati značajno pitanje bezbjednosti hrane u Evropi, posebno u najizglednijem scenariju klimatskih promjena. Klimatske promjene predstavljaju jedan od najvećih globalnih izazova savremenog društva, sa ozbiljnim posljedicama po zdravlje ljudi, biodiverzitet, ekonomiju, kao i bezbjednost vode i hrane (Chhaya i sar., 2022). One mogu dovesti do povećane kontaminacije lanca ishrane mikotoksinima, što predstavlja značajan rizik za zdravlje ljudi i životinja.

Mikotoksini mogu izazvati različite štetne efekte, uključujući kancerogenost, imunotoksičnost, poremećaje varenja, neurotoksičnost, hepatotoksičnost, nefrotoksičnost, reproduktivnu i razvojnu toksičnost i druge negativne posljedice. Često djeluju istovremeno na više ciljnih organa i sistema, a njihov efekat zavisi od vrste mikotoksina, doze i trajanja izloženosti.

U skladu sa koncentracijama propisanim Pravilnikom o maksimalno dozvoljenim količinama za određene kontaminante u hrani („Službeni glasnik BiH“, br. 68/14, 79/16 i 84/18), za aflatoksine B1 (AFB₁) i M1 (AFM₁) u hrani izrađen je pregled dosadašnjih istraživanja i modela procjene, odnosno kvalitativna procjena uticaja na zdravlje ljudi pri konzumiranju hrane potencijalno kontaminirane mikotoksinima.

Namirnice bogate skrobom ili mastima, kao što su žitarice, orašasti plodovi (kikiriki, pistacije, bademi, lješnici, brazilski orah, orasi), uljarice (soja, suncokret, sjeme pamuka), začini (paprika, čili, muškatni oraščić, đumbir i sušeno voće (smokve, hurme, grožđice), posebno su podložne kontaminaciji aflatoksinima. Aflatoksini se mogu pojaviti i u mlijeku i mliječnim proizvodima putem tzv. „carry-over“ efekta, ukoliko su muzne krave hranjene stočnom hranom kontaminiranom aflatoksinima.

Porast temperature, dugotrajne suše i nagle promjene u režimu padavina dovode do stresa kod biljaka, čime se povećava osjetljivost kukuruza na infekciju gljivicama roda *Aspergillus* i posljedičnu produkciju aflatoksina. Klimatske promjene tako djeluju kao multiplikativni faktor rizika u lancu proizvodnje hrane i hrane za životinje.

Battilani i sar. (2016) modelirali su procjene rizika od kontaminacije aflatoksinima u kukuruзу i pšenici u scenarijima klimatskih promjena od +2 °C i +5 °C, na osnovu mehanističkog modela razvijenog od strane Battilani i saradnika (2013). Provedena su istraživanja kako bi se predvidio uticaj klimatskih promjena na kontaminaciju aflatoksinima (AF) u kukuruзу, pšenici i riži u EU, na osnovu trenutnih meteoroloških uslova te scenarija porasta temperature od +2 °C i +5 °C. U scenariju porasta temperature od +2 °C predviđa se povećanje kontaminacije AF u kukuruзу, posebno u južnoj Evropi (Španija, Italija i Balkan). Porast prosječnih temperatura i češće ekstremne vremenske pojave, poput obilnih kiša ili dugotrajnih suša, povećavaju stres biljaka, čineći žitarice, posebno kukuruz, podložnijim gljivičnim infekcijama i kontaminaciji mikotoksinima.



Prema rezultatima Battilani i sar., istočna Evropa, Balkansko poluostrvo i mediteranska regija u oba scenarija klimatskih promjena prepoznate su kao „žarišta“ za kontaminaciju kukuruza aflatoksinima. U oba klimatska scenarija predviđeno je značajno povećanje rizika od kontaminacije kukuruza aflatoksinima tokom godina. Tokom 2012. godine, usljed visokih temperatura i suše, u Srbiji je registrovana pojava *A. flavus* u kukuruzu (Lević i sar., 2013). Takođe, u sjevernoj Italiji je 2003. godine zabilježeno povećanje koncentracija AFM₁ u mlijeku, što je bilo povezano sa visokim nivoima AFB₁ u kukuruzu korištenom za ishranu muznih krava (Piva i dr., 2006; Battilani i dr., 2008).

Godina 2003. bila je karakterisana izuzetno toplim i suvim ljetom, sa prosječnim temperaturama u periodu juni–avgust koje su bile približno 2,5 °C više u odnosu na prethodnu i narednu godinu. Naprijed navedeno jasno pokazuje na direktnu povezanost ekstremnih klimatskih uslova, kontaminacije kukuruza AFB₁ i posljedične pojave AFM₁ u mlijeku (EFSA, 2020.)

Prema podacima iz Spoljnotrgovinske komore Bosne i Hercegovine, u periodu 2023–2025. godine evidentiran je godišnji uvoz kukuruza (tarifni broj 1005900000 – ostali (kukuruz za ishranu životinja i ljudi) u količinama od približno 153.000 do 157.000 tona. Dominantna zemlja uvoza u sve tri godine bila je Srbija, sa udjelom većim od 98% u 2023. i 2024. godini, dok je u 2025. zabilježeno značajno povećanje uvoza iz Hrvatske (6,96%) a uvoz iz Srbije je iznosio (92,63%).

Uzimajući u obzir navedeno, Agencija za bezbjednost hrane Bosne i Hercegovine pripremila je stručno mišljenje o rizicima po javno zdravlje povezanim sa prisustvom aflatoksina B1 i M1 u hrani i stočnoj hrani, na osnovu dostupnih istraživanja i relevantne naučne literature koja se bavi ovom problematikom.

1.1 Zakonodavni okvir

U Bosni i Hercegovini maksimalno dozvoljene količine (MDK) aflatoksina propisane su posebnim podzakonskim aktima koji uređuju oblast bezbjednosti hrane i hrane za životinje.

Pravilnikom o maksimalno dozvoljenim količinama za određene kontaminante u hrani („Službeni glasnik BiH“, br. 68/14, 79/16 i 84/18) utvrđeno je da MDK za aflatoksin B1 (AFB₁) u kukuruzu koji će se podvrgnuti sortiranju ili drugoj fizičkoj obradi prije ljudske konzumacije ili upotrebe kao sastojka u hrani iznosi 5 µg/kg. Za sumu aflatoksina (AFB₁, AFB₂, AFG₁ i AFG₂) propisana je maksimalno dozvoljena količina od 10 µg/kg. Kada je riječ o mlijeku, maksimalno dozvoljena količina aflatoksina M1 (AFM₁) u sirovom mlijeku, termički obrađenom mlijeku i mlijeku namijenjenom za proizvodnju mliječnih proizvoda iznosi 0,05 µg/kg.

Pravilnikom o neželjenim supstancama u hrani za životinje („Službeni glasnik BiH“, br. 72/11 i 70/16) propisana je maksimalno dozvoljena količina AFB₁ u svim krmivima u vrijednosti od 0,02 mg/kg. Istim pravilnikom utvrđena je strožija MDK za potpune krmne smjese namijenjene mliječnim govedima i teladi, mliječnim ovcama i jagnjadi, mliječnim kozama i jaradi, kao i za prasadi i mladu perad, koja iznosi 0,005 mg/kg, imajući u vidu mogućnost prelaska aflatoksina iz hrane za životinje u mlijeko i proizvode životinjskog porijekla.



2. PROCJENA RIZIKA

2.1. IDENTIFIKACIJA OPASNOSTI

Aflatoksini predstavljaju najpoznatije i najtoksičnije mikotoksine koje proizvode određeni sojevi plijesni roda *Aspergillus*, pri čemu su posebno značajni *Aspergillus flavus* i *Aspergillus parasiticus* (Prasanna i sar., 1975; Hussein i Brasel, 2001). Prvi put su opisani 1960. godine u Engleskoj, a danas su prepoznati kao značajni kontaminanti hrane i krmiva širom svijeta. Njihov rast i produkcija zavise od okruženja, pri čemu toplota, vlažnost i tip zemljišta igraju ključnu ulogu, dok optimalni uslovi uključuju temperature između 26 i 38 °C i sadržaj vlage veći od 18% (Diener i Davis, 1996; Valpotić i Šerman, 2006). *Aspergillus flavus* najčešće kolonizira nadzemne dijelove biljaka, uključujući lišće i cvjetove, i proizvodi aflatoksine B1 i B2 u žitaricama poput kukuruza, dok *Aspergillus parasiticus* može sintetisati aflatoksine B1, B2, G1 i G2, naročito u skladištenim uljaricama.

Aflatoksin B1 (AFB₁) je najtoksičniji i najbolje istražen aflatoksin, čiji je kancerogeni potencijal potvrđen kod ljudi i životinja. Zbog dokazanog kancerogenog učinka, AFB₁ je svrstavan u Grupu 1 kancerogena od strane Međunarodne agencije za istraživanje raka (IARC, 2012). Primarni ciljni organ aflatoksina B1 je jetra, a intenzitet i ozbiljnost oštećenja zavise od doze, trajanja izloženosti, vrste i fiziološkog stanja životinje ili čovjeka, uzgojnih uslova i nutritivnog statusa. Visoke doze AFB₁ mogu izazvati akutno trovanje i smrt, dok subletalne doze dovode do hroničnog trovanja. Dugotrajna izloženost niskim dozama povezana je sa razvojem malignih tumora, prvenstveno primarnog karcinoma jetre, dok aflatoksini ujedno pokazuju i imunosupresivna, mutagena i teratogena svojstva (Domijan i Peraica, 2010).

Nakon oralne izloženosti, AFB₁ se efikasno apsorbuje u gastrointestinalnom traktu i sistemski raspoređuje, pri čemu se najveći dio transportuje portalnom cirkulacijom u jetru – primarni cilj toksina. Manji dio distribuisan je u druge organe, uključujući bubrege, pluća i slezenu. U jetri dolazi do metabolizma preko enzima citokroma P450, pri čemu nastaju reaktivni i nereaktivni metaboliti. Posebnu važnost ima AFB₁-8,9-epoksid, koji je odgovoran za genotoksične i kancerogene efekte putem stvaranja DNK-adukata. Hidroksilizovani metabolit aflatoksina B1, aflatoksin M1 (AFM₁), izlučuje se putem mlijeka, urina i fecesa, te predstavlja relevantnu opasnost za potrošače, posebno dojenčad i malu djecu. AFM₁ zadržava kancerogena svojstva AFB₁, iako u nešto manjem stepenu, a dodatno zabrinjava kumulativni efekat prilikom redovnog unošenja kontaminiranih mliječnih proizvoda (Valpotić i Šerman, 2006).

Iako je sistemsko poluvrijeme eliminacije AFB₁ relativno kratko, trajne biološke posljedice proizilaze iz kovalentnog vezivanja reaktivnih metabolita za DNK, što dovodi do dugoročnih genetičkih oštećenja i potencijalnog razvoja maligniteta (EFSA, 2004). Stabilnost AFM₁ u procesima obrade mlijeka i mliječnih proizvoda dodatno povećava rizik, jer toksin ostaje prisutan gotovo u potpunosti u proizvodima poput jogurta, sireva i pavlake.



2.2. KARAKTERIZACIJA OPASNOSTI

Prema procjeni EFSA-e, kritični učinak aflatoksina B1 (AFB₁) je indukcija hepatocelularnog karcinoma, što predstavlja najosjetljiviji i regulatorno najrelevantniji ishod za karakterizaciju opasnosti. Pored kancerogenog djelovanja, AFB₁ može izazvati i druge štetne efekte, uključujući hepatotoksičnost, imunosupresiju i poremećaje rasta, ali ovi efekti nisu korišteni kao kritični *endpoint* u kvantitativnoj procjeni rizika.

AFB₁ je genotoksični kancerogen, što znači da se ne može definisati sigurna referentna vrijednost poput TDI (tolerisanog dnevnog unosa) ili ADI (prihvatljive dnevne doze). EFSA je za procjenu rizika koristila pristup *Margin of Exposure* (MOE) zasnovan na *benchmark dozi*. Za procjenu odnosa doze i odgovora korišteni su podaci iz dugotrajnih studija kancerogenosti na životinjama i epidemioloških studija kod ljudi. Epidemiološki podaci, posebno kod populacija zaraženih virusom hepatitisa B (HBV), potvrđuju snažnu povezanost dugotrajne izloženosti AFB₁ i razvoja raka jetre. Čak i dnevni unos u nanogramskim količinama, tokom više godina, može povećati rizik od nastanka karcinoma. Iako je akutna toksičnost, na primjer prilikom konzumacije lješnika, malo vjerovatna, primarna zabrinutost u bezbjednosti hrane odnosi se na hroničnu izloženost.

Benchmark doza (BMDL):

Kao referentna tačka u procjeni rizika korištena je benchmark doza za 10 % povećanja incidencije hepatocelularnog karcinoma (BMDL₁₀):

$$\text{BMDL}_{10} \approx 0,4 \mu\text{g/kg tjelesne mase/dan}$$

Na temelju BMDL₁₀, izračunava se Margin of Exposure (MOE):

$$\text{MOE} = \frac{\text{BMDL}}{\text{procijenjena izloženost}}$$

Vrijednosti MOE ≥ 10.000 ukazuju na nisku zabrinutost za javno zdravlje, dok niže vrijednosti signaliziraju potencijalni rizik i potrebu za upravljačkim mjerama.

2.3 PROCJENA IZLOŽENOSTI

Prema procjeni Panel-a za kontaminante u prehrambenom lancu (EFSA CONTAM) iz 2020. godine, ukupna hronična prehrambena izloženost aflatoksinima (AFB₁, AFB₂, AFG₁, AFG₂ i AFM₁) u evropskoj populaciji rezultat je doprinosa više kategorija hrane. Najveće učešće u srednjoj hroničnoj prehrambenoj izloženosti AFB₁ u svim starosnim grupama su iz kategorije „žitarice i proizvodi na bazi žitarica“. Glavne potkategorije koje su nosile ovaj doprinos bile su „žitarice za ljudsku ishranu“ (posebno kukuruzno zrno), „hljeb i peciva“ te „fina pekarski proizvodi“. Kategorije hrane „tečno mlijeko“ i „fermentisani mliječni proizvodi“ bile su glavni doprinosi ukupnoj srednjoj izloženosti AFM₁ u svim starosnim grupama. BfR je takođe procijenio da li bi meso, jaja i iznutrice (poput bubrega i jetre) mogle sadržavati povišene



koncentracije aflatoksina ako se životinje hrane stočnom hranom s povišenim sadržajem aflatoksina (BfR, 2013).

2.3.1 Podaci o rezultatima laboratorijskih analiza hrane i hrane za životinje u Bosni i Hercegovini

U okviru redovnih aktivnosti prikupljanja i obrade podataka Agencija za bezbjednost hrane BiH prikuplja i analizira rezultate laboratorijskih ispitivanja hrane i hrane za životinje koje dostavljaju ovlaštene laboratorije iz Bosne i Hercegovine. Dostavljeni podaci koriste se za procjenu usklađenosti sa važećim maksimalno dozvoljenim vrijednostima i identifikaciju potencijalnih rizika po zdravlje potrošača.

Prema podacima dostavljenim Agenciji tokom izvještajnog perioda za 2025. godinu, na prisustvo mikotoksina u Bosni i Hercegovini analizirano je ukupno 1 286 uzoraka hrane i hrane za životinje, raspoređenih u više kategorija. Uzorci su ocijenjeni kao neusklađeni ukoliko je utvrđena koncentracija mikotoksina prelazila propisane maksimalno dozvoljene vrijednosti.

Od ukupno 1 286 analiziranih uzoraka na prisustvo mikotoksina u svim kategorijama hrane, 29 uzoraka (2,26%) nije bilo usklađeno sa važećim propisima. Neusklađenosti su utvrđene u dvije kategorije hrane: žitarice i primarni proizvodi od žitarica te mlijeko i mliječni proizvodi. U svim ostalim analiziranim kategorijama nisu evidentirani neusklađeni uzorci.

U kategoriji žitarica i njihovih primarnih proizvoda analizirano je 808 uzoraka, od kojih je 16 uzoraka (1,98%) ocijenjeno kao neusklađeno. Neusklađenosti kod žitarica su utvrđene za aflatoksin B1 (AFB₁), kao i za sumu aflatoksina B1, B2, G1 i G2, dok su ostali parametri bili u skladu sa važećim propisima.

Najveći broj uzoraka odnosio se na podkategoriju žitarice u znu (206 uzoraka), u okviru koje su evidentirane sve neusklađenosti i to:

- 16 analiza neusklađenih na AFB₁,
- 14 analiza neusklađenih na aflatoksine – sumu B1, B2, G1 i G2.

Posmatrano po pojedinačnim vrstama žitarica, kukuruz je jedina podkategorija u kojoj su utvrđene neusklađenosti. Od 127 analiziranih uzoraka kukuruza, 16 uzoraka (12,6 %) nije bilo usklađeno u pogledu sadržaja AFB₁. Kod ostalih vrsta žitarica (pšenica, ječam, heljda, raž, tritikale, proso, zob, riža i sirak) nisu utvrđene neusklađenosti ni za jedan analizirani mikotoksin.

U kategoriji mlijeka i mliječnih proizvoda analizirana su 304 uzorka na prisustvo AFM₁, od kojih je 13 uzoraka (4,28 %) ocijenjeno kao neusklađeno. Svi neusklađeni uzorci potiču iz podkategorije svježeg kravljeg mlijeka.

Utvrđene neusklađenosti u kategoriji žitarica bile su isključivo povezane sa aflatoksinima, pri čemu je kukuruz identifikovan kao glavna rizična sirovina. Ovakav obrazac je u skladu sa poznatim uticajem agroklimatskih uslova na produkciju aflatoksina.

Neusklađenosti utvrđene u mlijeku mogu se dovesti u vezu sa prenosom (*carry-over*) AFB₁ iz kontaminirane hrane za životinje kao AFM₁ u mlijeku, što potvrđuje uzročno-posljedičnu povezanost između kontaminacije kukuruza i pojave AFM₁ u sirovom mlijeku.



2.3.2 Analiza rezultata službene kontrole kukuruza na granici za neusklađene uzorke– AFB₁ (2025)

Na osnovu izvještaja o rezultatima službene kontrole na granici, dostavljenih od strane Republičke uprave za inspeksijske poslove Republike Srpske – poljoprivredna inspekcija, u 2025. godini utvrđene su neusklađenosti u pogledu prisustva aflatoksina B1 (AFB₁) u pošiljkama kukuruza namijenjenog za ishranu ljudi.

Tokom kontrola pri uvozu u Bosnu i Hercegovinu, laboratorijskim analizama je utvrđena neusklađenost kod sedam pošiljki kukuruza za ishranu ljudi, ukupne mase 182 840 kg. Većina neusklađenih pošiljki bila je porijeklom iz Republike Srbije, dok je jedna pošiljka poticala iz Republike Hrvatske.

Utvrđene neusklađenosti odnosile su se na prekoračenje maksimalno dozvoljenih vrijednosti AFB₁, propisanih važećim zakonodavstvom, zbog čega pošiljke nisu ispunjavale uslove za stavljanje na tržište Bosne i Hercegovine.

Tabela 1. Rezultati neusklađenih uzoraka uzetih na graničnim prelazima u okviru službene kontrole kukuruza za ishranu ljudi zbog prisustva Aflatoksina B1

Zemlja porijekla	ID lab. Analize	Datum analize	Parametar	Utvrđena vrijednost µg/kg	Mjerna nesigurnost µg/kg	MDK
Srbija	324/25	4.3.2025	Aflatoksin B1	17,2	3,65	5 µg/kg
Srbija	976/25	2.7.2025	Aflatoksin B1	21,44	4,54	5 µg/kg
Srbija	1023/25	9.7.2025	Aflatoksin B1	12,84	2,72	5 µg/kg
Srbija	1830/25	27.10.2025	Aflatoksin B1	59,48	12,61	5 µg/kg
Hrvatska	17-6594/25	30.12.2025	Aflatoksin B1	7,4		5 µg/kg
Srbija	2070/25	3.12.2025	Aflatoksin B1	93,76	19,88	5 µg/kg
Srbija	2213/25	25.12.2025	Aflatoksin B1	19,92	4,1	5 µg/kg
Srednja vrijednost AFB₁				33,15		

Na osnovu podataka prikazanih u tabeli, evidentno je da su utvrđene koncentracije AFB₁ varirale u rasponu od 7,40 µg/kg do 93,76 µg/kg, što predstavlja prekoračenje maksimalno dozvoljene količine (MDK) u rasponu od približno 1,5 do gotovo 19 puta. Najviša izmjerena vrijednost zabilježena je kod pošiljke porijeklom iz Republike Srbije (ID laboratorijske analize 2070/25), sa koncentracijom od 93,76 µg/kg i mjernom nesigurnošću ±19,88 µg/kg. Srednja vrijednost koncentracije AFB₁ u neusklađenim uzorcima iznosila je 33,15 µg/kg.



Većina neusklađenih pošiljki poticala je iz Republike Srbije (6 od 7), dok je neusklađenost utvrđena i kod jedne pošiljke iz Republike Hrvatske.

Posmatrano vremenski, neusklađenosti su evidentirane tokom cijele godine (mart, juli, oktobar i decembar), što ukazuje da kontaminacija nije bila ograničena na određeni sezonski period, već je predstavljala kontinuirani rizik pri uvozu kukuruza tokom 2025. godine.

2.3.3 Konzumacija kukuruza i proizvoda od kukuruza u Bosni i Hercegovini od strane ljudi

Ako se ispitivana supstanca pojavljuje u prehrambenom artiklu koji konzumira skoro cijela populacija, procjena izloženosti može se zasnivati na podacima za ukupnu populaciju. Međutim, ukoliko se kontaminant javlja u prehrambenom artiklu koji konzumira samo ograničeni dio populacije, korištenje prosječnog unosa za ukupnu populaciju može dovesti do potcjenjivanja ili precjenjivanja stvarne izloženosti. U takvim slučajevima procjenu izloženosti potrebno je provoditi za grupu „potrošača“ (EFSA, 2005).

Podaci o konzumaciji kukuruza i proizvoda na bazi kukuruza preuzeti su iz Studije o prehrambenih navikama adolescenata, odraslih i trudnica u Bosni i Hercegovini (B&H MENU) i odnose se isključivo na potrošače (ispitanike koji su konzumirali navedeni proizvod). Analiza obuhvata tri glavne podkategorije:

- kukuruzno brašno,
- kokice (popped maize),
- industrijski prerađene kukuruzne pahuljice (flakes).

Ovakav pristup je metodološki opravdan u procjeni izloženosti AFB₁, jer omogućava realističniju procjenu unosa zasnovanu na stvarnim obrascima konzumacije kukuruza i kukuruznih proizvoda, umjesto na prosječnim vrijednostima za ukupnu populaciju.

Tabela 2. Sažetak konzumacije kukuruza (g/dan) – potrošači

Proizvod	Populaciona grupa	Udio potrošača	Srednja vrijednost	Medijan	95-ti percentil
Kukuruzno brašno	Adolescenti	0,60%	5,8	5,9	7,7
	Odrasli	0,40%	9,2	7,9	15,2
Kokice (popped maize)	Adolescenti	4,10%	51,6	50	122,5
	Odrasli	4,90%	57,4	50	125
Kukuruzne pahuljice (flakes)	Adolescenti	6,40%	32,3	32,5	50
	Odrasli	1,20%	35	35	55,5

Napomena: Za pojedine kategorije broj potrošača je nizak (<5 ili <60 ispitanika), zbog čega su visoki percentili (npr. P95 ili P97,5) statistički manje pouzdani i treba ih tumačiti sa oprezom, u skladu sa metodološkim preporukama EFSA-e

Direktna konzumacija kukuruza i proizvoda od kukuruza u populaciji Bosne i Hercegovine nije široko rasprostranjena. Udio potrošača kreće se od 0,4–0,6% za kukuruzno brašno, do 4–6% za kokice i kukuruzne pahuljice. Ovi podaci ukazuju da kukuruz ne predstavlja osnovnu



namirnicu u svakodnevnoj ishrani, već se uglavnom konzumira povremeno i u specifičnim oblicima.

Iako je udio potrošača nizak, količine koje se konzumiraju među potrošačima nisu zanemarive, naročito za:

- kukuruzne kokice, gdje su srednje vrijednosti oko 50–60 g/dan, dok 95-ti percentil prelazi 120 g/dan,
- kukuruzne pahuljice, sa srednjim vrijednostima od 30–35 g/dan.
- kukuruzno brašno, koje se konzumira u znatno manjim količinama (uglavnom <10 g/dan).

S obzirom na mali broj potrošača u većini kategorija, u skladu sa metodološkim napomenama EFSA-e, visoki percentili (P95, P97,5) imaju ograničenu statističku pouzdanost i mogu se koristiti isključivo kao orijentacioni pokazatelji, ali ne i kao osnova za donošenje konačnih zaključaka o visokoj izloženosti.

Udio potrošača u ukupnoj populaciji je nizak te, u ovoj procjeni, nije dodatno uziman u obzir kroz prilagođavanje na nivou ukupne populacije niti je uključen u izračun ukupne populacione izloženosti.

2.3.4 Konzumacija mlijeka u Bosni i Hercegovini - analiza podataka za potrošače i ukupnu populaciju

Podaci o konzumaciji mlijeka u Bosni i Hercegovini preuzeti su iz Studije o prehrambenih navikama adolescenata, odraslih i trudnica u Bosni i Hercegovini (B&H MENU). Analiza obuhvata tri populacione grupe (adolescente, odrasle i trudnice) i prikazuje konzumaciju mlijeka na dva nivoa:

- potrošači (ispitanici koji su konzumirali mlijeko),
- ukupna populacija (potrošači i nepotrošači).

Ako se kontaminant javlja u prehrambenom artiklu koji konzumira gotovo cjelokupna populacija, procjena izloženosti može se zasnivati na podacima za cijelu populaciju. Međutim, ukoliko se supstanca pojavljuje u prehrambenom artiklu koji konzumira samo ograničen dio ukupne populacije, korištenje prosječnog unosa za cijelu populaciju može dovesti do pogrešne procjene izloženosti. U takvim slučajevima procjenu izloženosti potrebno je provoditi za grupu „potrošača“, odnosno ispitanike koji stvarno konzumiraju dati proizvod (EFSA, 2005).

Ovakav pristup je u skladu sa EFSA metodologijom, prema kojoj se podaci o konzumaciji za *ukupnu populaciju* koriste za procjenu hronične izloženosti, dok se podaci o *potrošačima* koriste za identifikaciju visokih potrošača i procjenu rizika u podgrupama koje stvarno konzumiraju dati proizvod.



Tabela 3. Konzumacija mlijeka u BiH, poređenje potrošača i ukupne populacije (g/dan)

Populaciona grupa	Analizirana grupa	Broj ispitanika	Udio potrošača (%)	Srednja vrijednost	Medijan	95.-ti perc.	97.-ti perc.
Adolescenti	Potrošači	343	64,2	133,4	115,4	349,4	400,0
	Ukupna populacija	534	–	85,7	28,2	300,0	367,2
Odrasli	Potrošači	429	50,5	89,3	50,0	258,2	340,2
	Ukupna populacija	850	–	45,1	4,7	200,0	258,4
Djeca	Potrošači	237	78,5	145,41	125	355,38	405,69
	Ukupna populacija	302	-	114,9	100	349,22	395,42
Mala djeca (1-3 godine)	Potrošači	243	89,7	205,12	164,49	529,5	606,03
	Ukupna populacija	271	-	183,93	127,52	521,8	601,6

Napomena: Podaci za populacione grupe djeca i mala djeca su preuzeti iz Serbian Food Consumption survey on children (Gurinović i sar., 2017.)

Konzumacija mlijeka u Bosni i Hercegovini varira između 50% i 89,7% ispitanika, u zavisnosti od populacione grupe. Najveći udio potrošača zabilježen je kod male djece (89,7%), dok je kod odraslih i trudnica približno polovina populacije evidentirana kao potrošač.

Srednje vrijednosti konzumacije mlijeka ukazuju na značajne razlike među populacionim grupama i odražavaju prehrambene navike specifične za životnu dob. Najviša srednja vrijednost zabilježena je kod male djece (1–3 godine), gdje među potrošačima konzumacija iznosi 205,12 ml/dan, a u ukupnoj populaciji 183,93 ml/dan. Ovi podaci potvrđuju da je mlijeko osnovna komponenta ishrane u najranijoj dobi. Visoke srednje vrijednosti prisutne su i kod ostale djece (145,41 ml/dan kod potrošača i 114,9 ml/dan u ukupnoj populaciji), što ukazuje na kontinuirano značajnu ulogu mlijeka u dječijoj ishrani.

Kod adolescenata srednja vrijednost među potrošačima iznosi 133,4 ml/dan, dok je u ukupnoj populaciji 85,7 ml/dan, što pokazuje smanjenje konzumacije u odnosu na mlađe uzraste. Odrasli imaju najnižu srednju vrijednost (89,3 ml/dan kod potrošača i 45,1 ml/dan u ukupnoj populaciji), što je u skladu sa smanjenom učestalošću i količinom konzumacije mlijeka u ovoj grupi. Trudnice pokazuju umjerenu srednju vrijednost (100,3 ml/dan kod potrošača i 53,2 ml/dan u ukupnoj populaciji), što je relevantno s aspekta procjene rizika zbog osjetljivosti ove populacije.

Razlike između srednjih vrijednosti kod potrošača i ukupne populacije u svim grupama ukazuju na značajan udio ne-konzumenata, koji snižava prosječne vrijednosti u ukupnoj populaciji. U kontekstu procjene izloženosti, srednje vrijednosti su posebno važne za procjenu hronične



(prosječne) izloženosti, pri čemu mala djeca predstavljaju grupu sa najvećim prosječnim unosom i potencijalno najvećim rizikom po jedinici tjelesne mase.

Distribucija konzumacije mlijeka je izrazito asimetrična, sa velikim razlikama između medijana i gornjih percentila. Iako većina populacije konzumira male količine ili uopšte ne konzumira mlijeko, 95. i 99. percentili ukazuju na postojanje jasno definisane podgrupe čestih potrošača. Visoke standardne devijacije, naročito kod potrošača, potvrđuju značajnu individualnu varijabilnost prehrambenih navika. Zbog toga se u procjeni rizika ne može oslanjati isključivo na prosječne vrijednosti, već je neophodno primijeniti percentilni pristup, posebno za kontaminante poput aflatoksina M1 (AFM₁).

S obzirom na visoku konzumaciju mlijeka u gornjim percentilima, naročito kod male djece i djece, mlijeko predstavlja značajan doprinos ukupnoj prehrambenoj izloženosti AFM₁, posebno u scenarijima kada su koncentracije u mlijeku blizu maksimalno dozvoljenih vrijednosti.

2.3.5 Procjena izloženosti AFB₁ putem konzumacije kukuruza za ishranu ljudi

U procjeni izloženosti AFB₁ putem konzumacije kukuruza primijenjena su dva scenarija (LB i UB) kako bi se obuhvatila nesigurnost koja proizlazi iz ograničenog broja dostupnih podataka i prisustva rezultata ispod MDK vrijednosti. Ovakav pristup, u skladu sa metodologijom EFSA-e, omogućava prikaz raspona potencijalnog rizika te doprinosi i većoj transparentnosti i pouzdanosti procjene rizika za zdravlje potrošača.

S obzirom na ograničenost raspoloživih podataka, za uzorke sa koncentracijama ispod MDK primijenjene su dvije pretpostavke zbog nepoznate stvarne koncentracije kontaminanta: u LB scenariju pretpostavljena je vrijednost 0 µg/kg, dok je u UB scenariju korištena vrijednost od 5 µg/kg, što odgovara propisanoj MDK vrijednosti. U procjenu su uključeni i podaci o rezultatima laboratorijskih analiza hrane i hrane za životinje u Bosni i Hercegovini, pri čemu je 12,6% uzoraka bilo iznad MDK. Za neusklađene serije korištena je srednja koncentracija od 33,73 µg/kg.

$$C = p \times C_{\text{neusklađeni}} + (1-p) \times C_{\text{usklađeni}}$$

C- koncentracija;

C_{neusklađeni}- srednja vrijednost koncentracije AFB₁ za uzorke iznad MDK

C_{usklađeni} – koncentracija AFB₁ u usklađenim uzorcima

p - udio neusklađenih uzoraka u ukupnom broju uzoraka

Na osnovu prethodno navedenog, procijenjene prosječne koncentracije AFB₁ na iznose 4,22 µg/kg za LB scenarij i 8,59 µg/kg za UB scenarij. Na temelju utvrđenih koncentracija AFB₁ u predmetnim prehrambenim proizvodima, kao i podataka o potrošnji kukuruza i proizvoda od kukuruza prikupljenih u okviru istraživanja BH MENU, procijenjena je izloženost za ukupnu populaciju i za potrošače, izražena u µg/kg tjelesne mase/dan.

Za potrebe izračuna korištene su referentne tjelesne mase od 52 kg za adolescente i 70 kg za odrasle osobe.



Tabela 4. Procjena izloženosti AFB1 putem konzumacije kukuruza za ishranu ljudi

Vrsta hrane	Analizirani uzorak	Konc. AFB1 (µg/kg)	Populacijska grupa	Podaci o konzumaciji Potrošači (g/dan)	Procijenjena izloženost (µg/kg t.m./dan)
Kukuruzno brašno	Scenario (LB)	4,22	Adolescenti	5,8	0,00047
			Odrasli	6,2	0,00037
	Scenario (UB)	8,59	Adolescenti	5,8	0,0009
			Odrasli	6,2	0,0007
Kukuruzne kokice	Scenario (LB)	4,22	Adolescenti	51,6	0,00419
			Odrasli	57,4	0,00346
	Scenario (UB)	8,59	Adolescenti	51,6	0,0098
			Odrasli	57,4	0,0088
Kukuruzne pahuljice	Scenario (LB)	4,22	Adolescenti	32,6	0,00265
			Odrasli	35	0,00211
	Scenario (UB)	8,59	Adolescenti	32,6	0,00539
			Odrasli	35	0,00430



2.3.6 Procjena izloženosti AFM₁ putem konzumacije mlijeka

U procjeni izloženosti AFM₁ putem konzumacije mlijeka primijenjena su dva scenarija (LB i UB) kako bi se obuhvatila nesigurnost koja proizlazi iz ograničenih podataka i prisustva rezultata ispod MDK vrijednosti. Ovakav pristup, u skladu sa metodologijom EFSA-e, omogućava prikaz raspona potencijalnog rizika te doprinosi većoj transparentnosti i pouzdanosti procjene rizika za zdravlje potrošača.

U svom stručnom mišljenju BfR navodi da se, na osnovu izmjerenih koncentracija AFB₁ u hrani za životinje i AFM₁ u sirovom mlijeku, procjenjuje da se stopa prenosa (*carry-over*) kreće u rasponu od približno 0,1–0,5%. Ovaj raspon je u skladu sa podacima iz naučne literature i ukazuje na relativno nizak, ali mjerljiv prenos aflatoksina iz hrane za životinje u mlijeko. Stoga BfR smatra opravdanim korištenje navedenog raspona kao osnove za modelne proračune pri procjeni potencijalne izloženosti potrošača putem mlijeka (BfR, 2013).

Tabela 5. Izračun stope prenosa (carry over) AFB₁ iz hrane za životinju u AFM₁ u mlijeku

Koncentracija aflatoksina B1	Unos hrane (kg)	Udio kukuruza %	Unos aflatoksina (µg/dan)	Carry-over % Procent AFB ₁ koji prelazi u mlijeko kao AFM ₁	Količina AFM ₁ u mlijeku µg/dan	Količina mlijeka kg/dan	Konc AFM ₁ u mlijeku (µg/kg)
33,73	20	30	202,38	0,1	0,2024	20	0,01012

Modelirani scenario pokazuje da pri koncentraciji AFB₁ od 33,73 µg/kg u kukuružu, uz udio kukuruža od 30% u obroku i stopu prenosa (*carry-over*) od 0,1%, očekivana koncentracija AFM₁ u mlijeku iznosi 0,010 µg/kg.

Ova vrijednost je ispod maksimalno dozvoljene koncentracije (MDK) od 0,05 µg/kg,

S obzirom na ograničenost dostupnih podataka, za uzorke s koncentracijama ispod MDK primijenjena su dva scenarija zbog nepoznate stvarne koncentracije kontaminanta: u LB scenariju pretpostavljena je vrijednost od 0 µg/kg, dok je u UB scenariju korištena vrijednost od 0,05 µg/kg, što odgovara propisanoj MDK vrijednosti.

U procjenu su uključeni i podaci o rezultatima laboratorijskih analiza hrane i hrane za životinje u Bosni i Hercegovini, pri čemu je 6,44% uzoraka sirovog mlijeka bilo iznad MDK-a. Za neusklađene serije korištena je srednja koncentracija AFB₁ od 33,73 µg/kg u kukuružu.

$$C = p \times C_{\text{neusklađeni}} + (1-p) \times C_{\text{usklađeni}}$$

C- koncentracija;

C_{neusklađeni}- srednja vrijednost koncentracije AFB₁ za uzorke iznad MDK

C_{usklađeni} – koncentracija AFB₁ u usklađenim uzorcima

p - udio neusklađenih uzoraka u ukupnom broju uzoraka

Na osnovu prethodno navedenog, procijenjene prosječne koncentracije AFM₁ na tržištu iznose 0,00064 µg/kg za LB scenarij i 0,04744 µg/kg za UB scenarij. Na temelju utvrđene koncentracije AFM₁ u mlijeku i podataka o potrošnji prikupljenih u okviru istraživanja BH



Kneza Višeslava bb, 88 000 Mostar, Bosna i Hercegovina
Кнеза Вишеслава бб, 88 000 Мостар, Босна и Херцеговина
☎ + 3 8 7 3 6 3 3 6 9 5 0, ☎ + 3 8 7 3 6 3 3 6 9 9 0
www.fsa.gov.ba, E-mail: agencija@fsa.gov.ba



MENU, procijenjena je izloženost za ukupnu populaciju i za potrošače, izražena u $\mu\text{g}/\text{kg}$ tjelesne mase/dan.

Za potrebe izračuna korištene su referentne tjelesne mase: 54 kg za adolescente, 72 kg za odrasle, 21 kg za djecu i 12 kg za malu djecu.

Tabela 6. Podaci o konzumaciji kod potrošača

Analizirani uzorak	Konc. AFM ₁ ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	Populacijska grupa	Srednja vrijednost konzumacije (g/dan)	Česti konzumenti (97,5-ti percentil (g/dan))	Procijenje na izloženost -srednja vrijednost ($\mu\text{g}/\text{kg}$ t.m./dan)	Procijenje na izloženost- 97,5-ti percentil ($\mu\text{g}/\text{kg}$ t.m./dan)
Scenario (LB)	0,00064	Adolescenti	133,4	400	0,0000016	0,0000047
		Odrasli	89,3	340,2	0,0000008	0,0000030
		Djeca	145,41	405,69	0,0000044	0,0000123
		Mala djeca	205,15	606,03	0,0000109	0,0000323
Scenario (UB)	0,04744	Adolescenti	133,4	400	0,0001168	0,0003514
		Odrasli	89,3	340,2	0,0000586	0,0002240
		Djeca	145,41	405,69	0,0003276	0,0009149
		Mala djeca	205,15	606,03	0,0008104	0,0023957

Tabela 7. Podaci o konzumaciji - opšta populacija

Analizirani uzorak	Konc. AFM ₁ ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	Populacijska grupa	Srednja vrijednost konzumacije (g/dan)	Česti konzumenti (97,5-ti percentil (g/dan))	Procijenje na izloženost- srednja vrijednost ($\mu\text{g}/\text{kg}$ t.m./dan)	Procijenjena izloženost 97,5-ti percentil ($\mu\text{g}/\text{kg}$ t.m./dan)
Scenario (LB)	0,00064	Adolescenti	87,71	367,22	0,0000010	0,000004
		Odrasli	45,07	258,36	0,0000004	0,000002
		Djeca	114,90	395,42	0,0000035	0,000012
		Mala djeca	183,93	601,60	0,0000098	0,000032
Scenario (UB)	0,04744	Adolescenti	87,71	367,22	0,00008	0,0003
		Odrasli	45,07	258,36	0,00003	0,0002
		Djeca	114,90	395,42	0,00026	0,0009
		Mala djeca	183,93	601,60	0,00072	0,0024



2.4 KARAKTERIZACIJA RIZIKA

Za genotoksične i kancerogene supstance, koje se definišu kao „supstance bez praga“, nije moguće utvrditi HBGV (vrijednost zdravlja zasnovanu na granici izloženosti), jer se po definiciji ne može odrediti doza koja je potpuno bez efekata. U ovakvim slučajevima obično se preporučuje primjena pristupa MOE (Margin of Exposure – granica izloženosti), pri čemu odgovarajuća MOE predstavlja preduslov za isključenje zabrinutosti u vezi sa javnim zdravljem.

MOE (Margin of Exposure) samo ukazuje na nivo zabrinutosti u vezi sa kancerogenim efektom i uzima u obzir dodatne nesigurnosti, ali ne kvantifikuje rizik. U procjeni rizika od supstanci koje su i genotoksične i kancerogene, Naučni odbor EFSA-e smatra da je MOE od 10.000 ili više, ako se zasniva na BMDL10 iz studije kancerogenosti na životinjama, nizak nivo zabrinutosti sa aspekta javnog zdravlja (Benford et al., 2010; EFSA Scientific Committee, 2005, 2012c) i da se takva supstanca može razumno smatrati niskim prioritetom za upravljanje rizikom.

Za ovu procjenu rizika, kao referentna tačka korišten je BMDL10 dobijen iz studije na životinjama, uz MOE vrijednost od 10.000.

Pri karakterizaciji rizika korišten je pristup izračunavanja približnih granica izloženosti – MOE (engl. Margin of Exposure). Ovim pristupom dobijene su procijenjene vrijednosti statističkih donjih granica pouzdanosti referentnih doza – BMDL (engl. Benchmark Dose Level) (EFSA, 2009).

Nivo rizika je obrnuto proporcionalan granici izloženosti: što je MOE (odnos između BMDL i procijenjene prehrabene izloženosti) veći, to je vjerovatnije da će procijenjeni rizik biti niži, što sugerije da takve supstance mogu imati nizak prioritet za upravljanje rizikom. Pri tumačenju MOE takođe treba uzeti u obzir poziciju izloženosti unutar raspona procijenjenog unosa (EFSA, 2010). Dakle, što je granica izloženosti bliža procijenjenoj prehrabenoj izloženosti, to moguće štetne posledice kod određenih potrošača ne mogu biti isključene. Suprotno tome, manji MOE ukazuje na veći potencijalni rizik za zdravlje, što zahtijeva hitniju potrebu za mjerama smanjenja rizika.

EFSA CONTAM Panel je odabrao donju granicu pouzdanosti referentne doze (BMDL) za referentni odgovor od 10% u iznosu od 0,4 µg/kg tjelesne mase/dan, na osnovu incidencije hepatocelularnog karcinoma (HCC) kod mužjaka pacova izloženih AFB₁. Ova vrijednost će se koristiti u pristupu granice izloženosti (MOE).

Tabela 8. Procijenjene izloženosti AFB₁ za referentnu tačku kod odrasle populacije konzumacijom proizvoda od kukuruza

Proizvod	Scenario	Utvrđena vrijednost AFB ₁	Populacijska grupa	MOE 0,4 ^(a)
	LB	4,22	Adolescenti	850



Kukuruzno brašno			Odrasli	1070
	UB	8,59	Adolescenti	418
			Odrasli	525
Kukuruzne kokice	LB	4,22	Adolescenti	95
			Odrasli	115
	UB	8,59	Adolescenti	47
			Odrasli	57
Kukuruzne pahuljice	LB	4,22	Adolescenti	151
			Odrasli	190
	UB	8,59	Adolescenti	74
			Odrasli	93

^(a)**BMDL₁₀- incidencije hepatocelularnog karcinoma**

Sve izračunate MOE vrijednosti su značajno ispod referentne vrijednosti od 10 000, koju EFSA koristi kao prag niske zabrinutosti za genotoksične i kancerogene supstance, što ukazuje na potencijalni zdravstveni rizik u svim razmatranim scenarijima.

UB scenario (8,59 µg/kg) očekivano daje približno dvostruko niže MOE vrijednosti u odnosu na LB scenario (4,22 µg/kg), što potvrđuje proporcionalni uticaj koncentracije na nivo rizika.

Najniže MOE vrijednosti (najveći rizik) zabilježene su kod kukuruznih kokica (UB scenario (Adolescenti: MOE = 47; Odrasli: MOE = 57)).

Adolescenti imaju niže MOE vrijednosti u odnosu na odrasle kod svih proizvoda i scenarija, što je očekivano zbog niže tjelesne mase i relativno većeg unosa hrane po kg tjelesne mase

Najpovoljnija situacija (najviši MOE) zabilježena je kod kukuruznog brašna u LB scenariju, međutim, i ove vrijednosti su daleko ispod 10 000, što znači da se rizik ne može smatrati niskim.

Tabela 9. Procijenjene izloženosti AFM₁ za referentnu tačku kroz konzumaciju mlijeka u različitim populacijskim grupama

Analizirani uzorak	Scenario	Utvrđena vrijednost AFM ₁	Populacijska grupa	Prosječni konzumenti MOE 0,4 ^(a)	Česti konzumenti MOE 0,4(a)
Petrošači	LB	0,00064	Adolescenti	253759,40	84375,00
			Odrasli	505617,98	132352,94
			Djeca	90517,24	32407,41
			Mala djeca	36585,37	12376,24



	UB	0,047	Adolescenti	3423,40	1138,28
			Odrasli	6821,15	1785,54
			Djeca	1221,14	437,20
			Mala djeca	493,56	166,96
Opšta populacija	LB	0,00064	Adolescenti	387931,03	91961,85
			Odrasli	1000000,00	174418,60
			Djeca	115131,58	33227,85
			Mala djeca	40983,61	12479,20
	UB	0,047	Adolescenti	5233,47	1240,63
			Odrasli	13490,73	2353,03
			Djeca	1553,21	448,27
			Mala djeca	552,90	168,35

(a)BMDL10- incidencije hepatocelularnog karcinoma

Uzimajući u obzir da je AFM₁ hidroksilirani metabolit AFB₁ i da zadržava genotoksični i kancerogeni potencijal, interpretaciju MOE vrijednosti za mlijeko potrebno je razmatrati u kontekstu osjetljivosti pojedinih populacionih grupa, kao i njihovih obrazaca konzumacije.

Kod opšte populacije u LB scenariju (nizak nivo kontaminacije) MOE vrijednosti su visoke u svim posmatranim grupama, što ukazuje na nizak nivo zabrinutosti za zdravlje. Međutim, u UB scenariju (povišena kontaminacija) dolazi do značajnog smanjenja MOE vrijednosti u svim populacionim grupama, pri čemu su vrijednosti iznad referentne granice od 10 000 zadržane jedino kod odraslih. Najizraženije smanjenje sigurnosne margine evidentirano je kod male djece, gdje MOE vrijednosti ukazuju na potencijalnu zdravstvenu zabrinutost. Ovakav nalaz posljedica je veće potrošnje mlijeka u odnosu na tjelesnu masu, kao i niže prosječne tjelesne mase ove grupe.

Sličan obrazac uočen je i kod populacije potrošača. U LB scenariju MOE vrijednosti su visoke kod svih populacionih grupa, što upućuje na nizak nivo zdravstvene zabrinutosti. Nasuprot tome, u UB scenariju dolazi do izraženog smanjenja MOE vrijednosti u svim grupama, pri čemu su mala djeca ponovo identifikovana kao najranjivija kategorija.

Zaključno, mala djeca predstavljaju najosjetljiviju populacionu grupu, sa najnižim MOE vrijednostima u oba scenarija. U UB scenariju, vrijednosti su znatno ispod referentne granice od 10 000, što u skladu sa EFSA pristupom ukazuje na potrebu za primjenom odgovarajućih mjera upravljanja rizikom i dodatnog nadzora nad nivoima AFM₁ u mlijeku.

2.5 NESIGURNOSTI

Agenciji za bezbjednost hrane BiH nisu dostupni podaci o uzorkovanju i rezultatima službenih kontrola uzoraka uzetih na graničnim prelazima na području Federacije Bosne i Hercegovine. Takođe, nisu dostupni podaci o količinama i rezultatima kontrole kukuruza uvezenog kao hrana



za životinje. Nedostatak navedenih podataka predstavlja ograničenje u pogledu sprovođenja sveobuhvatne procjene izloženosti.

Za izradu kvantitativne procjene izloženosti neophodni su podaci o koncentracijama aflatoksina u većem broju uzoraka (ne samo neusklađenih), ukupnom broju analiziranih uzoraka, kompletni rezultati laboratorijskih analiza, kao i podaci o zemlji porijekla svih kontrolisanih pošiljki.

Iako su u ovoj procjeni izloženosti uzeti u obzir mlijeko (AFM₁) i kukuruz i proizvodi od kukuruza (AFB₁) kao glavni izvori doprinosa ukupnoj izloženosti aflatoksinima u Bosni i Hercegovini, neophodno je naglasiti da oni ne predstavljaju jedine prehrambene izvore izloženosti.

Pri procjeni izloženosti primijenjen je ponderisani pristup, pri čemu je srednja koncentracija kontaminanta u pozitivnim uzorcima ponderisana udjelom neusklađenih uzoraka u ukupnom broju analiziranih uzoraka. Ovakav pristup može dovesti do precjenjivanja ili podcjenjivanja stvarne izloženosti jer distribucija koncentracija aflatoksina često nije normalna, već asimetrična. Uzorci ispod MDK u LB scenariju tretiraju se kao nula, što može dovesti do podcjenjivanja stvarne izloženosti, dok se u UB scenariju uzorci ispod MDK tretiraju kao jednaki MDK-u. Ponderisani pristup, iako realističniji od scenarija zasnovanog isključivo na neusklađenim uzorcima, podrazumijeva pretpostavku homogenosti tržišta i stabilnosti udjela kontaminiranih serija, što u praksi može odstupati od stvarnog stanja.

Modeliranje prelaska AFB₁ iz hrane za životinje u AFM₁ u mlijeku uvodi dodatne nesigurnosti. Pretpostavljena *carry-over* stopa, udio kukuruza u obroku i prosječna dnevna proizvodnja mlijeka predstavljaju pojednostavljena stvarnih uslova na farmama. Varijabilnost između životinja, razlike u hranidbenim režimima, kao i metaboličke razlike nisu u potpunosti obuhvaćene modelom. Takođe je pretpostavljena linearna veza između unosa AFB₁ i koncentracije AFM₁ u mlijeku.

3. ZAKLJUČAK

Rezultati analize ukazuju da je prisustvo AFB₁ u kukuruzu u Bosni i Hercegovini sporadično, ali povremeno se javljaju serije sa značajno povišenim koncentracijama. Udio neodgovarajućih uzoraka i utvrđene koncentracije mogu biti višestruko iznad maksimalno dozvoljenih vrijednosti, što predstavlja potencijalni zdravstveni rizik, naročito u godinama sa nepovoljnim agroklimatskim uslovima.

Utvrđene koncentracije u pojedinim serijama prelaze maksimalno dozvoljene vrijednosti propisane važećim zakonodavstvom, što ukazuje na potrebu jačanja preventivnih i kontrolnih mehanizama u lancu snabdijevanja. Rezultati procjene rizika pokazuju da, pri utvrđenim koncentracijama AFB₁ (4,22 µg/kg i 8,59 µg/kg), postoji značajna zabrinutost za zdravlje potrošača, Sve izračunate MOE vrijednosti su značajno ispod referentne vrijednosti od 10 000, koju EFSA koristi kao prag niske zabrinutosti za genotoksične i kancerogene supstance, što ukazuje na potencijalni zdravstveni rizik u svim razmatranim scenarijima.

Modeliranje prenosa AFB₁ iz hrane za životinje u AFM₁ u mlijeku pokazuje da koncentracija aflatoksina u mlijeku direktno zavisi od nivoa kontaminacije kukuruza, udjela kukuruza u



obroku i *carry-over* stope. Iako je pri prosječnim tržišnim koncentracijama vjerovatnoća prekoračenja maksimalno dozvoljenih vrijednosti u mlijeku niska, u uslovima hranidbe visoko kontaminiranim kukuruzom postoji realan rizik pojave povišenih koncentracija AFM₁ u sirovom mlijeku. Granica izloženosti za AFM₁ u mlijeku je generalno viša kod prosječnih konzumenata, ali kod čestih konzumenata, naročito male djece, bezbjedonosna granica se značajno smanjuje, mlijeko predstavlja kontinuirani izvor izloženosti, što je posebno važno kod djece koja ga konzumiraju svakodnevno.

S obzirom na klimatski uslovljeno povećanje rizika od AFB₁ u kukuruzu, može se očekivati i indirektno povećanje AFM₁ u mlijeku. Kontrola sirovine (kukuruz u ishrani muznih krava) predstavlja ključnu mjeru upravljanja rizikom za mlijeko. Pažnju je potrebno usmjeriti na proizvodnju hrane za životinje, jer loša prevencija u ovom koraku predstavlja rizik po zdravlje ljudi i životinja. Neophodno je preduzeti preventivne mjere za smanjenja fungalnog rasta i produkcije mikotoksina.

Zbog nedostatka pouzdanih i reprezentativnih podataka o koncentracijama aflatoksina u hrani i hrani za životinje, korišteni pristup procjene rizika vjerovatno doprinosi precjenjivanju rezultata. Trenutno, zbog ograničenih podataka, nije moguće izraditi pouzdanu kvantitativnu procjenu prehrambene izloženosti stanovništva Bosne i Hercegovine. Ipak, dostupni pokazatelji, uključujući utvrđene neusklađenosti u kukuruzu i sirovom mlijeku, opravdavaju uvođenje ciljane, rizikom vođene službene kontrole, kao i sistematsko i harmonizovano prikupljanje podataka.

Struktura uvoza kukuruza u Bosnu i Hercegovinu jasno ukazuje na visoku zavisnost domaćeg tržišta od regionalne proizvodnje, prvenstveno iz Srbije i Hrvatske, koje su prema klimatskim projekcijama kao dio jugoistočne Evrope, identifikovane kao rizična područja za pojavu aflatoksina. Prema rezultatima istraživanja, istočna Evropa, Balkansko poluostrvo i mediteranska regija prepoznate su kao „žarišta“ za kontaminaciju kukuruza aflatoksinima, te se predviđa povećanje rizika od kontaminacije kukuruza aflatoksinima tokom godina.

Prilikom izrade procjene rizika identifikovane su nesigurnosti koje utiču na rezultate procjene, među kojima se posebno izdvajaju reprezentativnost uzorkovanja, varijabilnost koncentracija aflatoksina, pretpostavke u modeliranju *carry-over* efekta i ograničenja determinističkog pristupa. Uprkos navedenim ograničenjima, primijenjena metodologija omogućava konzervativnu procjenu rizika, u skladu s principima procjene rizika za genotoksične i kancerogene supstance, pri čemu su dobijeni rezultati vjerovatno precijenjeni. Neophodno je uspostaviti kontinuirani nacionalni monitoring program sa reprezentativnim uzorkovanjem hrane i hrane za životinje, kao i primjenu probabilističkih modela procjene izloženosti, kako bi se smanjila nesigurnost i omogućila preciznija kvantifikacija rizika.

Korištena metodologija MOE pruža važne informacije, ali ne zamjenjuje ALARA princip, koji se mora primijeniti prilikom upravljanja rizikom kako bi se rizik održao na najnižem mogućem ostvarivom nivou (EFSA Journal, 282, 1-31). Zbog genotoksičnosti i kancerogenosti, izloženost aflatoksinima iz svih izvora treba svesti na najmanju moguću mjeru, uzimajući u obzir i izloženost iz drugih proizvoda.



4. LITERATURA

1. Battilani P., Barbano C. and Piva G., (2008). Aflatoxin B1 contamination in maize related to the aridity index in NorthItaly. *World Mycotoxin Journal*, 1, 449–456.
2. Battilani P., Rossi V., Giorni P., Pietri A., Gualla A., van der Fels-Klerx H.J., Booij C.J.H., Moretti A., Logrieco A., Miglietta F., Toscano P., Miraglia M., De Santis B., Brera C. (2012). Modelling, predicting and mapping the emergence of aflatoxins in cereals in the EU due to climate change. *EFSA Supporting Publication* 2012; 9(1):EN-223, 172 pp.
3. Battilani P., Toscano P., Van der Fels-Klerx HJ., Moretti A., Camardo Leggieri M., Brera C., Rortais A., Goumperis T. and Robinson T. (2016). Aflatoxin B1 contamination in maize in Europe increases due to climate change. *ScientificReports*, 6, 24328.
4. Benford, D., Bolger, P. M., Carthew, P., Coulet, M., DiNovi M., Leblanc, J. C., Schlatter, J. (2010). Application of the margin of exposure (MOE) approach to substances in food that are genotoxic and carcinogenic. *Food and Chemical Toxicology*, 48(Supplement 1), S2–S24.
5. Chhaya R.S., O'Brien J., Cummins E. (2022). Feed to fork risk assessment of mycotoxins under climate change influences - recent developments . *Trends in Food Science & Technology* 126 (2022) 126–141.
6. European Food Safety Authority (EFSA) Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM). (2020). Risk assessment of aflatoxins in food. *EFSA Journal*, 18(3), e06040.
7. European Food Safety Authority (EFSA) Scientific Committee. (2005). Opinion of the Scientific Committee on a request from EFSA related to a harmonised approach for risk assessment of substances which are both genotoxic and carcinogenic, *EFSA Journal* 2005;282:1–31.
8. European Food Safety Authority (EFSA). Guidance of the Scientific Committee on a request from EFSA on the use of the benchmark dose approach in risk assessment. *EFSA Journal* (2009).;1150:1–72.
9. Federal Institute for Risk Assessment (BfR). (2013). Transfer of aflatoxins to milk, eggs, meat and offal (Opinion No. 009/2013, 4 March 2013). Berlin, Germany: BfR. Preuzeto s <https://www.bfr.bund.de/cm/349/transfer-of-aflatoxins-to-milk-eggs-meat-and-offal.pdf>.
10. Food Safety Agency of Bosnia and Herzegovina. (2021). The study of Bosnia-Herzegovinian dietary survey of adolescents, adults and pregnant women (B&H MENU). *EFSA Supporting Publications*, 2021: EN-6993.
11. Gurinović, M., Milešević, J., Kadvan, A., Ranković, S., Stefanović, S., Ivanović, J., Glibetić, M. (2021). Dietary exposure assessment using the Serbian Food Consumption Survey data (2017) according to the EFSA EU Menu methodology. *EFSA Supporting Publications*, 18(2), EN-6433.
12. International Agency for Research on Cancer (2012). Aflatoxins. In *Chemical agents and related occupations (IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Vol. 100F)*. Lyon, France: IARC.



13. Kos J., Lević J., Đuragić O., Kokić B. and Miladinović I., (2014). Occurrence and estimation of aflatoxin M1 exposure in milk in Serbia. *Food Control*, 38, 41–46.
14. Piva G, Battilani P and Pietri A, (2006). Emerging issues in Southern Europe: Aflatoxins in Italy. In: Barug D, Bhatnagar D, van Egmond HP, van der Kamp JW, van Osenbruggen WA and Visconti A (eds.). *The mycotoxin factbook. Food & feed topics*. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, The Netherlands. pp. 139–153.

