Analiza obavijesti za pojavnost aflatoksina u hrani i hrani za životinje dobivene sustavom brzog uzbunjivanja tijekom 2020. – 2022. godine

Krajnik Čehulić, Martina

Master's thesis / Diplomski rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Food Technology and Biotechnology / Sveučilište u Zagrebu, Prehrambeno-biotehnološki fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:159:747162

Rights / Prava: Attribution-NoDerivatives 4.0 International/Imenovanje-Bez prerada 4.0 međunarodna

Download date / Datum preuzimanja: **2024-12-30**

prehrambeno biotehnološki fakultet

Repository / Repozitorij:

Repository of the Faculty of Food Technology and Biotechnology

zir.nsk.hr

dabar
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
PREHRAMBENO-BIOTEHNOLOŠKI FAKULTET

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, rujan 2024.

Martina Krajnik Čehulić

ANALIZA OBAVIJESTI ZA POJAVNOST AFLATOKSINA U HRANI I HRANI ZA ŽIVOTINJE DOBIVENE SUSTAVOM BRZOG UZBUNJIVANJA TIJEKOM 2020. – 2022. GODINE

Rad je izrađen u Laboratoriju za biokemijsko inženjerstvo, industrijsku mikrobiologiju i tehnologiju piva i slada na Zavodu za biokemijsko inženjerstvo Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu pod mentorstvom prof. dr. sc. Tončija Rezića.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Diplomski rad

Sveučilište u Zagrebu
Prehrambeno-biotehnološki fakultet
Zavod za biokemijsko inženjerstvo
Laboratorij za biokemijsko inženjerstvo, industrijsku mikrobiologiju i tehnologiju piva i slada

Znanstveno područje: Biotehničke znanosti
Znanstveno polje: Prehrambena tehnologija

Diplomski sveučilišni studij: Upravljanje sigurnošću hrane

ANALIZA OBAVIJESTI ZA POJAVNOST AFLATOKSINA U HRANI I HRANI ZA ŽIVOTINJE DOBIVENE SUSTAVOM BRZOG UZBUNJIVANJA TIJEKOM 2020. – 2022. GODINE

Martina Krajnik Čehulić, univ. bacc. ing. biotechn.
0058202516

Sažetak: U ovom radu analizirani su podaci dobiveni sustavom brzog uzbunjivanja, vezani za kontaminaciju hrane i hrane za životinje aflatoksinima u razdoblju od 2020. do 2022. godine. Prikupljeni podaci pokazali su da iz godine u godinu raste broj slučajeva kontaminiranih proizvoda, te su sve veće izmjerene koncentracije aflatoksina. Najčešće se pojavljuju u orašastim plodovima, žitaricama, sušenom voću te na područjima tople i vlažne klime. Uočeno je i da se većina inspekcije odvija na granici, primjerice ciljano se kontroliraju orašasti plodovi, kako bi se izbjegle eventualne krize. Po završetku obrade rezultata, korištena je i umjetna inteligencija, koja je sustavom pitanje – odgovor potvrdila zaključke dobivene analizom podataka iz sustava brzog uzbunjivanja.

Ključne riječi: *aflatoksin, sustav brzog uzbunjivanja, GPT chat*

Rad sadrži: 55 stranica, 22 slike, 11 tablica, 42 literaturna navoda, 0 priloga
Jezik izvornika: hrvatski
Rad je u tiskanom i elektroničkom (pdf format) obliku pohranjen u Knjižnici Sveučilišta u Zagrebu Prehrambeno- biotehnološkoga fakulteta, Kačićeva 23, Zagreb
Mentor: prof. dr. sc. Tonči Rezić

Stručno povjerenstvo za ocjenu i obranu:

1. prof. dr. sc. Mirjana Hruškar (predsjednik)
2. prof. dr. sc. Tonči Rezić (mentor)
3. prof. dr. sc. Nada Vahčić (član)
4. izv. prof. dr. sc. Ivana Rumora Samarin (zamjenski član)

Datum obrane: 9. rujna 2024.

BASIC DOCUMENTATION CARD

Graduate Thesis

University of Zagreb
Faculty of Food Technology and Biotechnology
Department of Biochemical Engineering
Laboratory for Biochemical Engineering, Industrial Microbiology and Malting and Brewing Technology

Scientific area: Biotechnical Sciences
Scientific field: Food Technology

Graduate university study programme: Food Safety Management

ANALYSIS OF NOTIFICATIONS FOR THE INCIDENCE OF AFLATOXINS IN FOOD AND ANIMAL FEED RECEIVED THROUGH THE RAPID WARNING SYSTEM DURING 2020 - 2022.

Martina Krajnik Čehulić, univ. bacc.ing. biotechn.

0058202516

Abstract: This paper analyzes the data obtained by the rapid alert system, related to contamination of food and animal feed with aflatoxins in the period from 2020 to 2022. The collected data showed that the number of cases of contaminated products is increasing from year to year, and the measured concentrations of aflatoxin are increasing. They most often appear in nuts, cereals, dried fruit and in areas with a warm and humid climate. It was also observed that most of the inspections take place at the border, for example nuts are targeted in order to avoid possible crises. At the end of processing the results, artificial intelligence was also used, which confirmed the conclusions obtained by analyzing the data from the rapid alert system using the question-answer system.

Keywords: *aflatoxin, RASFF, GPT chat*

Thesis contains: 55 pages, 22 figures, 11 tables, 43 references, 0 supplements
Original in: Croatian
Graduate Thesis in printed and electronic (pdf format) form is deposited in the Library of the University of Zagreb Faculty of Food Technology and Biotechnology**,** Kačićeva 23, Zagreb.

Mentor: Tonči Rezić*,* PhD, Full professor

Reviewers:

1. Mirjana Hruškar*,* PhD, Full professor (president)
2. Tonči Rezić*,* PhD, Full professor (mentor)
3. Nada Vahčić*,* PhD, Full professor (member)
4. Ivana Rumora Samarin*,* PhD, Associate professor (substitute)

Thesis defended: September 9th, 2024

Sadržaj

1. UVOD 1
2. TEORIJSKI DIO 3
2.1. MIKOTOKSINI 3
2.1.1. Aflatoksini 3
2.1.1.1. *Aflatoksini – klimatski faktori* 4
2.1.1.2. *Aflatoksini – kemijska struktura* 4
2.1.1.3. *Aflatoksini – povijest* 5
2.1.1.4. *Aflatoksini – toksično djelovanje* 5
2.1.2. Analiza mikotoksina u hrani 8
2.2. SUSTAV BRZOG UZBUNJIVANJA ZA HRANU I HRANU ZA ŽIVOTINJE 9
2.3. UMJETNA INTELIGENCIJA 11
3. EKSPERIMENTALNI DIO 12
3.1. PROVEDBA ISTRAŽIVANJA 12
3.2. PRETRAŽIVANJE OBAVIJESTI UNUTAR SUSTAVA 12
3.3. OBRADA PODATAKA 13
3.4. UPOTREBA UMJETNE INTELIGENCIJE 14
4. REZULTATI I RASPRAVA 15
4.1. ZEMLJE PODRIJETLA PROIZVODA KONTAMINIRANIH AFLATOKSINOM 16
4.2. ZEMLJE SLANJA OBAVIJESTI 19
4.3. PROIZVODI KONTAMINIRANI AFLATOKSINIMA 21
4.3.1. Orašasti plodovi, proizvodi od orašastih plodova i sjemenke s povišenim vrijednostima aflatoksina 23
4.3.2. Voće i povrće s povišenim vrijednostima aflatoksina 31
4.3.3. Žitarice i pekarski proizvodi s povišenim vrijednostima aflatoksina 35
4.3.4. Bilje i začini s povišenim vrijednostima aflatoksina 38
4.3.5. Hrana za životinje s povišenim vrijednostima aflatoksina 41
4.3.6. Ostale vrste hrane (kategorije) s povišenim vrijednostima aflatoksina 45
4.4. *GPT CHAT* 48
5. ZAKLJUČCI 52
6. LITERATURA 53

1. UVOD

Mikotoksini (grč. *myces* = gljiva; grč. *toxicon* = otrov) toksični su sekundarni metaboliti plijesni (*Fusarium, Aspergillus* ili *Penicillium*) koji se smatraju jednim od najvećih prirodnih kontaminanata hrane i hrane za životinje. Danas je poznato nekoliko stotina vrsta različitih mikotoksina, a razlikuju se po vrstama plijesni koje ih produciraju, kemijskoj strukturi, toksičnosti i mehanizmu djelovanja. No među njima najveći javnozdravstveni značaj imaju: aflatoksini, trihoteceni, zearalenon, fumonizini, okratoksini i patulin (Boevre i sur., 2012). Stoga su uspostavljena ograničenja za prisutnost glavnih mikotoksina u hrani i hrani za životinje Uredbom komisije (EZ) br. 1881/2006 od 19. prosinca 2006. o utvrđivanju najvećih dopuštenih količina određenih kontaminanata u hrani, te Uredbom komisije (EU) 574/2011 od 16. lipnja 2011. o najvećim dopuštenim količinama nepoželjnih tvari u hrani za životinje.

Do spoznaje o štetnosti mikotoksina došlo je 1960. godine nakon pomora mladih purana u Ujedinjenom Kraljevstvu. Otkriveno je kontaminirano kikirikijevo brašno koje je služilo za prehranu purana. Iz njega je izolirana plijesan *Aspergillus flavus*, te aflatoksini kao njezini sekundarni metaboliti (Pitt i Miller, 2016).

Pojavnost mikotoksina ovisi o okolišnim uvjetima. Širenju i zarazi plijesnima (napose *A. flavus*) pogoduju visoke temperature, vlažno vrijeme te stres prouzročen sušom. Stoga se očekuje da će daljnje globalno zatopljenje povećati razine kontaminacije aflatoksinom, posebno u poljima prije žetve (Mitchell i sur., 2016). Geografski gledano najčešće kontaminacije aflatoksinom su rasprostranjene u područjima tropske i subtropske klime (Kabak i sur., 2006). No modeli za predviđanje kontaminacija aflatoksinom pri porastu od +2 °C predviđa i porast opasnosti od kontaminacije aflatoksinom te svrstava europske zemlje s niske na srednju razinu opasnosti (Battilani i sur., 2016).

U slučaju otkrivanja nesukladnog proizvoda (u ovom slučaju: proizvod koji sadrži količinu aflatoksina veću od dozvoljene) na tržištu, kako bi se upozorila javnost, obavijest se šalje u Sustav brzog uzbunjivanja za hranu i hranu za životinje (engl. *the Rapid Alert System for Food and Feed, RASFF*). Taj sustav je pokrenut 1979. godine te služi za brzu razmjenu informacija među nadležnim nacionalnim tijelima o zdravstvenim rizicima povezanima s hranom i hranom za životinje.

U ovom radu su analizirani obavijesti iz RASFF sustava vezanih za hranu i hranu za životinje kontaminirane aflatoksinima tijekom 2020., 2021. i 2022. godine. Svaka obavijest sadrži naziv proizvoda, kategoriju kojoj pripada, zemlju podrijetla proizvoda, zemlju u kojoj je otkrivena prekomjerna količina aflatoksina u proizvodu, te izmjerene količine ukupnih aflatoksina (zbroj B1, B2, G1 i G2) ili/i aflatoksina B1. Prikupljeni podaci analizirani su za svaku

godinu posebno, kako bi se uvidio broj obavijesti za pojedinu godinu, odnosno kako bi se usporedile promjene kontaminacija aflatoksinom tijekom pojedinih godina. Također, da bi se dobile prosječne vrijednosti, obrađivani su i ukupni podaci. Korištenjem podataka iz RASFF sustava testirana je spoznaja da klimatski faktori (temperatura zraka, vlažnost zraka, insolacija, količina padalina) utječu na pojavu aflatoksina, te da se iz godine u godinu povećava vjerojatnost kontaminacije aflatoksinom i da su otkriveni proizvodi sve opasniji (sadrže veće koncentracije aflatoksina).

Po završetku obrade rezultata, odnosno nakon donošenja konkretnih zaključaka, upotrijebljena je i umjetna inteligencija u formi pitanje – odgovor, odnosno jezični model koji koristi algoritme za generiranje ljudskih odgovora na temelju informacija dobivenih s interneta, tj. generativni prethodno obučeni transformator (engl. *Generative pre–trained transformer, GPT chat*) (Singh i sur., 2023). Postavljanjem pitanja nastojalo se dobiti objektivnu informaciju, tj. provjeriti realnost primijećene problematike.

Cilj ovog rada bio je usporediti činjenice vezane za pojavnost aflatoksina u hrani i hrani za životinje dobivenih obradom podataka objavljenih u RASFF sustavu s odgovorima *GPT chat*-a, odnosno provjeriti koristi li *Chat GPT* u svom radu i baze podataka poput RASFF-a.

2. TEORIJSKI DIO

2.1. MIKOTOKSINI

Mikotoksini toksični su sekundarni metaboliti plijesni iz roda: *Aspergili*, *Fusarium* i *Penicilium*. To su spojevi niske molekularne težine (obično manje od 1000 Daltona) te se prirodno pojavljuju i gotovo su neizbježni. U naš prehrambeni lanac ulaze ili izravno iz biljnih komponenti hrane kontaminiranih mikotoksinima ili neizravno kontaminacijom, odnosno prilikom porasta plijesni na hrani. Mikotoksini se akumuliraju u žitaricama već na polju, no do akumulacije može doći i prilikom transporta te skladištenja. Opasnost od kontaminacije povećavaju neadekvatne temperature, najčešće između 24-30 °C, te visoka vlažnost. Konzumacija kontaminirane hrane, odnosno stočne hrane, može izazvati akutnu ili kroničnu toksičnost kod ljudi ili životinja (Alshannaq i Yu, 2017). Dodatan problem je kemijska i termička stabilnost većine mikotoksina te se oni ne mogu uništiti termičkom obradom hrane (Marin i sur., 2013).

Identificirano je više od 300 mikotoksina, no njih šest (aflatoksini, trihoteceni, zearalenon, fumonizini, okratoksini, patulin) najčešće su prisutni u hrani, te na taj način izazivaju nepredvidive i stalne probleme sa sigurnošću hrane diljem svijeta (Boevre i sur., 2012). Stoga, mnoga nacionalna i međunarodna tijela za javno zdravstvo i državna tijela kao što su Američka agencija za hranu i lijekove (FDA), Svjetska zdravstvena organizacija (WHO), Organizacija za poljoprivredu hrane (FAO) i Europska agencija za sigurnost hrane (EFSA), posvećuju ozbiljnu pozornost na kontaminacije mikotoksinima u hrani i hrani za životinje. Uspostavljena su ograničenja za prisutnost glavnih mikotoksina u hrani i hrani za životinje Uredbom komisije (EZ) br. 1881/2006 od 19. prosinca 2006. o utvrđivanju najvećih dopuštenih količina određenih kontaminanata u hrani, te Uredbom komisije (EU) 574/2011 od 16. lipnja 2011. o najvećim dopuštenim količinama nepoželjnih tvari u hrani za životinje.

2.1.1. Aflatoksini

Aflatoksini su skupina strukturno srodnih, toksičnih, sekundarnih metabolita koje uglavnom proizvode *Aspergillus flavus* i *Aspergillus parasiticus*, a prisutni su u tlu i raznim organskim materijalima. *A. parasiticus* proizvodi AFB1, AFB2, AFG1 i AFG2, dok *A. flavus* uglavnom proizvodi AFB1 i AFB2 (Bennett i Klich, 2003). Kada se navodi ukupna koncentracija aflatoksina, to se, uobičajeno, odnosi na zbroj AFB1, AFB2, AFG1 i AFG2, dok je AFB1 najčešće pronađeni aflatoksin u kontaminiranim uzorcima hrane (FAO/WHO, 2018). Najčešće kontaminirane namirnice su žitarice (kukuruz, riža, ječam, zob), orašasti plodovi (kikiriki, orasi, pistacije, bademi) te sjemenke pamuka. Mlijeko, također, može biti kontaminirano aflatoksinom (AFM1 i AFM2). AFM1 i AMF2 su hidroksilirani metaboliti AFB1 i AFB2 te nastaju

biotransformacijom mikrosomalnim citokromom P450 u jetri krava hranjenih hranom kontaminiranom s AFB1 i AFB2 (Bennett i Klich, 2003).

2.1.1.1. Aflatoksini – klimatski faktori

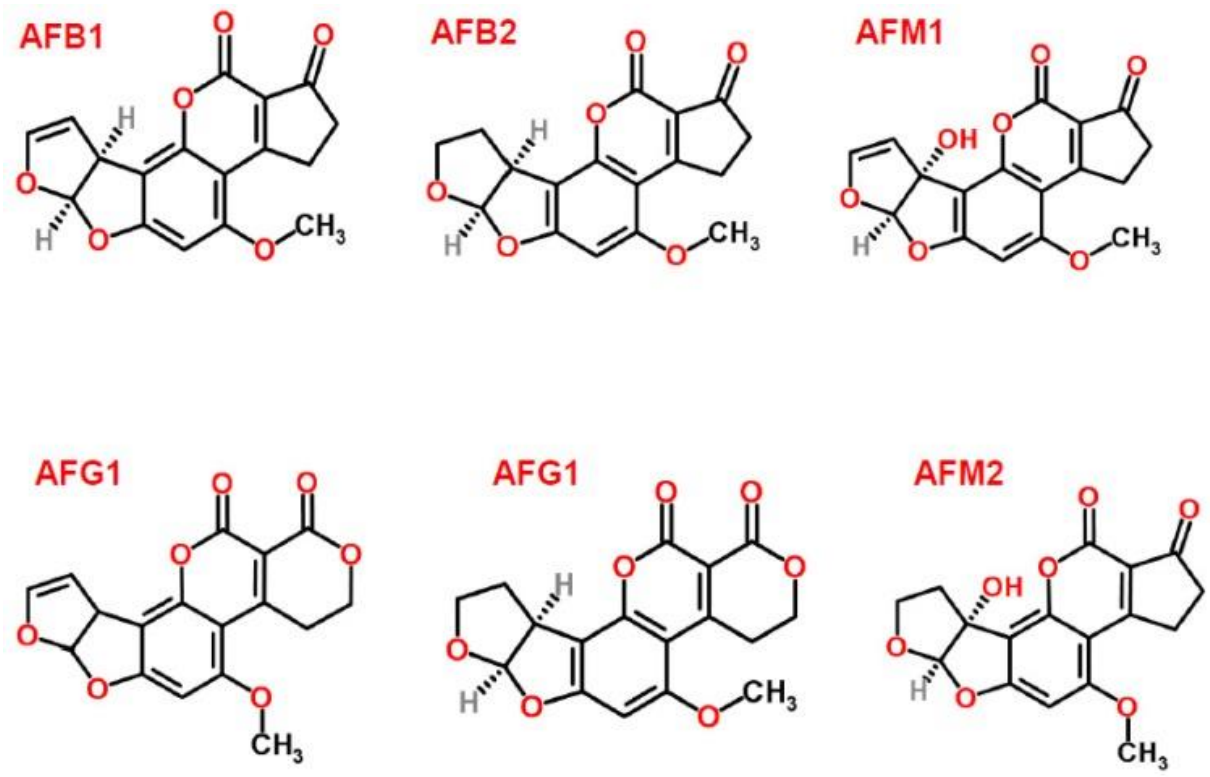
Okolišni uvjeti koji pogoduju produkciji većine mikotoksina su temperatura u rasponu od 20 do 30 °C, udio vlage u supstratu iznad 13 % te aktivitet vode veći od 0,65. Tako aflatoksinu pogoduju temperature između 25 i 42 °C, aktivitet vode od 0,99 te tropska ili subtropska klima (Kabak i sur., 2006). Stoga klimatski uvjeti uvjetuju geografsku rasprostranjenost, pa je tako poznata visoka kontaminacija usjeva mikotoksinima u područjima s dugim kišovitim razdobljima s izraženim temperaturnim promjenama, a posebno u osjetljivoj fazi klasanja i razvoja zrnja žitarica (Pepeljnjak i sur., 2008).

Kontaminacija aflatoksinom postala je i sve izraženija posljedica klimatskih promjena. Pa kako širenje i zarazu plijesni *A. flavus* potiču visoke temperature, vlažno vrijeme, ali i dugotrajne suše, očekuje se da će s godinama kontaminacija hrane aflatoksinom biti sve češća te će je biti sve teže izbjeći, posebice u poljima prije žetve (Mitchell i sur., 2016).

Prema modelima za predviđanje kontaminacije kukuruza aflatoksinom pri rastućim temperaturama, porast od +2 °C povećao bi vjerojatnost kontaminacije s niske na srednju (u europskim zemljama). U skladu s tim izvješćima su i događaji: iz 2012. godine, kada izbija *A. flavus* na kukuruzu u Srbiji uzrokovano visokim temperaturama i sušom (Lević i sur., 2013), te iz 2003. kada se u Sjevernoj Italiji u mlijeku pojavljuje AFM1 zbog visokih razina AFB1 u kukuruzu (Piva i sur., 2006). Tada je zabilježeno vruće i suho ljeto, s prosječnim temperaturama višim za 2,5 °C nego su bile prethodne i sljedeće godine (Battilani i sur., 2016).

2.1.1.2. Aflatoksini – kemijska struktura

Strukture AFB1, AFB2, AFG1, AFG2, AFM1 i AFM2 prikazane su na slici 1. Aflatoksini su bezbojni do blijedožuti kristali koji fluoresciraju na ultraljubičastom (UV) svjetlu: plavo za AFB1 i AFB2, zeleno za AFG1 i AFG2, te plavo ljubičasto za AFM1. Također su nestabilni na UV svjetlu uz prisustvo kisika, oksidacijskog sredstva te ekstremnog pH (<3 ili >10). Laktonski prsten se otvara u alkalnim uvjetima (reverzibilna reakcija) ili prilikom tretiranja amonijakom na visokim temperaturama i visokom tlaku. Aflatoksini su netopljivi u nepolarnim otapalima, a dobro topljivi u umjereno polarnim organskim otapalima (kloroform, metanol). Topivost u vodi iznosi 10 – 20 mg/L (IARC, 2012).



Slika 1. Kemijska struktura aflatoksina (preuzeto s poveznice www.chemspider.com)

2.1.1.3. Aflatoksini - povijest

Otkriveni su 1960. godine u Ujedinjenom Kraljevstvu kao uzročnici bolesti *Turkey X* koja je usmrtila 100 000 mladih purana. Kontaminirano je bilo kikirikijevo brašno koje je služilo za prehranu purana. Iz njega je izolirana plijesan *Aspergillus flavus*. Zatim slijedi veliki broj istraživanja, čime aflatoksini postaju najproučavanijim mikotoksinima (Pitt i Miller, 2016).

Prvi poznati slučaj akutne toksičnosti kod ljudi prijavljena je u Indiji 1974. godine, te je dovela do smrti stotinu ljudi. Uzrok epidemiji bio je kontaminirani kukuruz. Razlog visoke koncentracije aflatoksina u kukuruzu bile su obilne nesezonske kiše (Krishnamachari i sur., 1975).

2.1.1.4. Aflatoksini - toksično djelovanje

Aflatoksini imaju kanceogene, teratogene, hepatoksične, mutagene i imunosupresivne učinke, pri čemu je jetra najviše zahvaćena (Bennett i Klich, 2003). Međunarodna agencija za istraživanje raka (IARC) klasificirala je AFB1 u kancerogenu skupinu 1, odnosno, smatra se da postoji visoki rizik za nastanak hepatocelularnog karcinoma kod osoba izloženih aflatoksinima (Ostry i sur., 2017). Vrijednosti LD_{50} kreću se između 0,5 - 10 mg/kg tjelesne

težine ovisno o životinjskoj vrsti. Kod ljudi, akutna toksikoza manifestira se kroz povraćanje, bolove u trbuhu, plućni i cerebralni endem, konvulzije, komu, pa čak i smrt (Mwanda i sur., 2005). Kao takva, rijetko se pojavljuje u razvijenim zemljama, dok je česta u nekim zemljama u razvoju, posebice u Africi. Kronična toksikoza, odnosno kancerogenost, globalni je problem (Bennett i Klich, 2003). Zbog svega navedenoga postoji velika zabrinutost oko kontaminacije aflatoksinima u hrani i hrani za životinje te posljedično negativni utjecaj na javno zdravstvo i gospodarstvo. Od 1969. godine FDA pomno kontrolira aflatoksine, te su jedini mikotoksini kojima su jasno označene dozvoljene koncentracije, dok ostali podliježu tek savjetodavnim razinama (Alshannaq i Yu, 2017). U tablici 1 su prikazane najveće dopuštene količine aflatoksina u hrani prema Uredbi Komisije (EZ) br. 1881/2006.

Tablica 1. Najveće dopuštene koncentracije aflatoksina u hrani (Uredba (EZ) br. 1881/2006)

Hrana	Najveće dopuštene količine (µg/kg)		
Aflatoksini	B_1	Zbroj B_1, B_2, G_1 i G_2	M_1
Kikiriki koji se sortira ili drukčije fizikalno obrađuje prije uporabe za prehranu ljudi ili kao sastojak hrane	8,0	15,0	-
Orašasti plodovi koji se sortiraju ili drukčije fizikalno obrađuju prije uporabe za prehranu ljudi ili kao sastojak hrane	5,0	10,0	-
Kikiriki, orašasti plodovi i njihovi prerađeni proizvodi za izravnu prehranu ljudi ili uporabu kao sastojak hrane	2,0	4,0	-
Sušeno voće koje se sortira ili drukčije fizikalno obrađuje prije uporabe za prehranu ljudi ili kao sastojak hrane	5,0	10,0	-
Sušeno voće i prerađeni voćni proizvodi namijenjeni za izravnu prehranu ljudi ili kao sastojak hrane	2,0	4,0	-

Tablica 1. Najveće dopuštene koncentracije aflatoksina u hrani (Uredba (EZ) br. 1881/2006) - *nastavak*

Sve žitarice i svi proizvodi od žitarica, uključujući prerađene proizvode na bazi žitarica[1]	2,0	4,0	-
Kukuruz koji se sortira ili drukčije fizikalno obrađuje prije uporabe za prehranu ljudi ili kao sastojak hrane	5,0	10,0	-
Sirovo mlijeko, toplinski obrađeno mlijeko i mlijeko za proizvodnju mliječnih proizvoda	-	-	0,050
Sljedeće vrste začina: Capsicum spp. (sušeni plodovi, cijeli ili samljeveni, uključujući čili, čili u prahu, feferone (kajensku papriku) i papričicu) Piper spp. (plodovi, uključujući bijeli i crni papar) Myristica fragrans (muškatni oraščić) Zingiber officinale (đumbir) Curcuma longa (kurkuma)	5,0	10,0	-
Prerađena hrana na bazi žitarica i hrana za dojenčad i malu djecu	0,10	-	-
Početna i prijelazna hrana za dojenčad, uključujući početno i prijelazno mlijeko za dojenčad	-	-	0,025
Hrana za posebne medicinske potrebe, isključivo namijenjena dojenčadi	0,10	-	0,025

[1] Osim: kukuruza koji se sortira ili drukčije fizikalno obrađuje prije uporabe za prehranu ljudi ili kao sastojak hrane; prerađene hrane na bazi žitarica i hrane za dojenčad i malu djecu; hrane za posebne medicinske potrebe, isključivo namijenjene dojenčadi

2.1.2. Analiza mikotoksina u hrani

Određivanje mikotoksina u hrani obično se postiže metodama koje uključuju uobičajene korake: uzorkovanje, homogenizaciju, ekstrakciju te pročišćavanje uzorka, zatim detekciju i kvantifikaciju.

Uzorkovanje je ključni korak u analizi mikotoksina u hrani. O njemu ovisi pouzdanost rezultata i konačna odluka o sukladnosti ili nesukladnosti cijele serije hrane. Zbog neravnomjerne raspodjele mikotoksina u hrani, vrlo je teško dobiti reprezentativni uzorak. Stoga se mora pažljivo razmotriti plan uzorkovanja kako bi se osiguralo da je testni uzorak reprezentativan za cijelu masu te se na taj način zajamčila istinitost rezultata. S obzirom da tradicionalne metode uzorkovanja prehrambenih proizvoda obično nisu prikladne (jer mikotoksini nisu homogeno prisutni u hrani), razvijeni su i primijenjeni mnogi planovi uzorkovanja na temelju statističkih parametara (Shephard, 2016). Takve metode uzorkovanja opisane su od strane EU u Uredbi Komisije (EZ) br. 401/2006.

Ekstrakcija mikotoksina iz uzoraka krute hrane u tekuću fazu prvi je korak u pripremi uzorka, nakon čega slijede postupci čišćenja kako bi se povećala osjetljivost i specifičnost određene metode detekcije (Krska, 1998). Odabir metoda za ekstrakciju i čišćenje ovisi o tri glavna čimbenika: kemijskim svojstvima mikotoksina, prirodi matrice hrane i metodi detekcije koja će se koristiti, npr. za ekstrakciju mikotoksina iz žitarica koristit će se kruto-tekuća ekstrakcija (Pereira i sur., 2014).

Kromatografija je najčešće korištena metoda za analizu mikotoksina u hrani i hrani za životinje. Trenutni trendovi u analizi mikotoksina u hrani usmjereni su na primjenu robusnih, brzih, jednostavnijih i jeftinijih metoda koje mogu detektirati i kvantificirati različite mikotoksine s visokom osjetljivošću i selektivnošću u jednom ciklusu (Rahmani i sur., 2009). Najrobusnija kromatografska metoda je tankoslojna kromatografija (engl. *thin layer chromatography, TLC*), no koriste se još i tekućinska kromatografija visoke djelotvornosti (engl. *high performance liquid chromatography, HPLC*) u kombinaciji s ultraljubičastom (engl. *ultraviolet, UV*), fluorescentnom (engl. *fluorescence detector, FLD*) ili masenom (engl. *mass spectrometry*, *MS*) spektrometrijom te detektorima diodnog niza (engl. *diode array detector*, *DAD*), zatim tekućinskom kromatografijom ultra visoke djelotvornosti (engl. *ultra high performance liquid chromatography*, *UHPLC*) ili tekućinskom kromatografijom vrlo visoke djelotvornosti (engl. *ultra performance liquid chromatography*, *UPLC*) sa smanjenim pakiranjem kolone materijala (1 – 2 µm), te plinska kromatografija (engl. *gas chromatography, GC*) u kombinaciji s detektorom za hvatanje elektrona (engl. *electron capture detector*, *ECD*), plamenom ionizacijom (engl. *flame ionization detector, FID*) ili MS detektorima (Pereira i sur., 2014).

Najčešće korištena imunološka metoda je enzimski imunološki test (engl. *enzyme-linked immunosorbent assay, ELISA*). ELISA omogućuje brzi probir zbog mnogih komercijalno dostupnih setova za detekciju i kvantifikaciju svih glavnih mikotoksina (Pereira i sur., 2014). Načelo ELISA-e temelji se na kompetitivnim interakcijama između mikotoksina (koji djeluje kao antigen) i antitijela obilježenih konjugatom toksin-enzim. Količina konjugata toksin-enzim vezanog na antitijela odredit će razinu razvoja boje (Yao i sur., 2015). No, ELISA ima određene nedostatke poput potencijalne unakrsne reaktivnosti i ovisnosti o specifičnoj matrici, stoga pozitivne rezultate ELISE treba potvrditi prikladnom kromatografskom metodom (Shephard, 2016).

Razvijene su i brze metode koje omogućuju detekciju glavnih kontaminanata hrane kao što su patogeni iz hrane, ostaci veterinarskih lijekova, pesticidi, alergeni i mikotoksini. Ove metode osiguravaju dobivanje rezultata analize u kratkom vremenu, korištenjem jednostavnih prijenosnih uređaja (Krska i Molinelli, 2009). Za brzo testiranje, osim uobičajenih ELISA postupaka, u upotrebi su uređaji s bočnim protokom (engl. *lateral flow device*, LFD), tzv. test trakicom (engl. *dipstick*) i protočni uređaji (engl. *flow-through devices*). LFD je razvijen kao test u jednom koraku koji na istoj traci prikazuje liniju negativne kontrole i linije uzoraka. Daje polukvantitativne rezultate za manje od 10 minuta (Pereira i sur., 2014). Testiranje pomoću mjernih šipki funkcionira slično ELISA-i te zahtijeva korake pripreme i inkubacije za dobivanje rezultata, što obično traje više od 30 minuta (Maragos i Busman, 2010). Protočne membrane (engl. *flow-through membranes*) koriste isti osnovni princip kao LFD, no najčešće ne daje točne rezultate blizu granica detekcije. Stoga, iako je razvijeno mnogo različitih brzih testova za otkrivanje glavnih mikotoksina u različitim prehrambenim proizvodima, oni se ne koriste svakodnevno na terenu, odnosno nisu komercijalni, zbog problema povezanih s osjetljivošću, cijenom i preciznošću (Krska i Molinelli, 2009).

Osim navedenih metoda razvijaju se i metode koje koriste: infracrvenu spektroskopiju, kapilarnu elektroforezu, polimere za molekularno utiskivanje, biosenzore, fluorescencijsku polarizaciju, elektronski nos. Ove tehnike imaju ograničenu primjenu jer se nalaze u procesu istraživanja te zahtijevaju dodatne provjere i validacije (Alshannaq i Yu, 2017).

2.2. SUSTAV BRZOG UZBUNJIVANJA ZA HRANU I HRANU ZA ŽIVOTINJE

Sustav brzog uzbunjivanja za hranu i hranu za životinje, tj. RASFF, osigurava razmjenu informacija između zemalja članica kako bi se omogućila brza reakcija nadležnih tijela za sigurnost hrane u slučaju rizika za javno zdravlje, a dolaze iz prehrambenog lanca. Obavijesti

sadržavaju informacije o opasnostima u hrani i hrani za životinje, koje mogu biti biološke, kemijske, fizičke ili alergeni. Pravna osnova sustava je članak 50. Uredbe (EZ) br. 178/2002, odnosno Opći zakon o hrani.

Sustav je osnovan 1979. godine kao odgovor na incident s narančama u kojima je utvrđena prisutnost žive (uvezene iz Izraela, a distribuirane u Njemačku i Nizozemsku), pri čemu se ukazala potreba za brzom razmjenom informacija te poduzimanjem odgovarajućih akcija u cilju zaštite zdravlja ljudi. Zemlje pokretači sustava bile su Belgija, Danska, Francuska, Njemačka, Irska, Italija, Luksemburg, Nizozemska i Ujedinjeno Kraljevstvo. Kasnije se RASFF-u pristupalo članstvom u Europskoj Uniji.

Isprva su se obavijesti odnosile samo na hranu, no zbog kriza vezanih za hranu za životinje (bolesti životinja zbog kontaminirane hrane dioksinima, te goveđa spongiformna encefalopatija), i ista je uključena u sustav obavijesti.

Godina 2002. prekretnica je u postojanju sustava, jer tada dobiva pravni temelj i formalizirane postupke utvrđene Uredbom (EZ) br. 178/2002. Tada je objavljeno više od 3000 dojava, što je porast od 330 % u odnosu na 1999. godinu (698 dojava). Broj dojava nastavlja rasti, te tako 2021. godine doseže broj od 23674 obavijesti o nesukladnoj hrani i hrani za životinje. To povećanje se može zahvaliti rastućoj svijesti o sigurnosti hrane, odnosno opasnostima te povećanju broja članica sustava (RASFF, 2023). Također se smatra da je rast broja obavijesti zapravo pokazatelj napredovanja samog sustava, te predstavlja veliko postignuće jer svjedoči o ispravnoj upotrebi sustava i visokoj razini suradnje među članicama mreže. Protok informacija prati Europska komisija. Ukoliko otkrije ponavljajući uzorak sumnjivih slučajeva, poziva države članice da obrate pažnju na određene proizvode kako bi se izbjegle moguće krize (Europska Unija, 2022).

Kontrola proizvoda može se obavljati kod proizvođača, odnosno na polju nakon berbe (ili žetve), te u skladištu (prije distribucije daljnjim kupcima). No postoje proizvođači koji ne kontroliraju dovoljno svoje proizvode ili ne analiziraju sve kontaminante, pa se nesukladni proizvodi otkriju tek na carini ili u tvornicama kod prerađivača (prije upotrebe, tj. nakon zaprimljene pošiljke). Nadalje, prerađivači bi trebali provoditi analize gotovih proizvoda prije plasiranja na tržište. No svi ti koraci ponekad ne budu odrađeni dovoljno brzo te neki proizvodi ipak završe na tržištu. Nakon prijave otkrića nesukladnog proizvoda u RASFF sustav, šalju se obavijesti svim članicama te se određuje povlačenje i opoziv proizvoda. Povlačenje s tržišta se određuje u trenutku kada proizvod još nije došao do krajnjeg potrošača, a kada proizvod dođe do potrošača potrebno je opozvati proizvod (Zakon o hrani, NN 18/23).

2.3. UMJETNA INTELIGENCIJA

U današnje vrijeme, pravi procvat proživljava umjetna inteligencija. Dostupnost goleme količine podataka i novi algoritmi posljednjih su godina doveli do velikih otkrića u ovom tehnološkom području. Jedan od sustava umjetne inteligencije je i *Chat GPT*, tj. jezični model koji koristi algoritme za generiranje ljudskih odgovora na temelju informacija dobivenih s interneta (Singh i sur., 2023). Primjena GPT-a, izazvala je veliku globalnu pažnju i zabrinutost. No, usprkos opravdanoj zabrinutosti, očekuje se da primjena umjetne inteligencije ima najvažniji učinak u rješavanju globalnih problema kao što su razvoj kružnog gospodarstva, smanjenje globalnog zagrijavanja, digitalna agronomija i proizvodnja hrane, te medicina i razvoj suvremenih sustava edukacije (OECD, 2023).

GPT-u, kao komunikacijskom alatu, postavlja se pitanje, odnosno daju upute u obliku pitanja o temi koja se razmatra. Također, moguće je definirati i razinu povratne informacije, ovisno trebamo li napredniji (precizniji) ili jednostavniji odgovor. Nakon definiranja razine povratne informacije i pitanja koje se razmatra GPT će formulirati odgovor na postavljeno pitanje, te se iz formuliranog odgovora može dodatno proširiti komunikacija postavljanjem dodatnih pitanja (Flynn, 2023).

3. EKSPERIMENTALNI DIO

3.1. PROVEDBA ISTRAŽIVANJA

Podaci korišteni u ovom istraživanju prikupljeni su iz RASFF baze podataka. Za period od početka 2020. do kraja 2022. godine u sustav je prijavljeno 1105 obavijesti vezanih za kontaminaciju hrane i hrane za životinje aflatoksinom. Podaci iz obavijesti prikupljani su u excel tablice s obzirom na godinu prijave kontaminacije i sljedećih varijabli: vrstu i kategoriju hrane, zemlju podrijetla i zemlju obavještavanja, te je zabilježena izmjerena koncentracija aflatoksina. Kriteriji relevantni za istraživanje bili su: kontaminacija aflatoksinom i godina prijave, a ostali parametri prikupljeni su u svrhu prikaza pojavnosti same kontaminacije aflatoksinom (npr. u ovisnosti o vrsti hrane ili zemlji podrijetla).

Prilikom istraživanja željeni podaci dobiveni su na način da se u pretraživač upisao datum (1.1.2020. – 31.12.2022.) i pojam (aflatoksin – engl. *Aflatoxin*), pri čemu je RASAFF sustav analizirao podatke i prikazao rezultate na temelju postavljenog upita. Rezultati su prikupljani kronološki od najranije prijavljenog. Svaki proizvod je razvrstan u kategorije, te je zabilježena izmjerena koncentracija aflatoksina, te zemlja podrijetla i zemlja obavještavanja. Interes je stavljen na navedene kriterije kako bi se uvidjela istinitost tvrdnje da se aflatoksin akumulira u hrani koja se proizvodi u područjima vruće i vlažne klime.

Kako bi se prikupili podaci o klimi, za svaku relevantnu zemlju podrijetla izračunate su srednje vrijednosti određenih klimatskih faktora: prosječna dnevna temperatura zraka, prosječan broj sunčanih sati, prosječan broj kišnih dana, prosječna godišnja količina padalina, prosječna vlažnost zraka. Navedene vrijednosti za pojedine regije unutar zemalja preuzete su iz skupa podataka *WorldData.info* , s obzirom da RASFF sustav ne sadrži podatke o uvjetima proizvodnje. Dobiveni rezultati prikazani su u tablici 3. Pri izračunu korištena je jednadžba za srednju vrijednost:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + \cdots + x_n}{n} \qquad [1]$$

gdje je $\bar{x}$ prosječna vrijednost određenog klimatskog faktora, $x_1 ... x_n$ vrijednost klimatskog faktora za pojedinu regiju unutar zemlje, n broj regija.

3.2. PRETRAŽIVANJE OBAVIJESTI UNUTAR SUSTAVA

Istraživanje je provedeno unutar RASFF sustava brzog uzbunjivanja za hranu i hranu za životinje. Javno je dostupan pretraživač za obavijesti o povlačenju i opozivu nesukladne hrane, pod nazivom *RASFF window*. Pomoću njega je moguće pretražiti sve obavijesti o nesukladnoj hrani i hrani za životinje te ih sortirati prema željenom kriteriju: **datumu** (engl. *Date*), tj. od-do

određenog datuma ili se može izabrati period - danas, ovog tjedna, ovog mjeseca, ove godine, jučer, prošli tjedan, prošli mjesec, prošle godine (engl. *Pick a range – Today, This week, This month, This year, Yesterday, Last week, Last month, Last year*); **zemljama** – obavještavanja, podrijetla ili distribucije (engl. *Notifying, Origin, Distribution*); **tipu** – tip obavijesti, podjela obavijesti, osnova obavijesti (engl. *Notification type, Notification classification, Notification basis*); **statusu obavijesti** – potvrđeno od Europske komisije (engl. *Status – EC validated*); **proizvodu**, te se može izabrati **kategorija proizvoda** ili **poduzeta akcija** (engl. *Product – Product category, Action taken*); **opasnosti**, odnosno kategoriji kojoj pripada ili odluci koja je donesena (engl. *Risk – Hazard category, Risk decision*); **šifri obavijesti** (engl. *Reference*); **pojmu** (engl. *Subject*).

Nakon što se ispuni tražilica, otvara se lista podataka poredanih prema datumu objave, no može ih se poredati po bilo kojem, već navedenom, kriteriju. Na svakoj stranici može se nalaziti 25, 50, 75 ili 100 obavijesti (po izboru). Ta lista sadrži: šifru obavijesti, kategoriju proizvoda, vrstu proizvoda, kratki opis slučaja, datum, zemlju podrijetla, zemlju obavještavanja, tip obavijesti te status obavijesti. Uz svaku navedenu obavijest mogu se odabrati detalji (engl. *Details*).

Prilikom otvaranja detalja određene obavijesti, dobivaju se prošireni podaci: sve uključene zemlje, detalji o proizvodu (kategorija kojoj pripada, vrsta hrane, opis proizvoda), koji koraci su poduzeti nakon otkrivene opasnosti, količine izmjerenih nedopuštenih tvari, te maksimalne dozvoljene vrijednosti te tvari.

3.3. OBRADA PODATAKA

Prikupljeni podaci su razvrstani u excel tablice. Svaka tablica sadrži podatke iz obavijesti objavljenih tijekom jedne godine (2020., 2021. i 2022.). Iz svake obavijesti su korišteni podaci o kategoriji proizvoda, vrsti hrane, zemlji podrijetla, zemlji obavještavanja, te izmjerene koncentracije ukupnih aflatoksina (zbroj B1, B2, G1 i G2) i aflatoksina B1.

Prvo su obrađeni podaci o zemljama podrijetla, na način da su poredane od zemalja iz kojih najčešće dolaze nesukladni proizvodi prema onima iz kojih je otkriven samo jedan proizvod kontaminiran aflatoksinom. Također su izračunati udjeli u ukupnim obavijestima. Za prvih 10 zemalja prema udjelu u ukupnim obavijestima prikazani su i podaci o klimi.

Zatim su poredane zemlje slanja obavijesti, pa kategorije i na kraju vrste hrane od najčešće prisutnih u obavijestima prema onima koje se pojavljuju svega nekoliko puta ili samo jednom. Za navedeno je korišten tablični prikaz.

Koncentracije izmjerenih aflatoksina su prikazane grafički, kako bi se najlakše usporedile vrijednosti.

3.4. UPOTREBA UMJETNE INTELIGENCIJE

Nakon obrade rezultata korišten je i *GPT chat*. Nastojalo se biti u korak s aktualnostima te dobiti informacije od umjetne inteligencije. Cilj je bio provjeriti hoće li *GPT chat* shvatiti važnost RASFF sustava prilikom kreiranja odgovora i upotrijebiti realne podatke iz RASFF-a.

Postavljanjem pitanja se nastojalo dobiti zaključke temeljene na RASFF sustavu. Ukoliko odgovor na postavljeno pitanje nije bio moguć, pitanje je preformulirano ili postavljeno konkretnije.

4. REZULTATI I RASPRAVA

Kontaminacija mikotoksinima dovodi do više obavijesti od bilo koje druge opasnosti u Sustavu brzog uzbunjivanja za hranu i hranu za životinje (RASFF). Stoga su u nastavku rada obrađene obavijesti unutar RASFF sustava za aflatoksine u hrani i hrani za životinje, kroz razdoblje od 2020. do 2022. godine.

Svaka obavijest je kategorizirana (kategorije: orašasti plodovi, proizvodi od orašastih plodova i sjemenke; voće i povrće; žitarice i pekarski proizvodi; bilje i začini; hrana za životinje; slatkiši; kakao i kakaovi proizvodi, kava i čaj; ostali prehrambeni proizvodi; te sladoledi i deserti) te je imenovana vrsta hrane.

Zatim su prikupljeni podaci o zemlji podrijetla proizvoda, odnosno klimatske odrednice: prosječna maksimalna dnevna temperatura zraka, prosječan broj sunčanih sati, prosječan broj kišnih dana, prosječna godišnja količina padalina, te prosječna vlažnost zraka. Navedenim se nastojalo potkrijepiti činjenicu da se aflatoksin pojavljuje u područjima visokih temperatura i velike vlažnosti zraka.

Kako bi se obavijest cjelovito obradila, važna je bila i zemlja u kojoj je otkriven aflatoksinom kontaminirani proizvod (odnosno analizom je potvrđena viša koncentracija aflatoksina od zakonom dozvoljene).

No, najveći interes je stavljen na izmjerene količine aflatoksina u proizvodima (ukupnih: zbroj B1, B2, G1 i G2; te aflatoksina B1).

Navedeni podaci su prvo analizirani posebno za svaku godinu, kako bi se mogao uvidjeti trend rasta broja obavijesti, što je bilo očekivano. Zatim je gledan ukupan broj obavijesti u navedenom razdoblju, čime su dobiveni prosječni rezultati.

Između početka 2020. i kraja 2022. godine, prijavljeno je ukupno 1105 obavijesti vezanih za povišene koncentracije aflatoksina. Od toga je 67,24 % (743) vezanih za orašaste plodove, proizvode od orašastih plodova i sjemenke, od čega gotovo 52 % (386) se odnosi na kikiriki, dakle u prosjeku svaka 3. obavijest, vezana za aflatoksine, odnosila se na kikiriki.

Pojedine obavijesti sadrže samo izmjerene ukupne aflatoksine ili samo aflatoksin B1, dok većina navodi i jednu i drugu vrijednost. U svega nekoliko obavijesti objavljeni su i rezultati analiziranog aflatoksina B2 i aflatoksina G2, iako ne postoji zakonska obveza za analizom istih, kao ni najveće dopuštene vrijednosti.

4.1. ZEMLJE PODRIJETLA PROIZVODA KONTAMINIRANIH AFLATOKSINIMA

U tablici 2. prikazane su zemlje podrijetla proizvoda kontaminiranih aflatoksinima, te broj obavijesti i udio u obavijestima za 2020., 2021. i 2022. godinu, te u ukupnom broju obavijesti. Vidljiv je porast broja obavijesti iz godine u godinu, tako je 2020. bilo 330 obavijesti, 2021. 366, a 2022. godine 409 obavijesti.

Tablica 2. Zemlje podrijetla proizvoda kontaminiranih aflatoksinima

Zemlja podrijetla	2020.		2021.		2022.		Ukupno	
	Broj obavijesti	Udio [%]	Broj obavijesti	Udio [%]	Broj obavijesti	Udio [%]	Broj obavijesti	Udio [%]
Turska	84	25,45	87	23,77	72	17,60	243	21,99
SAD	50	15,15	37	10,11	51	12,47	138	12,49
Indija	33	10,00	21	5,74	51	12,47	105	9,50
Egipat	20	6,06	39	10,66	41	10,02	100	9,05
Argentina	34	10,30	20	5,46	40	9,78	94	8,51
Iran	24	7,27	36	9,84	21	5,13	81	7,33
Pakistan	13	3,94	15	4,10	47	11,49	75	6,79
Gruzija	5	1,52	34	9,29	8	1,96	47	4,25
Kina	14	4,24	8	2,19	4	0,98	26	2,35
Azerbajdžan	1	0,30	7	1,91	10	2,44	18	1,63
Bolivija	0	0	7	1,91	10	2,44	17	1,54
Indonezija	1	0,30	7	1,91	6	1,47	14	1,27
Nigerija	8	2,42	4	1,09	1	0,24	13	1,18
Brazil	5	1,52	2	0,55	5	1,22	12	1,09
Španjolska	7	2,12	2	0,55	3	0,73	12	1,09
Šri Lanka	6	1,82	3	0,82	2	0,49	11	1,00
Italija	1	0,30	2	0,55	5	1,22	8	0,72
Nizozemska	0	0	4	1,09	4	0,98	8	0,72
Senegal	0	0	3	0,82	3	0,73	6	0,54
Francuska	0	0	3	0,82	2	0,49	5	0,45
Nikaragva	0	0	5	1,37	0	0	5	0,45
Tunis	1	0,30	1	0,27	3	0,73	5	0,45
Australija	0	0	4	1,09	0	0	4	0,36
Gana	2	0,61	1	0,27	1	0,24	4	0,36
Paragvaj	1	0,30	2	0,55	1	0,24	4	0,36
Ujedinjeno Kraljevstvo	2	0,61	0	0	2	0,49	4	0,36
Vijetnam	1	0,30	0	0	3	0,73	4	0,36
Južnoafrička Republika	1	0,30	1	0,27	1	0,24	3	0,27
Kamerun	2	0,61	1	0,27	0	0	3	0,27
Njemačka	3	0,91	0	0	0	0	3	0,27
Togo	1	0,30	1	0,27	1	0,24	3	0,27
Austrija	0	0	1	0,27	1	0,24	2	0,18

Tablica 2. Zemlje podrijetla proizvoda kontaminiranih aflatoksinima – *nastavak*

Etiopija	2	0,61	0	0	0	0	2	0,18
Mađarska	1	0,30	1	0,27	0	0	2	0,18
Ujedinjeni Arapski Emirati	0	0	0	0	2	0,49	2	0,18
Angola	1	0,30	0	0	0	0	1	0,09
Belgija	0	0	0	0	1	0,24	1	0,09
Bosna i Hercegovina	0	0	0	0	1	0,24	1	0,09
Filipini	0	0	0	0	1	0,24	1	0,09
Jordan	1	0,30	0	0	0	0	1	0,09
Kambodža	1	0,30	0	0	0	0	1	0,09
Kirgistan	0	0	0	0	1	0,24	1	0,09
Libanon	0	0	1	0,27	0	0	1	0,09
Malezija	1	0,30	0	0	0	0	1	0,09
Maroko	0	0	0	0	1	0,24	1	0,09
Meksiko	0	0	1	0,27	0	0	1	0,09
Moldavija	0	0	0	0	1	0,24	1	0,09
Obala Bjelokosti	0	0	0	0	1	0,24	1	0,09
Peru	0	0	1	0,27	0	0	1	0,09
Poljska	0	0	0	0	1	0,24	1	0,09
Rusija	0	0	1	0,27	0	0	1	0,09
Singapur	0	0	1	0,27	0	0	1	0,09
Sirija	0	0	0	0	1	0,24	1	0,09
Uganda	0	0	1	0,27	0	0	1	0,09
Ukrajina	1	0,30	0	0	0	0	1	0,09
Nepoznato	1	0,30	0	0	0	0	1	0,09
Ukupno	330	100	366	100	409	100	1105	100

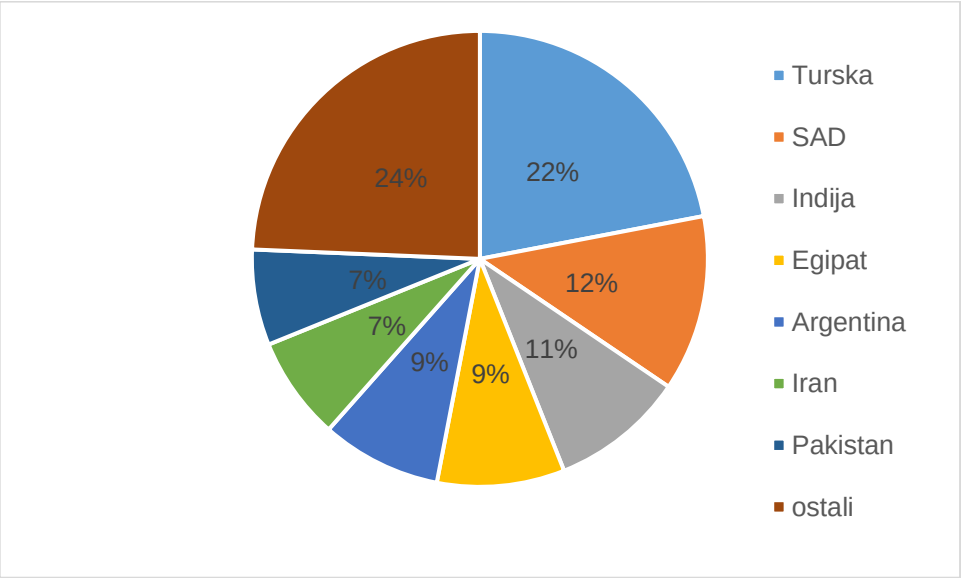
Godine 2020. najčešće zemlje podrijetla kontaminiranih proizvoda bile su: Turska (84 obavijesti), SAD (50), Argentina (34), Indija (33) i Iran (24), s ukupnim udjelom u obavijestima od 68,18 %.

Godine 2021. najčešće zemlje podrijetla kontaminiranih proizvoda bile su: Turska (87), Egipat (39), SAD (37), Iran (36) i Gruzija (34), s ukupnim udjelom u obavijestima od 63,67 %.

Godine 2022. najčešće zemlje podrijetla kontaminiranih proizvoda bile su: Turska (72), Indija (51), SAD (51), Pakistan (47) i Egipat (41), s ukupnim udjelom u obavijestima od 64,05 %.

Iz slike 2 vidljivo je da u obavijestima prvih 7 zemalja podrijetla čini tri četvrtine ukupnih obavijesti. To su: Turska (243), SAD (138), Indija (105), Egipat (100), Argentina (94), Iran (81) i Pakistan (75). Na kontaminiranost proizvoda u pojedinim zemljama utječu: klimatski uvjeti

(visoke temperature ljeti, sušna te vlažna razdoblja), ekonomski i poljoprivredni uvjeti (ciljana proizvodnja određenih proizvoda i značajan izvoz istih), liberalniji zakoni (nedovoljne kontrole proizvoda). Za svaku zemlju vrijedi određena kombinacija navedenih faktora, te na taj način dobivamo zemlje iz kojih dolazi najviše kontaminiranih proizvoda (određene vrste), odnosno ako određena zemlja izvozi velike količine određenog proizvoda (a vremenski uvjeti odgovaraju nastanku aflatoksina, te zakoni ne propisuju učestale kontrole), može se očekivati i veći broj nesukladnih proizvoda.



Slika 2. Grafički prikaz udjela pojedinih zemalja podrijetla proizvoda kontaminiranih aflatoksinom u obavijestima

U tablici 3 prikazane su klimatske odrednice zemalja podrijetla iz kojih najčešće dolaze kontaminirani proizvodi. Kako je poznato, najveći utjecaj na pojavu aflatoksina imaju temperatura i vlažnost zraka. Iz tablice 3 je vidljivo da sve navedene zemlje imaju ili povećanu prosječnu temperaturu (višu od 22 °C) ili povećanu prosječnu vlažnost zraka (veću od 60 %). Za detaljnije korelacije je potrebno više istraživanja, jer iz ovih podataka (dostupnih na stranicama RASFF-a) nije moguće znati iz kojeg točno područja neke zemlje dolazi proizvod, u kojem je točnom razdoblju proizveden te kako je i koliko dugo skladišten.

Tablica 3. Klimatske odrednice najučestalijih zemalja podrijetla proizvoda kontaminiranih aflatoksinom (podaci preuzeti s poveznice www.worlddata.info)

Zemlja podrijetla	Prosječna maksimalna dnevna temperatura zraka	Prosječan broj sunčanih sati	Prosječan broj kišnih dana	Prosječna godišnja količina padalina	Prosječna vlažnost zraka [%]
Turska	20,5	2430	77	662	62,9
SAD	18,8	2615	86	937	68,7
Indija	31,7	2253	94	1617	65,9
Egipat	29,9	3475	8	47	48,0
Argentina	21,4	2373	65	761	69,0
Iran	26,7	2957	35	326	49,5
Pakistan	30,7	2927	45	694	54,7
Gruzija	20,0	-	117	1142	-
Kina	19,0	2148	76	1062	69,2
Azerbajdžan	20,3	2263	60	417	-

4.2. ZEMLJE SLANJA OBAVIJESTI

Tablica 4 prikazuje poredak zemalja prema broju slanja obavijesti, odnosno otkrivenih i prijavljenih kontaminiranih proizvoda aflatoksinom.

Tablica 4. Prikaz poretka zemalja prema ukupnom broju (udjelu) prijavljenih kontaminiranih proizvoda aflatoksinom

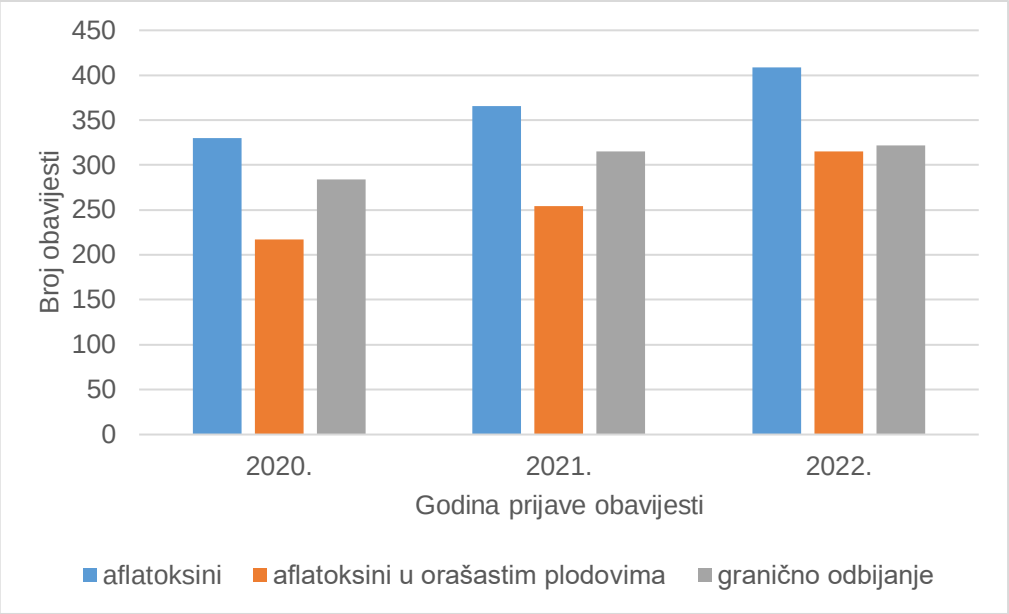
Zemlja	2020.		2021.		2022.		Ukupno	
	Broj obavijesti	Udio [%]	Broj obavijesti	Udio [%]	Broj obavijesti	Udio [%]	Broj obavijesti	Udio [%]
Nizozemska	100	30,30	101	27,60	180	44,01	381	34,48
Njemačka	66	20,00	95	25,96	67	16,38	228	20,63
Italija	5	1,52	52	14,21	64	15,65	121	10,95
Belgija	16	4,85	16	4,37	28	6,85	60	5,43
Francuska	23	6,97	15	4,10	13	3,18	51	4,62
Bugarska	12	3,64	13	3,55	14	3,42	39	3,53
Španjolska	8	2,42	20	5,46	10	2,44	38	3,44
Ujedinjeno Kraljevstvo	37	11,21	0	0	0	0	37	3,35
Poljska	10	3,03	16	4,37	9	2,20	35	3,17
Grčka	8	2,42	5	1,37	5	1,22	18	1,63
Danska	6	1,82	6	1,64	1	0,24	13	1,18
Norveška	3	0,91	3	0,82	0	0	6	0,54
Austrija	0	0	3	0,82	2	0,49	5	0,45
Portugal	2	0,61	0	0	2	0,49	4	0,36

Tablica 4. Prikaz poretka zemalja prema ukupnom broju (udjelu) prijavljenih kontaminiranih proizvoda aflatoksinom - *nastavak*

Slovačka	2	0,61	2	0,55	0	0	4	0,36
Hrvatska	0	0	3	0,82	0	0	3	0,27
Litva	1	0,30	0	0	1	0,24	2	0,18
Cipar	0	0	0	0	1	0,24	1	0,09
Češka	1	0,30	0	0	0	0	1	0,09
Latvija	0	0	1	0,27	0	0	1	0,09
Mađarska	0	0	0	0	1	0,24	1	0,09
Rumunjska	0	0	1	0,27	0	0	1	0,09
Europska komisija	1	0,30	0	0	0	0	1	0,09
Ukupno	330	100	366	100	409	100	1105	100

Iz podataka u tablici 4 je vidljivo da više od 50 % ukupnih obavijesti vezanih za aflatoksine dolazi iz Nizozemske i Njemačke, što se može povezati s razvijenosti navedenih zemalja i količinom uvezene hrane. Većina kontaminiranih proizvoda otkrije se na granicama, a najčešće se radi o orašastim plodovima, odnosno kikirikiju. Navedeno ne iznenađuje s obzirom da je Nizozemska glavna tranzitna europska uvoznica kikirikija, dok Njemačka, također kao značajna uvoznica kikirikija, isti uvozi za konzumaciju unutar zemlje (Owolabi i sur., 2023). Usporedba dobivenih obavijesti vezanih za aflatoksine prikazana je na slici 3.

Vidljivo je da se većina proizvoda kontaminiranih aflatoksinom otkrije na granicama, te se glavnina tog broja odnosi na orašaste proizvode. Odnosno, usporedbom ukupnog broja obavijesti vezanih za aflatoksine s brojem odbijanja na granici i brojem kontaminiranih orašastih plodova, može se zaključiti kako je fokus prilikom graničnog uzorkovanja stavljen na orašaste plodove. Što potvrđuje činjenicu da Europska komisija radi na ciljanim uzorkovanjima zbog izbjegavanja mogućih kriza, s obzirom na sklonost orašastih plodova ka kontaminaciji aflatoksinom.



Slika 3. Usporedba broja RASFF obavijesti vezanih za aflatoksine

4.3. PROIZVODI KONTAMINIRANI AFLATOKSINIMA

U daljnjim tablicama prikazane su kategorije, odnosno vrste hrane, poredane od najčešće prisutnih u obavijestima prema onima koje se pojavljuju svega nekoliko puta ili samo jednom.

Tablica 5. Prikaz poretka kategorija hrane s obzirom na ukupni udio u obavijestima

Kategori-ja hrane	2020.		2021.		2022.		Ukupno	
	Broj obavijesti	Udio [%]	Broj obavijesti	Udio [%]	Broj obavijesti	Udio [%]	Broj obavijesti	Udio [%]
Orašasti plodovi, proizvodi od orašastih plodova i sjemen-ke	217	65,76	254	69,40	272	66,50	743	67,24
Voće i povrće	58	17,58	57	15,57	46	11,25	161	14,57
Žitarice i pekarski proizvodi	9	2,73	17	4,64	57	13,94	83	7,51

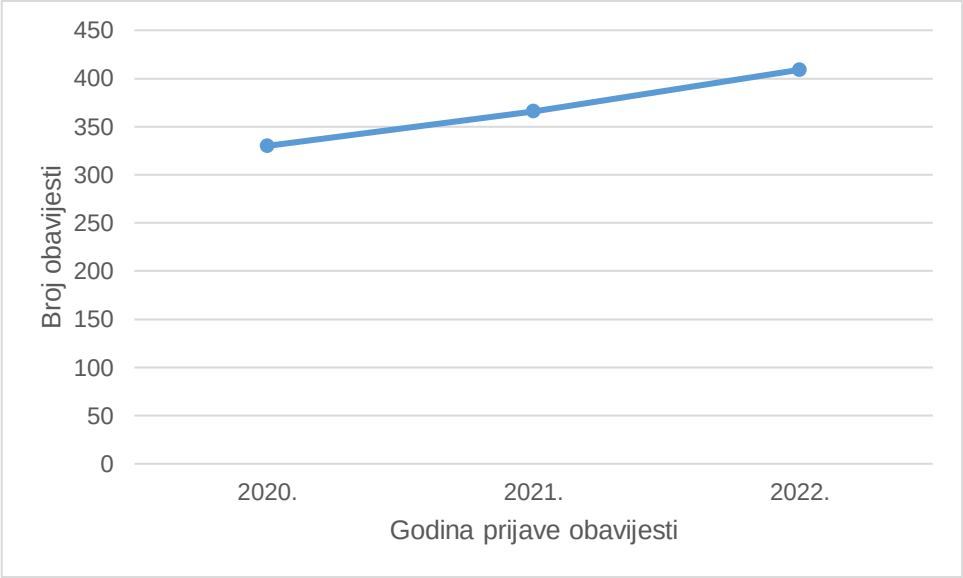
Tablica 5. Prikaz poretka kategorija hrane s obzirom na ukupni udio u obavijestima - *nastavak*

Bilje i začini	27	8,18	23	6,28	22	5,38	72	6,52
Hrana za životinje	17	5,15	10	2,73	11	2,69	38	3,44
Slatkiši	2	0,61	2	0,55	1	0,24	5	0,45
Kakao i kakaovi proizvodi, kava i čaj	0	0	1	0,27	0	0	1	0,09
Ostali prehrambeni proizvodi	0	0	1	0,27	0	0	1	0,09
Sladoledi i deserti	0	0	1	0,27	0	0	1	0,09
Ukupno	330	100	366	100	409	100	1105	100

Iz tablice 5 je vidljivo da je najviše obavijesti o proizvodima kontaminiranih aflatoksinima dolazi iz kategorije orašastih plodova, proizvoda od orašastih plodova i sjemenki. U svim godinama je broj obavijesti u navedenoj kategoriji premašio 65 %. Sljedeća kategorija po ukupnom udjelu je voće i povrće, s oko 15 %, no vidljivo je da iz godine u godinu udio u obavijestima opada. U kategoriji žitarica i pekarskih proizvoda vidljiv je značajan rast u broju kontaminirani proizvoda iz godine u godinu. 2020. godine bilo je svega 9 obavijesti, 2021. 17, dok 2022. čak 57 obavijesti vezanih za kontaminaciju aflatoksinima. Sljedeća kategorija su bilje i začini s ukupnim udjelom od 6,5 %, te hrana za životinje s 3,4 %. Ostale kategorije: slatkiši; kakao i kakaovi proizvodi, kava i čaj; ostali prehrambeni proizvodi; te sladoledi i deserti, čine manje od 1 % obavijesti. U tim proizvodima aflatoksin se, uglavnom, nalazi u pojedinim sastojcima, poput orašastih plodova ili kakaa.

Također je vidljiv rast broja slučajeva kontaminacije aflatoksinom iz godine u godinu (slika 4). Navedeno je u skladu s očekivanjima, s obzirom da RASFF sustav bilježi godišnji porast broja obavijesti od 2002. godine. Iz slike 4 (i tablice 5) je vidljivo da broj slučajeva vezanih uz kontaminaciju hrane i hrane za životinje aflatoksinom raste za više od 10 % godišnje.

Smatra se da je prikazano pokazatelj napredovanja samog sustava, odnosno ispravne upotrebe sustava i visoke razine suradnje među zemljama članicama. Rastom broja obavijesti ostvaruje se cilj Europske komisije za što boljim protokom informacija i ciljanim uzorkovanjem, kako bi se izbjegle eventualne krize.



Slika 4. Grafički prikaz ukupnog broja obavijesti ovisno o godini prijave

4.3.1. Orašasti plodovi, proizvodi od orašastih plodova i sjemenke s povišenim vrijednostima aflatoksina

Tablica 6 prikazuje poredak različitih vrsta hrane u kategoriji orašastih plodova, proizvoda od orašastih plodova i sjemenki prema ukupnom udjelu u obavijestima o kontaminaciji aflatoksinom.

Tablica 6. Prikaz poretka orašastih plodova, proizvoda od orašastih plodova i sjemenki prema ukupnom udjelu u obavijestima

Vrsta hrane	2020.		2021.		2022.		Ukupno	
	Broj obavijesti	Udio [%]	Broj obavijesti	Udio [%]	Broj obavijesti	Udio [%]	Broj obavijesti	Udio [%]
kikiriki	122	56,22	104	40,94	160	58,82	386	51,95
pistacije	59	27,19	75	29,53	70	25,74	204	27,46
lješnjaci	10	4,61	45	17,72	18	6,62	73	9,83
bademi	9	4,15	9	3,54	5	1,84	23	3,10
maslac od kikirikija	3	1,38	6	2,36	3	1,10	12	1,62
sjemenke dinje	1	0,46	5	1,97	2	0,74	8	1,08
sjemenke lubenice	2	0,92	4	1,57	1	0,37	7	0,94
brazilski oraščići	1	0,46	1	0,39	3	1,10	5	0,67

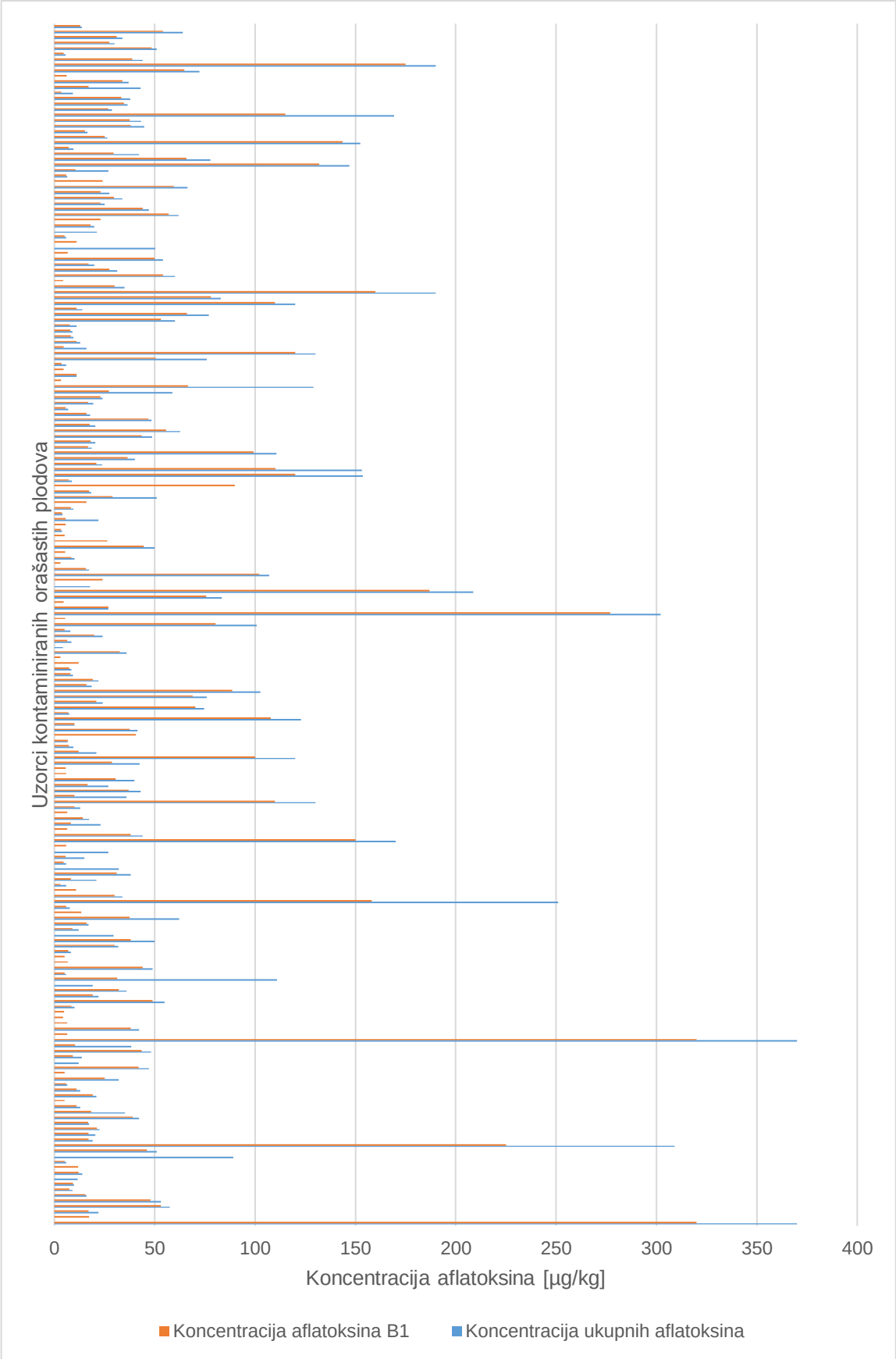
Tablica 6. Prikaz poretka orašastih plodova, proizvoda od orašastih plodova i sjemenki prema ukupnom udjelu u obavijestima - *nastavak*

namaz od lješnjaka	2	0,92	0	0	1	0,37	3	0,40
brašno od lješnjaka	2	0,92	0	0	0	0	2	0,27
indijski oraščići	0	0	1	0,39	1	0,37	2	0,27
Kuli kuli grickalice	2	0,92	0	0	0	0	2	0,27
brašno od pistacija	0	0	1	0,39	0	0	1	0,13
chia sjemenke	0	0	1	0,39	0	0	1	0,13
koštice marelice	0	0	0	0	1	0,37	1	0,13
orašaste grickalice	0	0	0	0	1	0,37	1	0,13
pasta od kikirikija	0	0	0	0	1	0,37	1	0,13
sjemenke suncokreta	1	0,46	0	0	0	0	1	0,13
suhe sjemenke lotosa	1	0,46	0	0	0	0	1	0,13
tekući nugat od badema	0	0	0	0	1	0,37	1	0,13
Ukupno	217	100	254	100	272	100	743	100

Više od 50 % obavijesti otpada na kikiriki (oljušteni, u ljusci, prženi, slani). Zatim slijede pistacije s nešto više od 27 % i lješnjaci s manje od 10 % obavijesti. Ostalih 10-ak % čine ostali orašasti plodovi (bademi, indijski oraščići, brazilski oraščići, te različite mješavine orašastih plodova), proizvodi od orašastih plodova (maslac od kikirikija, namaz od lješnjaka, brašno od lješnjaka, brašno od pistacija, pasta od kikirikija, kuli kuli grickalice te tekući nugat od badema) i sjemenke (dinje, lubenice, suncokreta, lotosa, chia sjemenke, te koštice marelica).

Razlog česte kontaminacije kikirikija najčešće je dugotrajno i neodgovarajuće skladištenje. S obzirom da su najveći proizvođači kikirikija u tropskim regijama, odnosno područjima visokih temperatura i vlažnosti zrak, prilikom skladištenja se teško održava niska razina vlage kikirikija. Posljedično, uvezeni kikiriki koji je u početku bez aflatoksina, mogao bi se kontaminirati tijekom skladištenja (Norlia i sur., 2019). Preporuka je, stoga, izbjegavanje izvora vlage tijekom skladištenja, poput krovova koji prokišnjavaju i kondenzacije zbog nepravilne ventilacije. Ukoliko se skladišti kikiriki sa sadržajem vlage manjim od 7 % za oljušteni kikiriki, odnosno do 9 % za neoljušteni kikiriki, te pri temperaturi zraka od 25 – 27 °C i 70 % relativne vlažnosti, može se jamčiti sigurno skladištenje kikirikija u periodu od 1 godine (Torres i sur.. 2014).

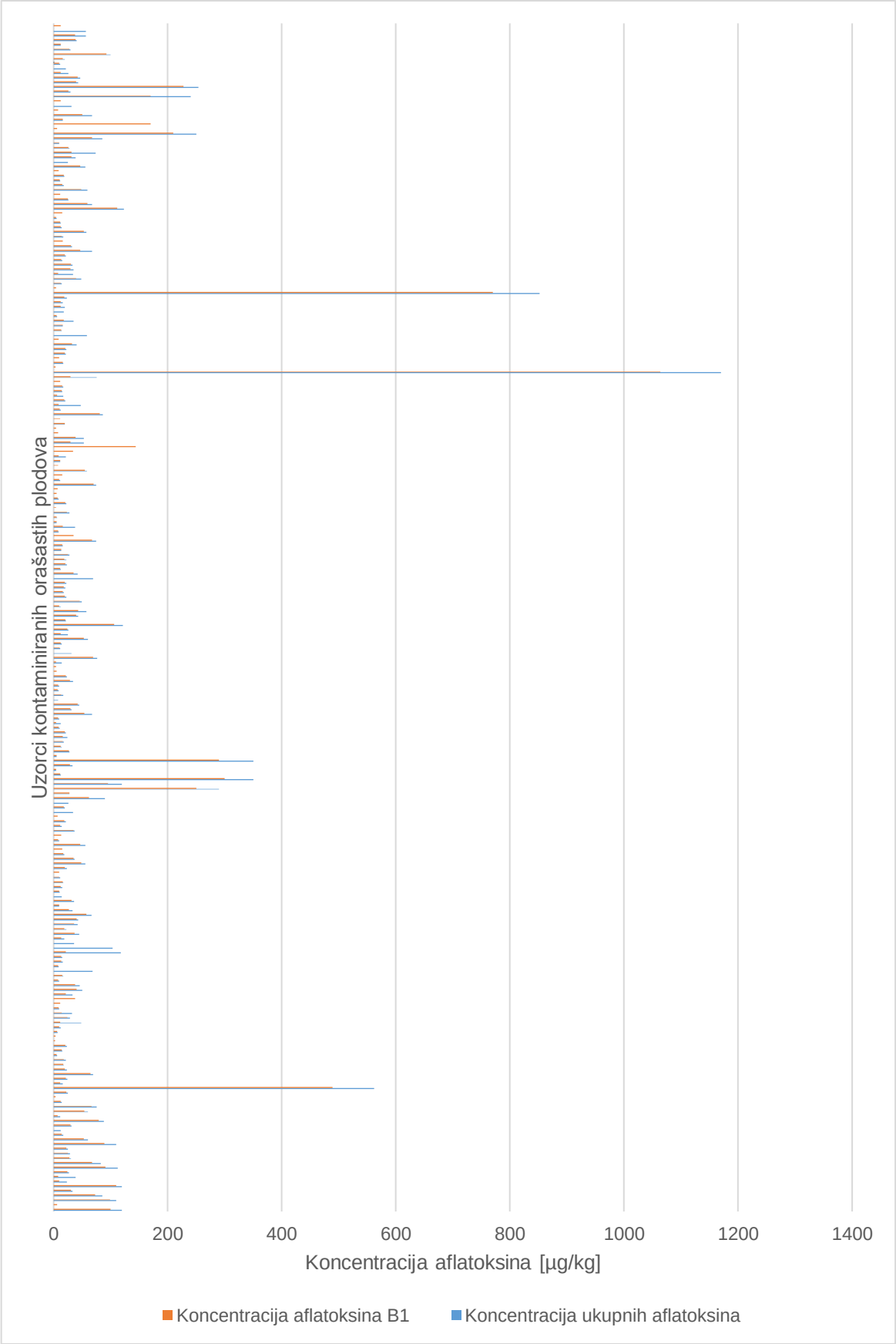
Slike 5, 6 i 7 prikazuju maksimalne vrijednosti koncentracija ukupnih aflatoksina (zbroj B1, B2, G1 i G2) i aflatoksina B1 izmjerenih u orašastim plodovima, proizvodima od orašastih plodova i sjemenki tijekom 2020., 2021. i 2022. godine. Prema Uredbi (EZ) 1881/2006 najveće dopuštene vrijednosti ukupnih aflatoksina u kikirikiju, orašastim plodovima i njihovim prerađenim proizvodima za izravnu prehranu ljudi ili uporabu kao sastojak hrane, iznosi 4 µg/kg, a aflatoksina B1 2 µg/kg.



Slika 5. Grafički prikaz koncentracija ukupnih aflatoksina i aflatoksina B1 u orašastim plodovima, proizvodima od orašastih plodova i sjemenki izmjerenih tijekom 2020. godine

Iz slike 5 je vidljivo da su najveće izmjerene koncentracije ukupnih aflatoksina 370 µg/kg, od čega je 320 µg/kg aflatoksina B1. Navedene vrijednosti izmjerene su u kikirikiju podrijetlom iz Egipta, te u lješnjacima podrijetlom iz Azerbajdžana. S obzirom na najveće dopuštene vrijednosti ukupnih aflatoksina od 4,0 µg/kg i aflatoksina B1 2,0 µg/kg, dolazimo do činjenice da se u navedenim uzorcima nalaze i stotinu puta veće količine ukupnih aflatoksina od dopuštenih vrijednosti, te više od 150 puta veće vrijednosti aflatoksina B1.

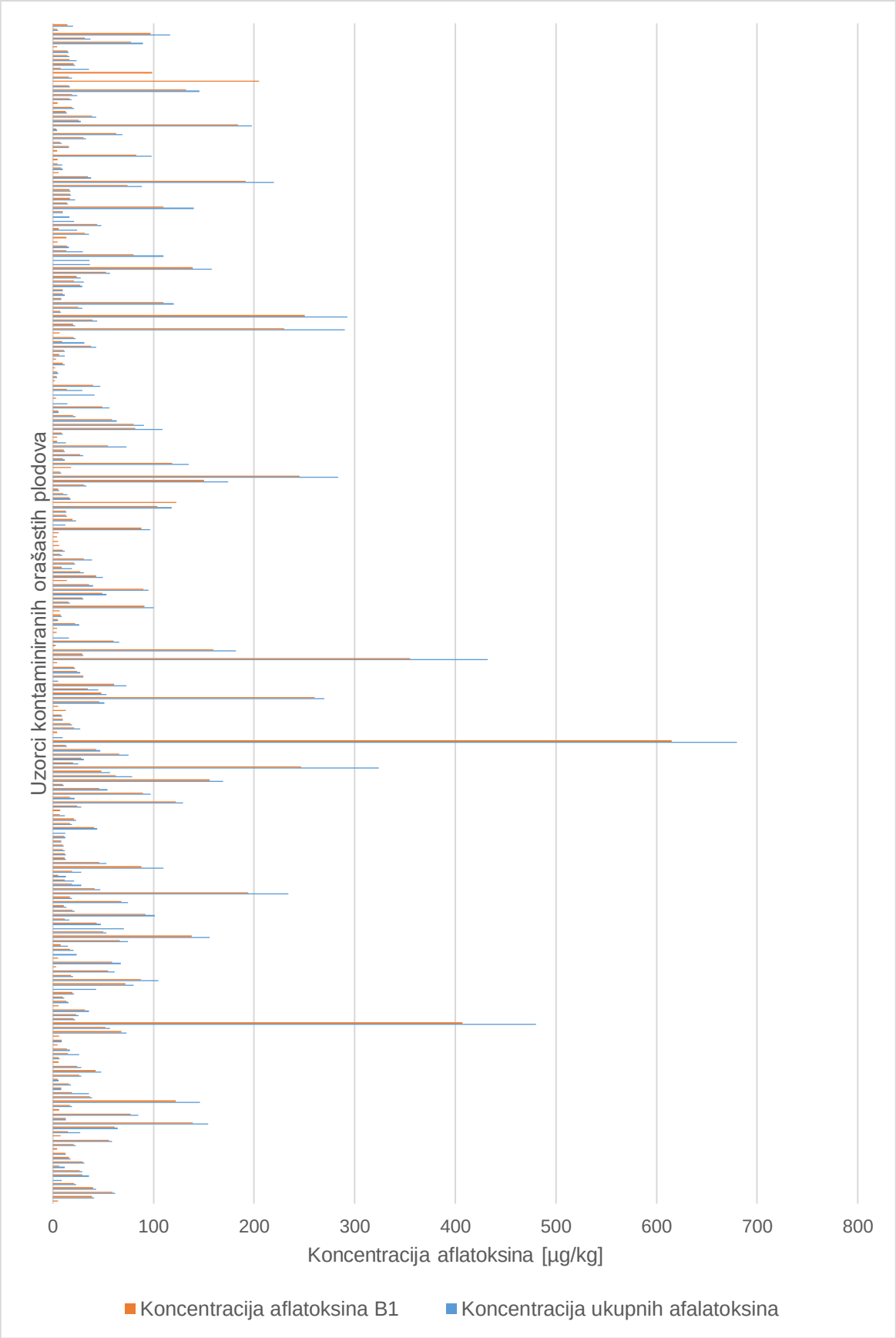
Među obavijestima iz 2020. godine, nalaze se i dvije obavijesti vezane za ostale aflatoksine, iako ne postoji zakonska obveza za analizom istih. U Njemačkoj su analizirani bademi iz SAD-a. Izmjerene vrijednosti su: za ukupne aflatoksine 302 µg/kg, za aflatoksin B1 277 µg/kg, te za aflatoksin B2 25 µg/kg, što pokazuje da su već količine aflatoksina B2 (koji se inače nalazi u zanemarivim količinama) prekomjerne i zakonski nedozvoljene. Zatim, u Portugalu je analiziran kikiriki iz Angole, pri čemu su dobivene vrijednosti: za ukupni aflatoksin 190 µg/kg, od čega je 175 µg/kg aflatoksina B1, 14 µg/kg aflatoksina B2 i 0,5 µg/kg aflatoksina G1.



Slika 6. Grafički prikaz koncentracija ukupnih aflatoksina i aflatoksina B1 u orašastim plodovima, proizvodima od orašastih plodova i sjemenki izmjerenih tijekom 2021. godine

Iz slike 6 vidljivo je da većina uzoraka sadrži manje od 200 µg/kg aflatoksina, no najveća izmjerena koncentracija ukupnih aflatoksina iznosi 1170 µg/kg, od čega je 1064 µg/kg aflatoksina B1. Navedeno je izmjereno u pistacijama podrijetlom iz Irana, a uzorak je analiziran u Njemačkoj. S obzirom da su dozvoljene vrijednosti ukupnih aflatoksina 4 µg/kg, ove vrijednosti su gotovo 300 puta veće od dozvoljenih, što su izuzetno zabrinjavajući rezultati. Možda konzumacija ovakvih proizvoda ne može odmah dovesti i do akutne toksikoze, zato što LD_{50} iznosi 0,5 – 10 mg/kg tjelesne mase ovisno o životinjskoj vrsti (Mwanda i sur., 2005), a u ovom slučaju se radi o 1,17 mg/kg proizvoda, no zasigurno učestala konzumacija većih količina proizvoda može dovesti do kronične toksikoze.

U 2021. jedna je obavijest sadržavala i podatak o aflatoksinu B2. Radi se o lješnjacima podrijetlom iz Azerbajdžana, analiziranim u Njemačkoj, a dobivene vrijednosti su: 11,01 µg/kg ukupnih aflatoksina, od čega je 9,79 µg/kg aflatoksina B1, a 1,23 µg/kg aflatoksina B2.



Slika 7. Grafički prikaz koncentracija ukupnih aflatoksina i aflatoksina B1 u orašastim plodovima, proizvodima od orašastih plodova i sjemenki izmjerenih tijekom 2022. godine

Iz slike 7 možemo očitati najveću izmjerenu vrijednost ukupnih aflatoksina od 679,9 µg/kg, od čega je 615,2 µg/kg aflatoksina B1. Navedeno se odnosi na pistacije podrijetlom iz Ujedinjenih Arapskih Emirata, a otkriveno je u Italiji.

U 2022. godini objavljene su dvije obavijesti koje sadrže podatke i o aflatoksinu B2, a radi se o analizi pistacija i kikirikija. Pistacije su podrijetlom iz Turske, a analizirane su u Italiji, te su dobiveni rezultati: 129,2 µg/kg za ukupne aflatoksine, 122,3 µg/kg aflatoksina B1, te 6,9 µg/kg aflatoksina B2. Kikiriki je, također, podrijetlom iz Turske, a nesukladnost je otkrivena u Portugalu, gdje je analiza pokazala 18,3 µg/kg ukupnih aflatoksina, 16,3 µg/kg aflatoksina B1, te 1,1 µg/kg aflatoksina B2.

Iz navedenih primjera o najvećim izmjerenim koncentracijama aflatoksina, vidljivo je da su zemlje podrijetla proizvoda uglavnom one iz kojih i najčešće dolaze nesukladni proizvodi (Turska, Azerbajdžan, Iran, Egipat). To je najvjerojatnije povezano s vrućim i vlažnim klimatskim uvjetima, koji pogoduju rastu plijesni.

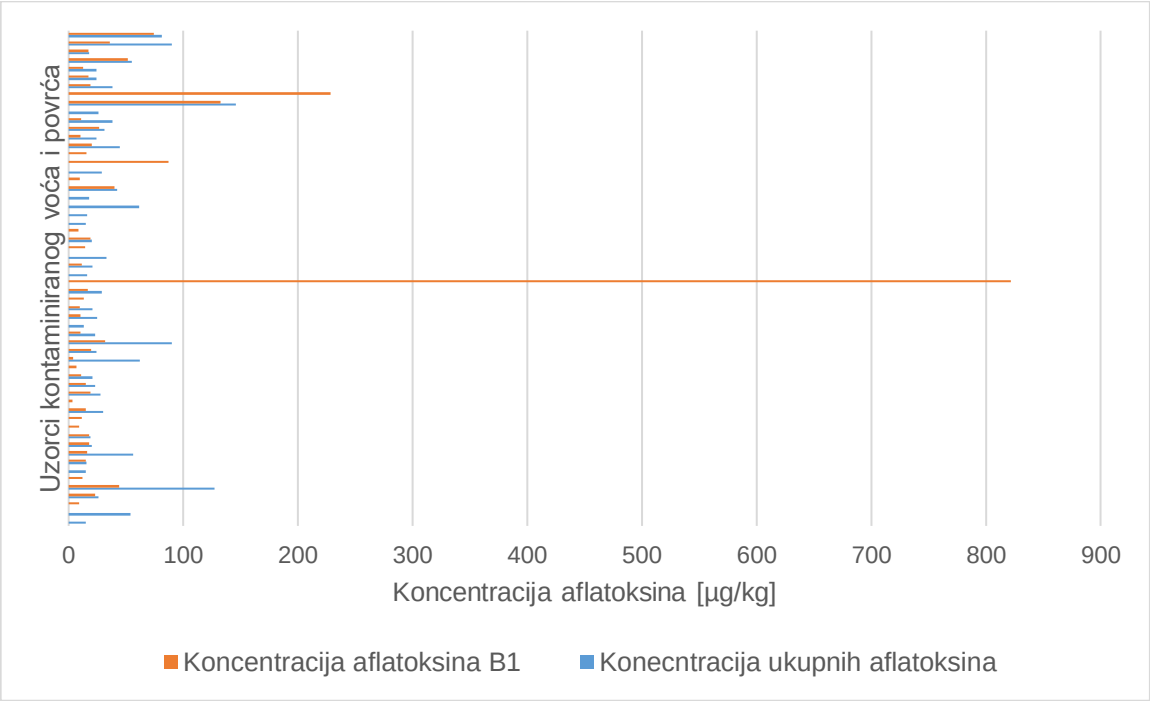
4.3.2. Voće i povrće s povišenim vrijednostima aflatoksina

Tablica 7. Prikaz poretka voća i povrća prema ukupnom udjelu u obavijestima

Vrsta hrane	2020.		2021.		2022.		Ukupno	
	Broj obavijesti	Udio [%]	Broj obavijesti	Udio [%]	Broj obavijesti	Udio [%]	Broj obavijesti	Udio [%]
suhe smokve	56	96,55	54	94,74	41	89,13	151	93,79
datulje	0	0	3	5,26	3	6,52	6	3,73
dud	1	1,72	0	0	2	4,35	3	1,86
sirup od datulja	1	1,72	0	0	0	0	1	0,62
Ukupno	58	100	57	100	46	100	161	100

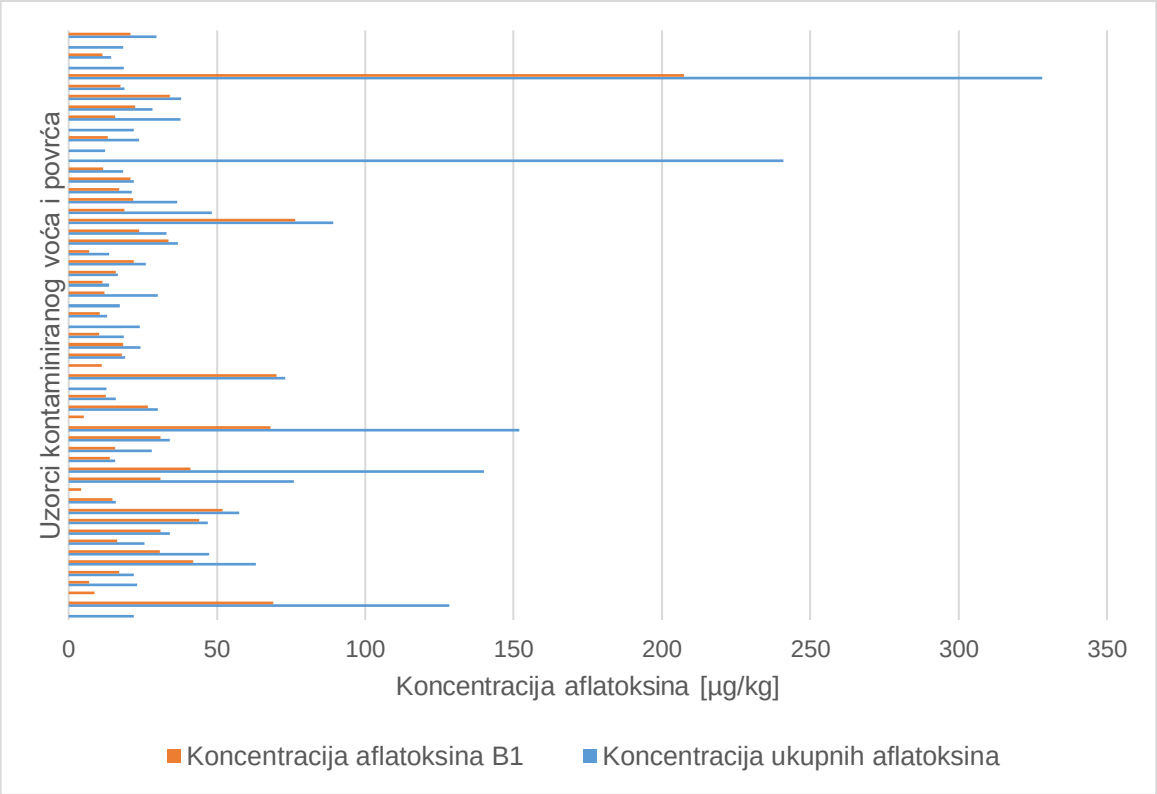
Tablica 7 prikazuje poredak različitih vrsta hrane u kategoriji voća i povrća prema ukupnom udjelu u obavijestima o kontaminaciji aflatoksinom. Ukupno, više od 90 % obavijesti otpada na one o kontaminiranim suhim smokvama, no vidljiv je pad broja obavijesti (i udjela) iz godine u godinu. Tako je 2020. godine na suhe smokve otpadalo više od 96 %, dok je 2022. godine udio pao na ispod 90 %. Na ostale proizvode (datulje, dud, sirup od datulja) otpada nešto više od 6 %.

Slike 8, 9 i 10 prikazuju maksimalne vrijednosti koncentracija ukupnih aflatoksina (zbroj B1, B2, G1 i G2) i aflatoksina B1 izmjerenih u voću i povrću tijekom 2020., 2021. i 2022. godine. Prema Uredbi (EZ) 1881/2006 najveće dopuštene vrijednosti ukupnih aflatoksina u sušenom voće i prerađenim voćnim proizvodima namijenjenima za izravnu prehranu ljudi ili kao sastojak hrane, iznosi 4 µg/kg, a aflatoksina B1 2 µg/kg.



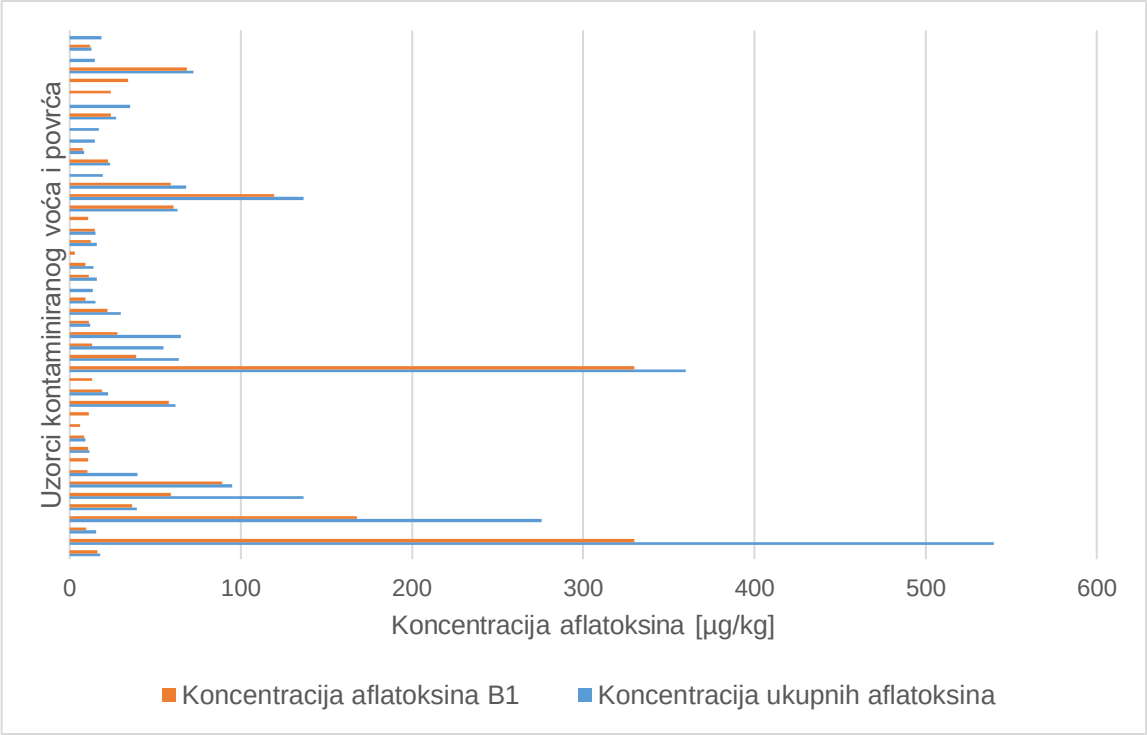
Slika 8. Grafički prikaz koncentracija ukupnih aflatoksina i aflatoksina B1 u voću i povrću izmjerenih tijekom 2020. godine

Iz slike 8 je vidljivo da većina izmjerenih koncentracija aflatoksina ne premašuje 100 µg/kg, dok je najveća izmjerena vrijednost 822 µg/kg aflatoksina B1. Navedeno je izmjereno u uzorku suhih smokava podrijetlom iz Turske, a otkriveno je u Bugarskoj.



Slika 9. Grafički prikaz koncentracija ukupnih aflatoksina i aflatoksina B1 u voću i povrću izmjerenih tijekom 2021. godine

Iz slike 9 je vidljivo da je, kao i prethodne godine, većina nedopuštenih vrijednosti aflatoksina ispod 100 µg/kg, dok je najveća izmjerena vrijednost ukupnih aflatoksina 328,2 µg/kg, od čega je 207,4 aflatoksina B1. Navedeno je izmjereno u Slovačkoj u uzorku suhih smokava podrijetlom iz Turske.



Slika 10. Grafički prikaz koncentracija ukupnih aflatoksina i aflatoksina B1 u voću i povrću izmjerenih tijekom 2022. godine

Iz slike 10 vidljivo je da je i tijekom 2022. godine većina nesukladnih uzoraka sadržavala koncentraciju aflatoksina manju od 100 µg/kg, dok je najveća izmjerena vrijednost 540 µg/kg ukupnih aflatoksina, od čega je 330 µg/kg aflatoksina B1. Navedeno je izmjereno u Francuskoj u uzorku suhih smokava podrijetlom iz Turske.

Iz navedenih primjera o najvećim izmjerenim koncentracijama aflatoksina, vidljivo je da je, u svim slučajevima, zemlja podrijetla proizvoda Turska. Pri čemu su nesukladni proizvodi otkriveni po cijeloj Europi (zemlje slanja obavijesti su: Bugarska, Slovačka i Francuska).

4.3.3. Žitarice i pekarski proizvodi s povišenim vrijednostima aflatoksina

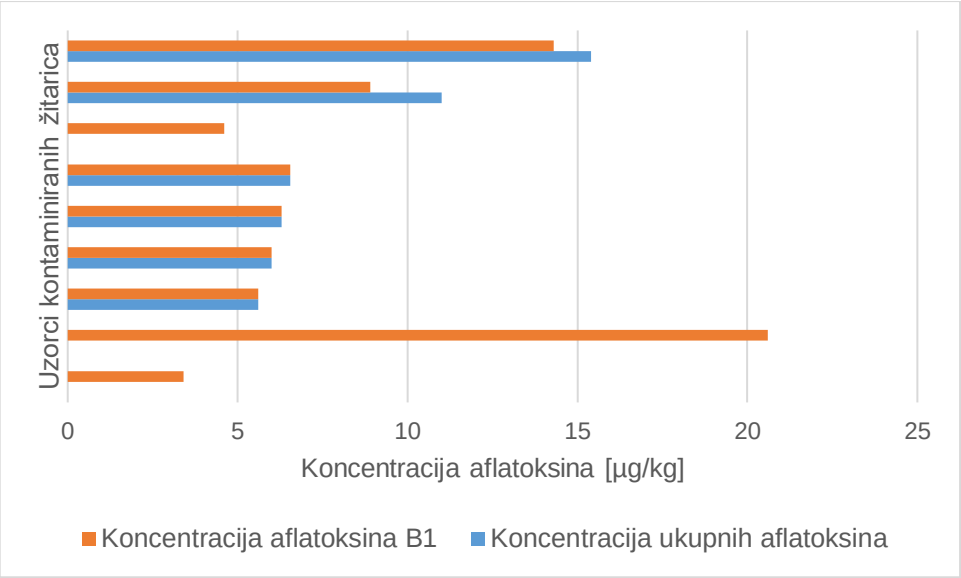
Tablica 8. Prikaz poretka žitarica i pekarskih proizvoda prema ukupnom udjelu u obavijestima

Vrsta hrane	2020.		2021.		2022.		Ukupno	
	Broj obavijesti	Udio [%]	Broj obavijesti	Udio [%]	Broj obavijesti	Udio [%]	Broj obavijesti	Udio [%]
riža	9	100,00	8	47,06	48	84,21	65	78,31
kukuruz	0	0	3	17,65	1	1,75	4	4,82
heljda	0	0	2	11,76	1	1,75	3	3,61
kus kus	0	0	2	11,76	0	0	2	2,41
proseno brašno	0	0	0	0	2	3,51	2	2,41
rižino brašno	0	0	1	5,88	1	1,75	2	2,41
kukuruzna krupica	0	0	0	0	1	1,75	1	1,20
laneno brašno	0	0	1	5,88	0	0	1	1,20
mješavina prosa, kukuruza i baobaba	0	0	0	0	1	1,75	1	1,20
pirovo brašno	0	0	0	0	1	1,75	1	1,20
pšenica	0	0	0	0	1	1,75	1	1,20
Ukupno	9	100	17	100	57	100	83	100

Tablica 8 prikazuje poredak različitih vrsta hrane u kategoriji žitarica i pekarskih proizvoda prema ukupnom udjelu u obavijestima o kontaminaciji aflatoksinom. Ukupno, više od 78 % obavijesti otpada na one o kontaminiranoj riži. U ovom slučaju, udio nam ne govori puno, čak i sugerira pogrešno, odnosno prikazuje pad broja kontaminiranih uzoraka riže, dok je, zapravo, vidljiv veliki rast broja slučajeva. 2020. godine udio u obavijestima o aflatoksinu u žitaricama (za ljudsku upotrebu), za rižu iznosio je 100 %, no broj slučajeva bio je samo 9. Istovremeno, u ni jednoj drugoj žitarici ili pekarskom proizvodu nije pronađena povišena razina aflatoksina. Zatim, tijekom 2021. godine dolazi do 8 novih slučajeva kontaminirane riže, no udio iznosi manje od 50 %, zato što se istovremeno javlja i po nekoliko slučajeva drugih kontaminiranih žitarica (kukuruz, heljda, kus kus, rižino brašno te laneno brašno). Nadalje, 2022. godine dolazi do izraženog skoka u broju obavijesti, vezanih za aflatoksin u riži, na čak 48, pri čemu se aflatoksin pronalazi još i u heljdi, kus kusu, prosenom brašnu, rižinom brašnu, kukuruznoj krupici, pirovom brašnu, pšenici, te u mješavini prosa, kukuruza i baobaba.

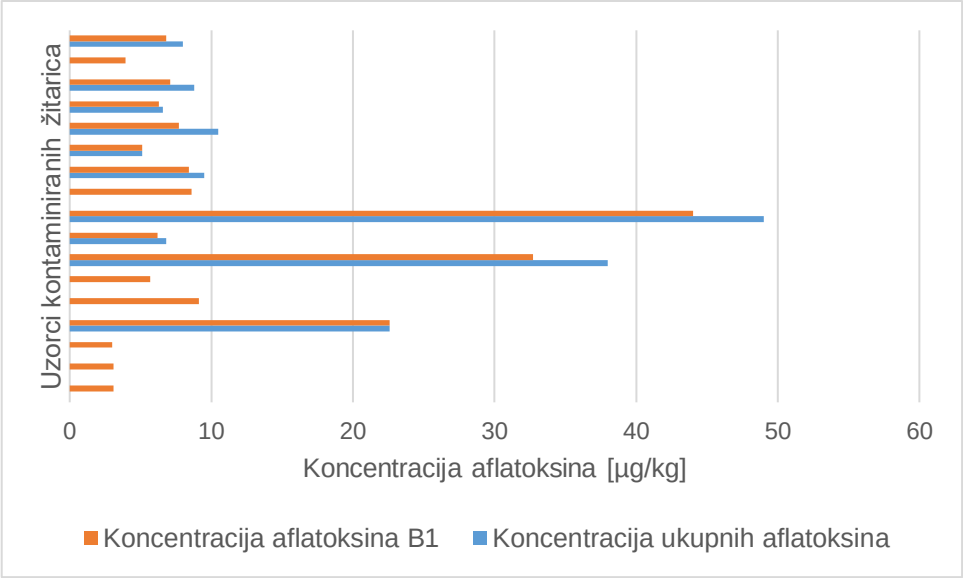
Slike 11, 12 i 13 prikazuju maksimalne vrijednosti koncentracija ukupnih aflatoksina (zbroj B1, B2, G1 i G2) i aflatoksina B1 izmjerenih u žitaricama i pekarskim proizvodima tijekom 2020., 2021. i 2022. godine. Prema Uredbi (EZ) 1881/2006 najveće dopuštene vrijednosti

ukupnih aflatoksina u svim žitaricama i svim proizvodima od žitarica, uključujući prerađene proizvode na bazi žitarica (osim hrane za dojenčad i hrane za posebne medicinske potrebe) iznosi 4 µg/kg, a aflatoksina B1 2 µg/kg.



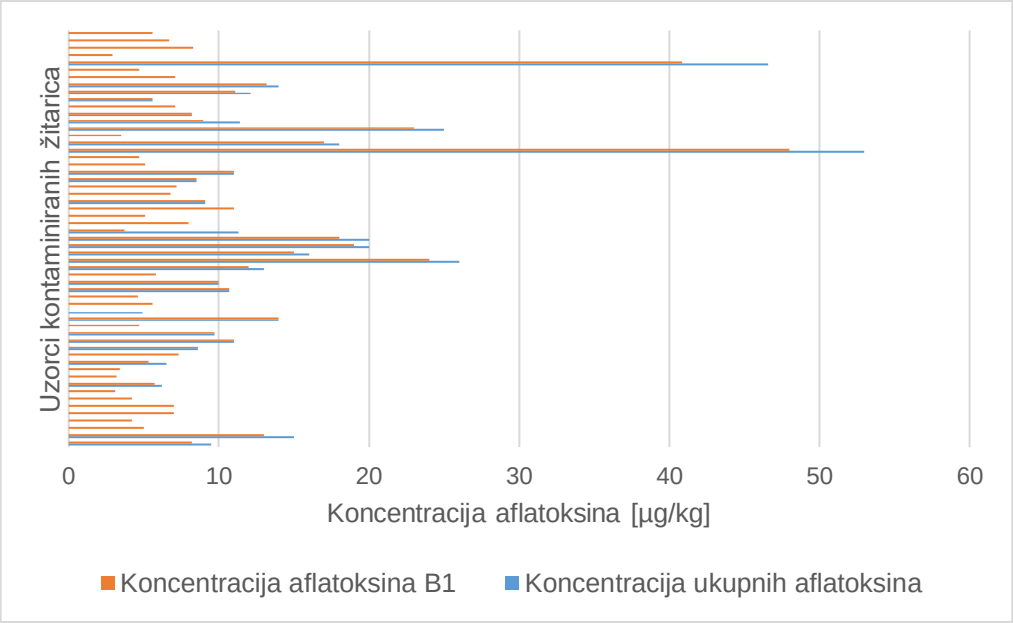
Slika 11. Grafički prikaz koncentracija ukupnih aflatoksina i aflatoksina B1 u žitaricama i pekarskim proizvodima izmjerenih tijekom 2020. godine

Iz slike 11 vidljivo je da većina uzoraka ne premašuje koncentraciju od 10 µg/kg aflatoksina. Najveća količina aflatoksina B1 pronađena je u Švedskoj u uzorku riže iz Kambodže i iznosila je 20,6 µg/kg, što je 10 puta više od dozvoljene vrijednosti. Samo usporedbe radi, iste godine najveća izmjerena koncentracija aflatoksina B1 bila je u uzorku suhih smokava iz Turske, te je iznosila 822 µg/kg, što je više od 400 puta veća vrijednost od dozvoljene (2 µg/kg).



Slika 12. Grafički prikaz koncentracija ukupnih aflatoksina i aflatoksina B1 u žitaricama i pekarskim proizvodima izmjerenih tijekom 2021. godine

Iz slike 12 vidljivo je da većina izmjerenih koncentracija aflatoksina ne prelazi 10 µg/kg. Najveća izmjerena koncentracija ukupnih aflatoksina bila je 49 µg/kg, od čega 44 µg/kg aflatoksina B1. Navedeno je otkriveno u Nizozemskoj u uzorku riže podrijetlom iz Pakistana. Ovaj uzorak sadrži duplo veću koncentraciju aflatoksina od najveće vrijednosti izmjerene tijekom 2020. godine. Također, 2021. godine proizvod s najvišom koncentracijom aflatoksina bile su pistacije podrijetlom iz Irana, gdje je izmjereno 1064 µg/kg aflatoksina B1, što je više od 500 puta prekoračena maksimalna dozvoljena vrijednost (2 µg/kg).



Slika 13. Grafički prikaz koncentracija ukupnih aflatoksina i aflatoksina B1 u žitaricama i pekarskim proizvodima izmjerenih tijekom 2022. godine

Iz slike 13 je, također, vidljivo da u većini uzoraka vrijednost aflatoksina ne prelazi 10 µg/kg. Najveća izmjerena koncentracija ukupnih aflatoksina bila je u uzorku riže iz Pakistana, te je iznosila 53 µg/kg, od čega je 48 µg/kg aflatoksina B1. Navedeno mjerenje je obavljeno u Nizozemskoj. Uzorci analizirani tijekom 2022. godine ne bilježe rast u maksimalnim vrijednostima aflatoksina, no bilježe značajan rast po broju kontaminiranih uzoraka (s manje od 10 na više od 50).

4.3.4. Bilje i začini s povišenim vrijednostima aflatoksina

Tablica 9. Prikaz poretka bilja i začina prema ukupnom udjelu u obavijestima

Vrsta hrane	2020.		2021.		2022.		Ukupno	
	Broj obavijesti	Udio [%]	Broj obavijesti	Udio [%]	Broj obavijesti	Udio [%]	Broj obavijesti	Udio [%]
čili	14	51,85	4	17,39	3	13,64	21	29,17
mješavina začina	5	18,52	5	21,74	5	22,73	15	20,83
muškatni oraščić	1	3,70	7	30,43	7	31,82	15	20,83
đumbir	1	3,70	1	4,35	2	9,09	4	5,56

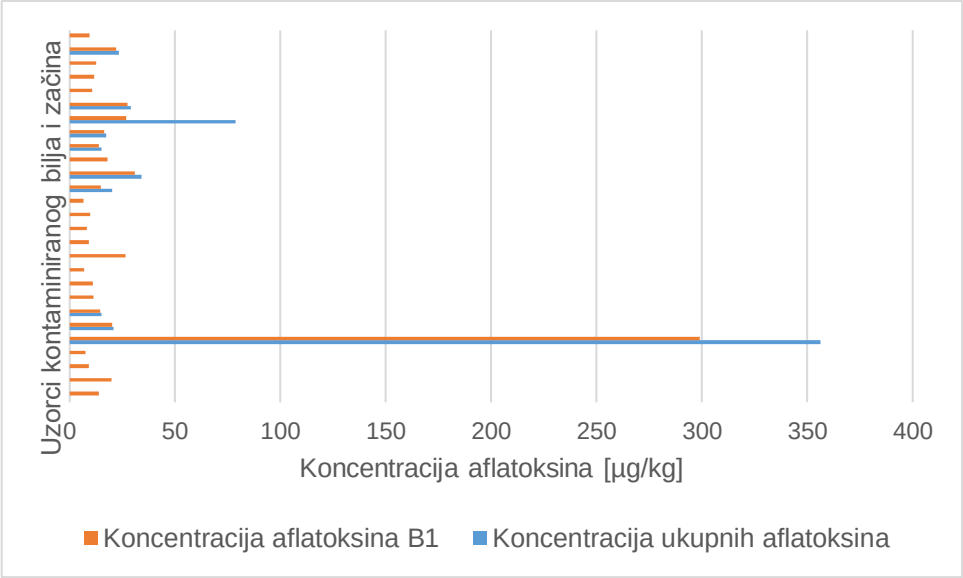
Tablica 9. Prikaz poretka bilja i začina prema ukupnom udjelu u obavijestima - *nastavak*

curry	1	3,70	1	4,35	1	4,55	3	4,17
kurkuma	0	0	2	8,70	1	4,55	3	4,17
papar	2	7,41	1	4,35	0	0	3	4,17
paprika	1	3,70	1	4,35	1	4,55	3	4,17
barbare začin	1	3,70	0	0	0	0	1	1,39
kajanski papar	0	0	1	4,35	0	0	1	1,39
maca prah	0	0	0	0	1	4,55	1	1,39
riblja masala začin	1	3,70	0	0	0	0	1	1,39
tonka	0	0	0	0	1	4,55	1	1,39
Ukupno	27	100	23	100	22	100	72	100

Tablica 9 prikazuje poredak različitih vrsta hrane u kategoriji bilja i začina prema ukupnom udjelu u obavijestima o kontaminaciji aflatoksinom. Ukupno, gotovo 30 % obavijesti otpada na one o kontaminiranom čiliju. No, 2020. godine isti je premašivao 50 %, te se radilo o 14 uzoraka čilija. Tijekom sljedećih godina taj broj naglo pada na 4 uzorka u 2021., te 3 u 2022. godini. 2020. godine aflatoksini je pronađen još i u različitim mješavinama začina, muškatnom oraščiću, džumbiru, *curry*-ju, papru, papriki, barbare začinu te u začinu riblje masale.

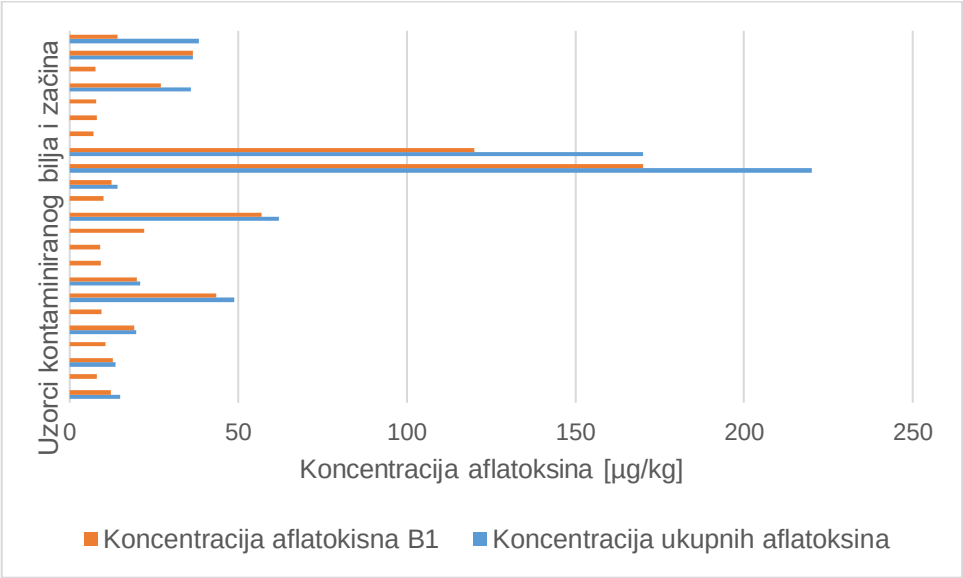
Ukupno gledajući, broj obavijesti u kategoriji bilja i začina je manje-više stalan, odnosno kreće se između 20 i 30 kontaminiranih uzoraka godišnje.

Slike 14, 15 i 16 prikazuju maksimalne vrijednosti koncentracija ukupnih aflatoksina (zbroj B1, B2, G1 i G2) i aflatoksina B1 izmjerenih u bilju i začinima tijekom 2020., 2021. i 2022. godine. Prema Uredbi (EZ) 1881/2006 najveće dopuštene vrijednosti ukupnih aflatoksina u sljedećim vrstama začina: *Capsicum* spp. (sušeni plodovi, cijeli ili samljeveni, uključujući čili, čili u prahu, feferone (kajensku papriku) i papričicu), *Piper* spp. (plodovi, uključujući bijeli i crni papar), *Myristica fragrans* (muškatni oraščić), *Zingiber officinale* (đumbir) i *Curcuma longa* (kurkuma) - iznosi 10 µg/kg, a aflatoksina B1 5 µg/kg.



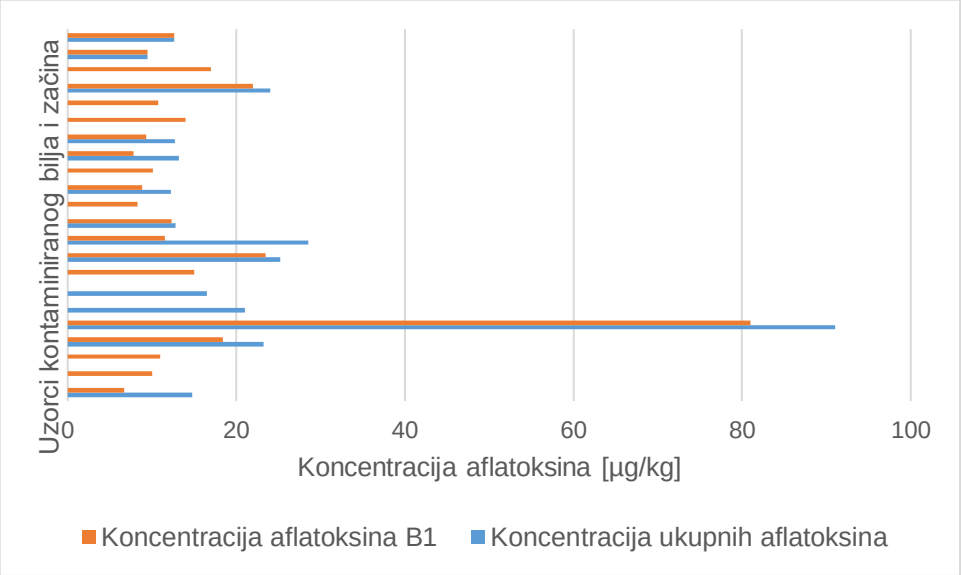
Slika 14. Grafički prikaz koncentracija ukupnih aflatoksina i aflatoksina B1 u bilju i začinima izmjerenih tijekom 2020. godine

Iz slike 14 vidljivo je da je u većini kontaminiranih uzoraka izmjerena koncentracija manja od 30 µg/kg. No jedan uzorak izuzetno odskače. Radi se o papru iz Gane, u kojem je u Ujedinjenom Kraljevstvu izmjerena koncentracija ukupnih aflatoksina od 356,2 µg/kg, od čega je 299 µg/kg aflatoksina B1, što je, za ukupne aflatoksine, količina 30 puta veća od dozvoljene (10 µg/kg) , a za aflatoksin B1 čak 60 puta veća (5 µg/kg).



Slika 15. Grafički prikaz koncentracija ukupnih aflatoksina i aflatoksina B1 u bilju i začinima izmjerenih tijekom 2021. godine

Iz slike 15 vidljivo je da većina kontaminiranih uzoraka sadrži količine aflatoksina manje od 50 µg/kg. Najveća koncentracija ukupnih aflatoksina utvrđena je analizom u Nizozemskoj u uzorku muškatnog oraščića podrijetlom iz Indonezije, te je iznosila 220 µg/kg, od čega je 170 µg/kg aflatoksina B1.



Slika 16. Grafički prikaz koncentracija ukupnih aflatoksina i aflatoksina B1 u bilju i začinima izmjerenih tijekom 2022. godine

Iz slike 16 vidljivo je da samo jedan uzorak sadrži koncentraciju aflatoksina veću od 30 µg/kg. Ta vrijednost je utvrđena u Nizozemskoj analizom uzorka muškatnog oraščića podrijetlom iz Indonezije, te je iznosila 91 µg/kg za ukupne aflatoksine i 81 µg/kg aflatoksina B1.

4.3.5. Hrana za životinje s povišenim vrijednostima aflatoksina

Tablica 10. Prikaz poretka hrane za životinje prema ukupnom udjelu u obavijestima

Vrsta hrane	2020.		2021.		2022.		Ukupno	
	Broj obavijesti	Udio [%]	Broj obavijesti	Udio [%]	Broj obavijesti	Udio [%]	Broj obavijesti	Udio [%]
kikiriki	16	94,12	6	60,00	6	54,55	28	73,68
kukuruzni gluten	0	0	1	10,00	1	9,09	2	5,26
proso	0	0	2	20,00	0	0	2	5,26
rižino brašno	1	5,88	0	0	1	9,09	2	5,26

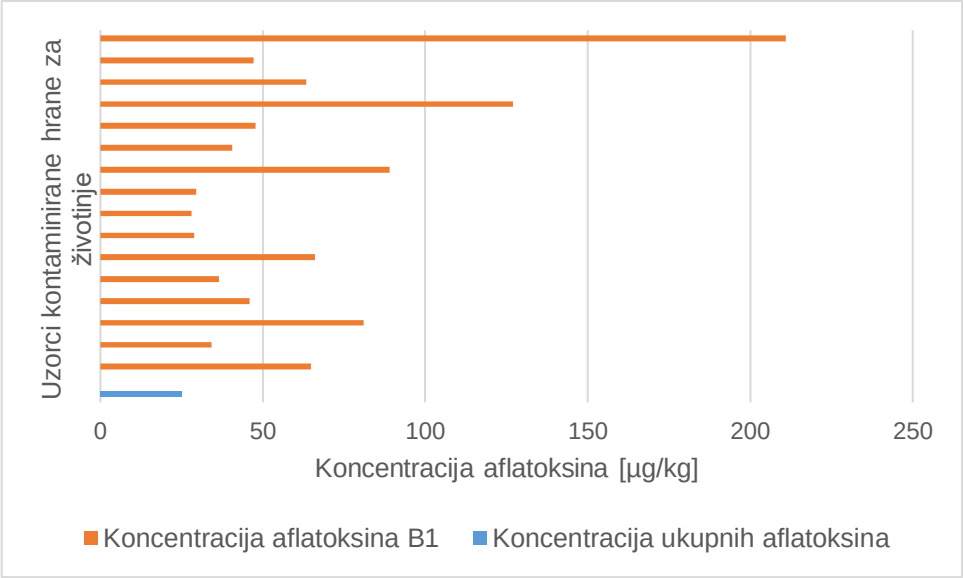
Tablica 10. Prikaz poretka hrane za životinje prema ukupnom udjelu u obavijestima - *nastavak*

sjemenke suncokreta	0	0	1	10,00	1	9,09	2	5,26
pamučno brašno	0	0	0	0	1	9,09	1	2,63
riža	0	0	0	0	1	9,09	1	2,63
Ukupno	17	100	10	100	11	100	38	100

Tablica 10 prikazuje poredak različitih vrsta hrane u kategoriji hrane za životinje prema ukupnom udjelu u obavijestima o kontaminaciji aflatoksinom. Ukupno, više od 70 % obavijesti otpada na one o kontaminiranom kikirikiju za životinje, no zapravo se radi o svega 28 obavijesti. 2020. godine otkriveno je 16 uzoraka kontaminiranih kikirikija za životinje (94,12 %) te jedan uzorak rižinog brašna. Zatim, 2021. godine bilježi se pad obavijesti u kategoriji hrane za životinje, te je otkriveno samo 6 kontaminiranih uzoraka kikirikija za životinje (60 %). Ostalih 40 % otpada na proso (2 uzorka), kukuruzni gluten (1), te sjemenke suncokreta (1). 2022. godina nastavlja trend iz 2021., te je tako otkriveno 6 uzoraka aflatoksinom kontaminiranih kikirikija i po jedan uzorak kukuruznog glutena, rižinog brašna, sjemenki suncokreta, pamučnog brašna i riže.

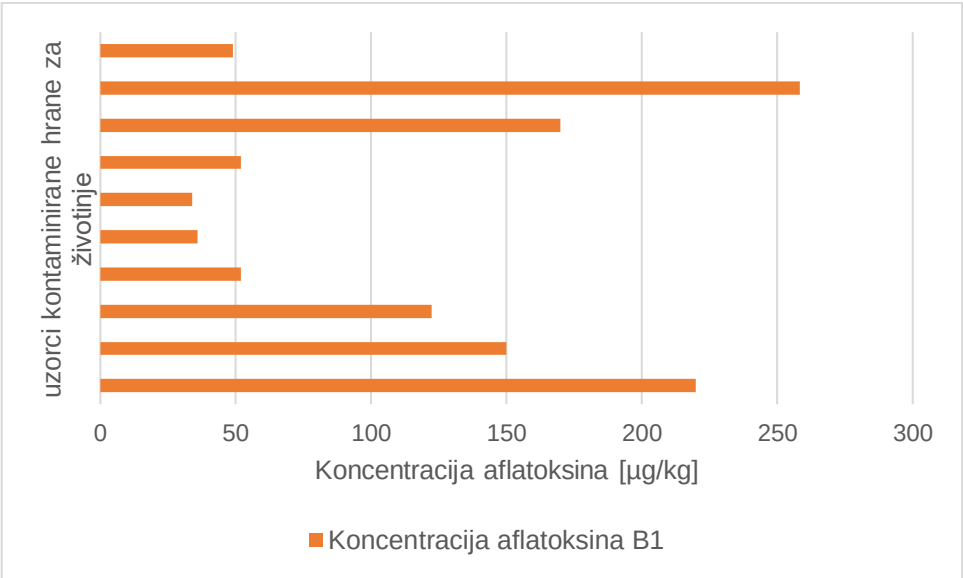
Ukupno gledajući, broj obavijesti u kategoriji hrane za životinje kreće se između 10 i 20, odnosno 3 do 5 % ukupnog broja obavijesti vezanih za kontaminaciju aflatoksinom. No, s obzirom da RASFF sustav objavljuje samo obavijesti koje imaju za svrhu opoziv i povlačenje proizvoda, ovim podaci nisu reprezentativni. Poznato je da stočari, iz godine u godinu, imaju sve više problema s pojavom mikotoksina, a napose aflatoksina B1 u potpunom obroku za mliječne krave. Takvi podaci nisu javno dostupi, već samo u sklopu određenih istraživanja. Tako postoji Alltechovo istraživanje, koje navodi da je u 2020. godini na području Europe u 7 % uzoraka ljetne žetve pronađen aflatoksin B1, no samo 0,36 % uzoraka prešlo je dopuštenu koncentraciju aflatoksina B1 (20 µg/kg) u sastojcima stočne hrane (Uredba Komisije (EU) br. 574/2011) (Borutova, 2020). 2021. godine 4,2 % uzoraka premašuje dozvoljeno koncentraciju aflatoksina (Alltech, 2021), a 2022. godine taj udio raste na više od 6 %. Takvi rezultati se pripisuju sve toplijem vremenu i ekstremnim toplinskim uvjetima tijekom glavne vegetacijske sezone (Borutova, 2022).

Slike 17, 18 i 19 prikazuju maksimalne vrijednosti koncentracija ukupnih aflatoksina (zbroj B1, B2, G1 i G2) i aflatoksina B1 izmjerenih u hrani za životinje tijekom 2020., 2021. i 2022. godine. Prema Uredbi (EZ) 574/2011 najveće dopuštene vrijednosti aflatoksina B1 u svoj hrani za životinje iznose 20 µg/kg, dok je na 5 µg/kg ograničeno u krmivu koje se koristi za hranidbu mliječnih krava.



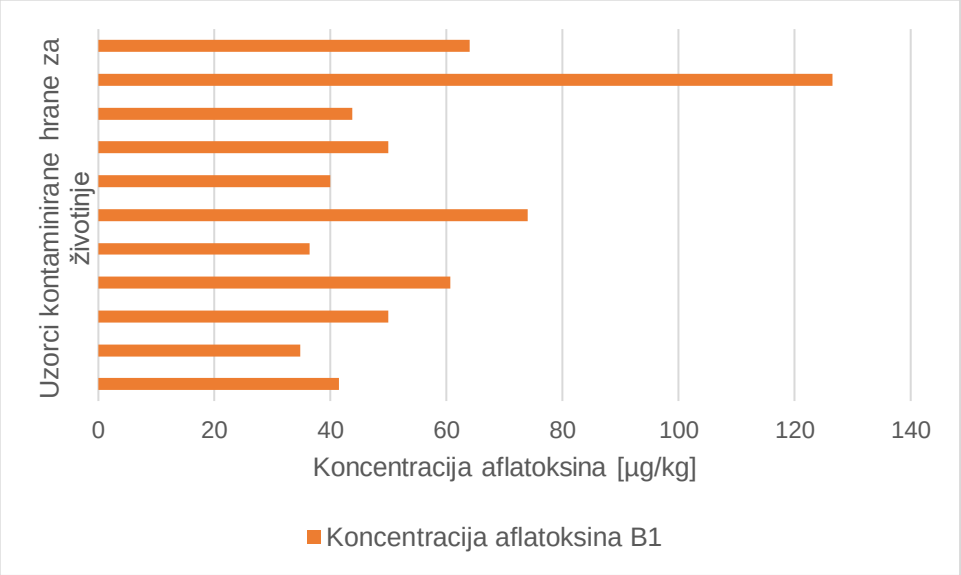
Slika 17. Grafički prikaz koncentracija ukupnih aflatoksina i aflatoksina B1 u hrani za životinje izmjerenih tijekom 2020. godine

Iz slike 17 vidljivo je da većina kontaminiranih uzoraka sadrži količine aflatoksina manje od 100 µg/kg. Najveća koncentracija aflatoksina B1 utvrđena je analizom u Belgiji u uzorku kikirikija namijenjenog za prehranu životinja podrijetlom iz Indije, te je iznosila 211 µg/kg, što je 10 puta više od dozvoljenog (20 µg/kg).



Slika 18. Grafički prikaz koncentracija ukupnih aflatoksina i aflatoksina B1 u hrani za životinje izmjerenih tijekom 2021. godine

Iz slike 18 vidljivo je da većina kontaminiranih uzoraka sadrži količine aflatoksina B1 između 50 i 200 µg/kg. Najveća koncentracija aflatoksina B1 utvrđena je analizom u Njemačkoj u uzorku kikirikija namijenjenog za prehranu životinja podrijetlom iz SAD-a, te je iznosila 258,3 µg/kg, što je 10 puta više od dozvoljenog (20 µg/kg).



Slika 19. Grafički prikaz koncentracija ukupnih aflatoksina i aflatoksina B1 u hrani za životinje izmjerenih tijekom 2021. godine

Iz slike 19 vidljivo je da većina kontaminiranih uzoraka sadrži količine aflatoksina B1 manje od 60 µg/kg. Najveća koncentracija aflatoksina B1 utvrđena je analizom u Španjolskoj u uzorku rižinog brašna namijenjenog za prehranu životinja podrijetlom iz Pakistana, te je iznosila 126,51 µg/kg, što je 6 puta više od dozvoljenog (20 µg/kg).

Iz ovih godišnjih pregleda je vidljivo da su tijekom 2021. godine zabilježene veće koncentracije aflatoksina, što se pripisuje suše koja je negativno utjecala na kvalitetu usjeva.

4.3.6. Ostale vrste hrane (kategorije) s povišenim vrijednostima aflatoksina

Tablica 11. Prikaz poretka ostalih kategorija prema ukupnom udjelu u obavijestima

Kategorija hrane	Vrsta hrane	2020.		2021.		2022.	
		Broj obavijesti	Udio [%]	Broj obavijesti	Udio [%]	Broj obavijesti	Udio [%]
slatkiši	bomboni od kikirikija	1	50,00	2	100,00	0	0
	halva od kikirikija	1	50,00	0	0	0	0
	halva s pistacijama	0	0	0	0	1	100,00
kakao i kakaovi proizvodi, kava i čaj	kakao	0	0	1	100,00	0	0
Ostali prehrambeni proizvodi	pasta za sladoled	0	0	1	100,00	0	0
Sladoledi i deserti	sladoled	0	0	1	100,00	0	0

Tablica 11. Prikaz poretka ostalih kategorija prema ukupnom udjelu u obavijestima - *nastavak*

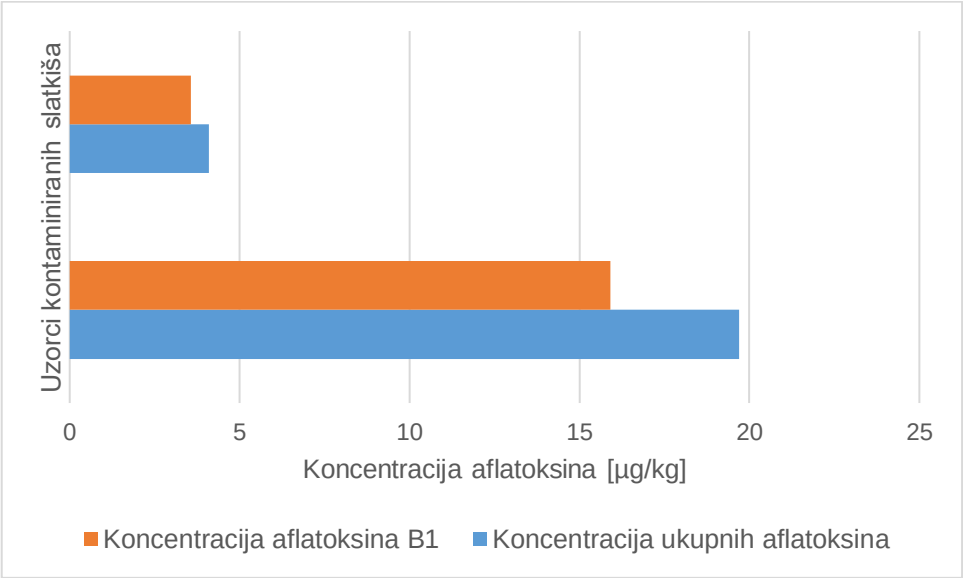
Kategorija hrane	Vrsta hrane	Ukupno Broj obavijesti	Udio [%]
slatkiši	bomboni od kikirikija	3	60,00
	halva od kikirikija	1	20,00
	halva s pistacijama	1	20,00
kakao i kakaovi proizvodi, kava i čaj	kakao	1	100,00
Ostali prehrambeni proizvodi	pasta za sladoled	1	100,00
Sladoledi i deserti	sladoled	1	100,00

Tablica 11 prikazuje poredak različitih vrsta hrane u ostalim kategorijama (slatkiši; kakao, kakaovi proizvodi, kava i čaj; ostali prehrambeni proizvodi; te sladoledi i deserti) prema ukupnom udjelu u obavijestima o kontaminaciji aflatoksinom. 2020. godine, od navedenih kategorija, jedino je u kategoriji slatkiša pronađen aflatoksin, i to po jedan uzorak bombona od kikirikija i halve od kikirikija. Zatim, 2021. godine je u svim kategorijama pronađen aflatoksin. U kategoriji slatkiša dva su uzorka bombona od kikirikija bila kontaminirana. U kategoriji kakaa, kakovih proizvoda, kave i čaja otkriven je aflatoksin u jednom uzorku kakaa. U kategoriji ostalih

prehrambenih proizvoda, aflatoksin je pronađen u pasti za sladoled, te je, također, pronađen i u jednom uzorku sladoleda (kategorija: sladoledi i deserti). 2022. godine, ponovo, aflatoksin se pojavljuje samo u kategoriji slatkiša, u uzorku halve s pistacijama.

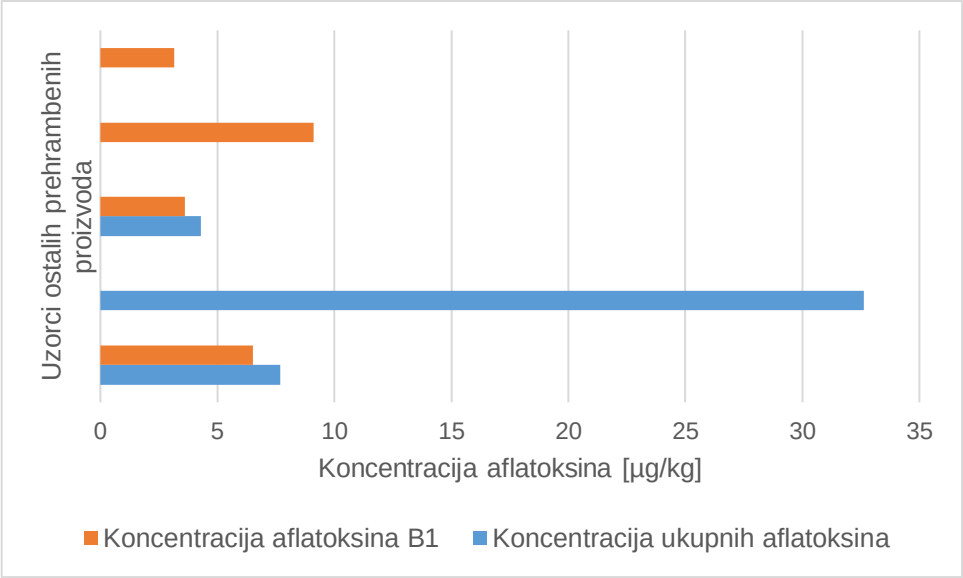
Ukupno gledajući, ove kategorije zauzimaju manje od 1 % obavijesti o hrani kontaminiranoj aflatoksinom.

Slike 20, 21 i 22 prikazuju maksimalne vrijednosti koncentracija ukupnih aflatoksina (zbroj B1, B2, G1 i G2) i aflatoksina B1 izmjerenih u ostalim kategorijama (slatkiši; kakao, kakaovi proizvodi, kava i čaj; ostali prehrambeni proizvodi; te sladoledi i deserti) tijekom 2020., 2021. i 2022. godine. Prema Uredbi (EZ) 1881/2006 najveće dopuštene vrijednosti ukupnih aflatoksina u prerađenim proizvodima namijenjenima za izravnu prehranu ljudi iznosi 4 µg/kg, a aflatoksina B1 2 µg/kg.



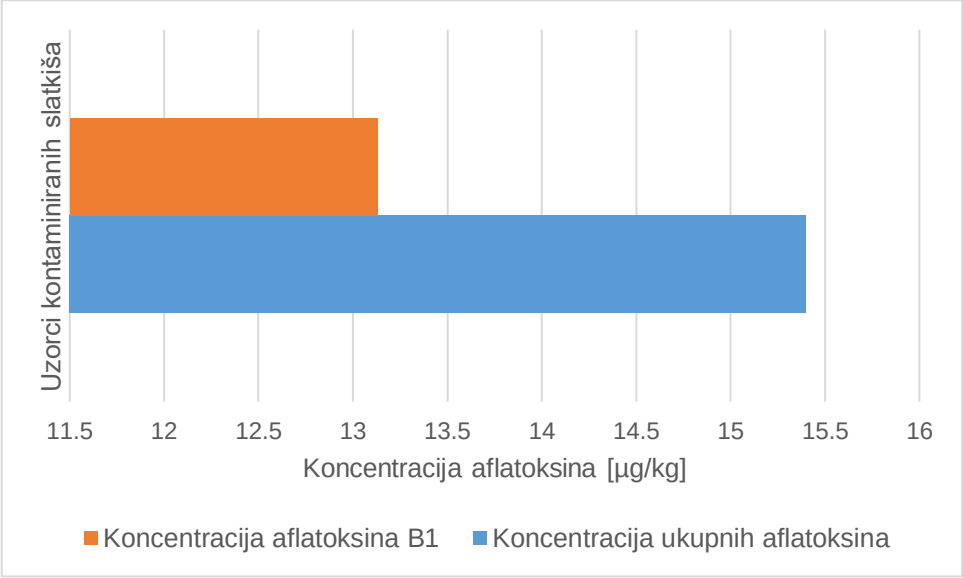
Slika 20. Grafički prikaz koncentracija ukupnih aflatoksina i aflatoksina B1 u slatkišima izmjerenih tijekom 2020. godine

Slika 20 prikazuje jedina dva uzorka s povišenim vrijednostima aflatoksina iz kategorije slatkiša otkrivena tijekom 2020. godine. Najveća koncentracija ukupnih aflatoksina utvrđena je analizom u Litvi u uzorku halve od kikirikija podrijetlom iz Ukrajine, te je iznosila 19,7 µg/kg, od čega je 15,9 aflatoksina B1.



Slika 21. Grafički prikaz koncentracija ukupnih aflatoksina i aflatoksina B1 u ostalim kategorijama izmjerenih tijekom 2021. godine

Iz slike 21 je vidljivo da većina uzoraka sadrži koncentraciju aflatoksina manju od 10 µg/kg. Najveća koncentracija ukupnih aflatoksina utvrđena je analizom u Italiji u uzorku paste za sladoled (kategorija ostalih prehrambenih proizvoda) podrijetlom, također, iz Italije, te je iznosila 32,64 µg/kg.



Slika 22. Grafički prikaz koncentracija ukupnih aflatoksina i aflatoksina B1 u slatkišima izmjerenih tijekom 2022. godine

Slika 22 prikazuje jedini kontaminirani uzorak pronađen tijekom 2022. godine u kategoriji slatkiša. U ostalim kategorijama (kakao, kakaovi proizvodi, kava i čaj; ostali prehrambeni proizvodi; te sladoledi i deserti) nije pronađen niti jedan uzorak s koncentracijom aflatoksina višom od dopuštene. Prikazana koncentracija aflatoksina izmjerena je analizom u Njemačkoj u uzorku halve s pistacijama podrijetlom iz Turske, te je iznosila 15,4 µg/kg, od čega je 13,13 µg/kg aflatoksina B1.

4.4. *GPT CHAT*

S obzirom na popularnost *GPT chat*-a, kao internetskog alata, bilo je vrlo interesantno iskoristiti njegove mogućnosti te kroz postavljena pitanja vidjeti može li i on potvrditi zaključke proizašle iz rezultata. Interes je stavljen na konkretne zaključke kako bi se uvidjelo prepoznaje li *GPT chat* vrijednost RASFF sustava te uključuje li podatke iz sustava u svoje odgovore.

1. pitanje: Prema obavijestima u RASFF sustavu, koji su proizvodi najčešće kontaminirani aflatoksinom?

odgovor: Prema informacijama RASFF-a (Sustav brzog uzbunjivanja za hranu i hranu za životinje), proizvodi koji su najčešće kontaminirani aflatoksinom obično uključuju:

1. Orašaste plodove: kikiriki i orašasti plodovi (kao što su bademi i pistacije) često se navode zbog njihove osjetljivosti na kontaminaciju aflatoksinom.

2. Suho voće: proizvodi poput smokava i grožđica često pokazuju kontaminaciju.

3. Žitarice: kukuruz (kukuruz) je čest izvor obavijesti o aflatoksinima, osobito kada se nepropisno skladišti.

4. Začine: za određene začine, uključujući čili u prahu i kurkumu, prijavljeno je da su kontaminirani aflatoksinom.

5. Hranu za životinje: Kontaminacija u hrani za životinje može dovesti do prisutnosti aflatoksina u životinjskim proizvodima poput mlijeka i mesa.

Ovi se proizvodi pomno prate zbog zdravstvenih rizika povezanih s izloženošću aflatoksinu, a RASFF obavijesti pomažu u osiguravanju sigurnosti hrane diljem Europe. Za najnovije i specifične podatke, preporučljivo je izravno konzultirati najnovija RASFF izvješća.

2. pitanje: Zašto se najveći broj RASFF obavijesti odnosi na aflatoksine u kikirikiju?

odgovor: Razlog zašto se većina RASFF obavijesti odnosi na aflatoksine u kikirikiju je taj što je kikiriki posebno osjetljiv na kontaminaciju aflatoksinima. Aflatoksini su prirodni toksini koje proizvode određene plijesni koje mogu rasti na usjevima poput kikirikija, posebno u toplim i vlažnim uvjetima. Zbog potencijalnih zdravstvenih rizika postoji visoka razina praćenja i izvješćivanja o kontaminaciji kikirikija aflatoksinom kako bi se osigurala sigurnost hrane.

3. pitanje: Zašto najviše proizvoda kontaminiranih aflatoksinom dolazi iz Turske?

odgovor: Žao mi je, ali ne mogu dati točne informacije o tome zašto većina proizvoda kontaminiranih aflatoksinom dolazi upravo iz Turske. Kontaminacija aflatoksinom može se pojaviti u različitim regijama diljem svijeta, a čimbenici kao što su klima, poljoprivredna praksa i uvjeti skladištenja mogu doprinijeti prisutnosti aflatoksina u proizvodima. Važno je pridržavati se odgovarajućih mjera i propisa za sigurnost hrane kako bi se smanjio rizik od kontaminacije proizvoda aflatoksinom.

4. pitanje: Misliš li da bi se lakše spoznali razlozi kontaminacija aflatoksinom da postoje detaljnije informacije o podrijetlu hrane, poput vrste tla, insolacije, korištenja pesticida, vlažnosti zraka za vrijeme uzgoja?

odgovor: Da, posjedovanje detaljnijih informacija o podrijetlu hrane, poput vrste tla, insolacije, upotrebe pesticida i vlažnosti zraka tijekom uzgoja, definitivno može pomoći u razumijevanju razloga kontaminacije aflatoksinom. Svi ovi čimbenici mogu igrati ulogu u rastu plijesni koje proizvode aflatoksin i posljedičnoj kontaminaciji prehrambenih proizvoda. Analizirajući ove specifične detalje, istraživači i stručnjaci za sigurnost hrane mogu bolje identificirati i riješiti potencijalne čimbenike rizika za kontaminaciju aflatoksinom, što u konačnici dovodi do učinkovitije prevencije i mjera kontrole.

5. pitanje: Prijavljuju li Nizozemska i Njemačka najviše kontaminacija aflatoksinom?

odgovor: Nizozemska i Njemačka doista su prijavile probleme povezane s kontaminacijom aflatoksinima, posebice u uvezenim prehrambenim proizvodima. Te zemlje aktivno prate sigurnost hrane i imaju uspostavljene sustave za otkrivanje i upravljanje razinama aflatoksina u raznim proizvodima.

U Njemačkoj su objavljena upozorenja o kontaminaciji aflatoksinom u proizvodima poput orašastih plodova, suhog voća i žitarica. Slično tome, Nizozemska je prijavila slučajeve aflatoksina u uvezenim proizvodima, posebno iz regija u kojima je kontaminacija aflatoksinom učestalija.

Obje zemlje ozbiljno shvaćaju sigurnost hrane i rade na tome da kontaminirani proizvodi ne dospiju do potrošača, često surađujući s međunarodnim organizacijama za sigurnost hrane na rješavanju ovih problema.

6. pitanje: Zašto Nizozemska i Njemačka imaju najviše RASFF obavijesti?

odgovor: Razlog zašto Nizozemska i Njemačka imaju najviše RASFF obavijesti su njihovi robusni sustavi sigurnosti hrane i strogi procesi praćenja. Ove zemlje imaju snažna regulatorna tijela koja aktivno prate i prijavljuju sve potencijalne rizike ili probleme povezane sa sigurnošću hrane i hrane za životinje. Zbog toga mogu imati veći broj obavijesti u usporedbi s drugim zemljama. Važno je napomenuti da su sve obavijesti proaktivna mjera za osiguranje sigurnosti potrošača i brzo rješavanje svih potencijalnih rizika u lancu opskrbe hranom.

5. pitanje: Je li moguće da je broj obavijesti povezan s kontrolom na granici, a poznato je da uvoze najviše orašastih plodova koji imaju probleme s aflatoksinom?

odgovor: Da, moguće je da bi veliki broj RASFF obavijesti u zemljama poput Nizozemske i Njemačke mogao biti povezan s njihovim mjerama granične kontrole i količinom uvezenih orašastih plodova koji imaju problema s aflatoksinima. Te zemlje mogu imati stroge procedure granične kontrole za otkrivanje i rješavanje problema sa sigurnošću hrane, što dovodi do većeg broja obavijesti. Osim toga, ako je poznato da te zemlje uvoze značajnu količinu orašastih plodova koji su skloni kontaminaciji aflatoksinom, to bi također moglo pridonijeti većem broju prijava. Važno je da zemlje imaju snažne mjere nadzora i kontrole kako bi osigurale sigurnost uvezenih prehrambenih proizvoda i zaštitile javno zdravlje.

6. pitanje: Je li porast broja obavijesti vezanih za aflatoksine u RASFF sustavu pokazatelj sve opasnije hrane ili napredovanja sustava?

odgovor: Povećanje broja dojava vezanih uz aflatoksine u RASFF sustavu više se može promatrati kao pozitivan pokazatelj napretka sustava nego kao pokazatelj sve opasnije hrane. Ovo povećanje može odražavati poboljšanja u mogućnostima praćenja i otkrivanja sigurnosti hrane, kao i veću svijest i budnost u prepoznavanju potencijalnih rizika. Otkrivanjem i

prijavljivanjem kontaminacije aflatoksinom putem RASFF obavijesti, vlasti mogu poduzeti brzu akciju za uklanjanje nesigurnih proizvoda s tržišta i zaštitu javnog zdravlja. Stoga se povećanje broja obavijesti povezanih s aflatoksinima može smatrati znakom učinkovitosti sustava u rješavanju pitanja sigurnosti hrane, a ne odrazom pogoršanja situacije u vezi sa sigurnošću hrane.

Na temelju dobivenih odgovora vidi se da su zaključci vrlo slični, no u radu su prikazani kao specifični primjeri temeljeni na konkretnim obavijestima, tj. slučajevima i rezultatima, dok GPT chat daje općenite odgovore, tj. zaključke.

5. ZAKLJUČCI

1. Na hranu se odnosi 97 % RASFF obavijesti, te 3 % na hranu za životinje. Broj obavijesti i povlačenja nesukladnih proizvoda, uglavnom orašastih plodova (kikirikija, pistacija, lješnjaka) i sušenog voća (suhih smokava) kontaminiranih aflatoksinom, povećava se (ili ostaje na istim razinama) iz godine u godinu (od 2020. do 2022. godine). Više od 65 % obavijesti odnosi se na kontaminirane orašaste plodove, proizvode od orašastih plodova i sjemenke, a od toga je više od 50 % kontaminiranog kikirikija.
2. RASFF je izvijestio o 1105 obavijesti o kontaminaciji u hrani i hrani za životinje aflatoksinom tijekom godina od 2020. do 2022. Od toga je 243 obavijesti o kontaminiranim proizvodima podrijetlom iz Turske, odnosno svaki peti kontaminirani proizvod (22 %).
3. Nizozemska je zemlja koja je prijavila gotovo svaki treći aflatoksinom kontaminirani proizvod (381 slučaj), dok je Njemačka prijavila 228 slučajeva. Ove dvije države provele su više od 50 % svih analiza koje su pokazale prekomjerne količine aflatoksina, dok druga polovica prijavljenih slučajeva dolazi iz preostalih 26 zemalja. Glavni razlog je značajan uvoz u navedene zemlje te pojačana kontrola hrane na granici.
4. Godine 2020. prijavljeno je 330 slučajeva kontaminacije hrane i hrane za životinje aflatoksinom, 2021. godine 366, a 2022. godine 409 slučajeva, što je rast za više od 10 % godišnje. Osim što je navedeno pokazatelj porasta učestalosti kontaminacija, smatra se da je i pokazatelj napredovanja samog sustava, odnosno ispravne upotrebe sustava i visoke razine suradnje među zemljama članicama.

6. LITERATURA

Alltech (2021) Pregled europske žetve za 2021. - Alltech Hrvatska d.o.o., Zagreb, https://www.alltech.com/sites/default/files/2021%20EU%20Harvest%20Analysis/2021%20Alltech%20European%20Harvest%20Analysis%20Report%20-%20CROATIA.pdf. Pristupljeno 17. rujna 2023.

Alshannaq A, Yu J-H (2017) Occurrence, toxicity, and analysis of major mycotoxins in food. *Int J Environ Res Public Health*, 14, 632, https://doi.org/10.3390/ijerph14060632.

Battilani P, Toscano P, Van der Fels-Klerx HJ, Moretti A, Camardo Leggieri M, Brera C i sur. (2016) Aflatoxin B1 contamination in maize in Europe increases due to climate change. *Scientific Reports*, 6, 24328, https://doi.org/10.1038/srep24328.

Bennett JW, Klich M (2003) Mycotoxins. *Clin Microbiol Rev*, 16, 497–516, https://doi.org/10.1128/CMR.16.3.497-516.2003.

Boevre M, Mavungu JD, Landshchoot S, Audenaert K, Eeckhout M, Maene P (2012) Natural occurrence of mycotoxins and their masked forms in food and feed products. *World Mycotoxin J.*, 5, 207–219, https://doi.org/10.3920/WMJ2012.1410.

Borutova R (2020) Alltechov pregled europske ljetne žetve 2020. - Veterinarsko javno zdravstvo, https://veterina.com.hr/alltechov-pregled-europske-ljetne-zetve-2020/. Pristupljeno 17. rujna 2023.

Borutova R (2022) Alltechov pregled europske žetve za 2022. godinu - Veterinarsko javno zdravstvo, https://veterina.com.hr/alltechov-pregled-europske-zetve-za-2022-godinu/. Pristupljeno 17. rujna 2023.

Chat GPT, https://chatg-pt.org. Pristupljeno 20. studenog 2023.

ChemSpider, http://www.chemspider.com/. Pristupljeno 2. kolovoza 2023.

Europska unija (2022) 2021 annual report, Alert and cooperation network - Publications Office of the European Union, Luxembourg, https://food.ec.europa.eu/system/files/2022-07/acn_annual-report_2021-final.pdf. Pristupljeno 20. rujna 2023.

FAO/WHO (Food and Agriculture Organization of the United Nations/World Health Organization) (2018) Aflatoxins. Safety evaluation of certain contaminants in food: prepared by the eighty-third meeting of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA), WHO Food Additives Series, 74, 2-280.

Flynn J (2023) AI – A killer app for food safety. *Food Sci. and Tech*. 37, 4, 40-43, https://doi.org/10.1002/fsat.3704_10.x.

IARC (International Agency for Research on Cancer) (2012) Aflatoxins. Chemical Agents and Related Occupations. A review of Human Carcinogens. IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans, 100F, 225–248.

Kabak B, Dobson ADW, Var I (2006) Strategies to prevent mxcotoxin contamination of food and animal feed. *Crit Rev Food Sci* 46, 593-619.

Krishnamachari K, Bhat RV, Nagarajan V, Tilac T (1975) Investigations into an outbreak of hepatitis in Western India. *Indian J Med Res,* 63, 1036–1048.

Krska R (1998) Performance of modern sample preparation techniques in the analysis of Fusarium mycotoxins in cereals. *J Chromatogr A*, 815, 49–57, https://doi.org/10.1016/S0021-9673(98)00003-X.

Krska R, Molinelli A (2009) Rapid test strips for analysis of mycotoxins in food and feed. *Anal Bioanal Chem*, 393, 67–71, https://doi.org/10.1007/s00216-008-2424-y.

Lević J, Gošić-Dondo S, Ivanović G, Stanković S, Krnjaja V, Bočarov-Stančić A, Stepanić A. (2013) An outbreak of *Aspergillus* species in response to environmental conditions in Serbia, Pesticides and Phytomedicine, Belgrade, 28, 167–179, https://doi.org/10.2298/PIF1303167L.

Maragos CM, Busman M (2010) Rapid and advanced tools for mycotoxin analysis. *Food Addit Contam Part A*, 27, 688–700, https://doi.org/10.1080/19440040903515934.

Marin S, Ramos AJ, Cano-Sancho G, Sanchis V (2013) Mycotoxins: Occurrence, toxicology, and exposure assessment. *Food Chem Toxicol*, 60, 218–237, https://doi.org/10.1016/j.fct.2013.07.047.

Mitchell NJ, Bowers E, Hurburgh C, Wu F (2016) Potential economic losses to the US corn industry from aflatoxin contamination. *Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess*, 33, 540–550, https://doi.org/10.1080/19440049.2016.1138545.

Mwanda OW, Otieno CF, Omonge E (2005) Acute aflatoxicosis: Case report. *E Afr Med J*, 82, 320–324, https://doi.org/10.4314/eamj.v82i6.9305.

Norlia M, Jinap S, Nor-Khaizura MAR, Radu S, Samsudin NIP, Azri FA (2019) *Aspergillus* section *Flavi* and aflatoxins: occurrence, detection, and identification in raw peanuts and peanut-based products along the supply chain. *Front Microbiol, Sec Food Microbiol*, 10, https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.02602.

OECD (2023), Artificial Intelligence in Science: Challenges, Opportunities, and the Future of Research, OECD Publishing, Paris, https://doi.org/10.1787/a8d820bd-en.

Ostry V, Malir F, Toman J, Grosse Y (2017) Mycotoxins as human carcinogens-the IARC Monographs classification. *Mycotoxin Res*, 33, 65–73, https://doi.org/10.1007/s12550-016-0265-7.

Owolabi IO, Karoonuthaisiri N, Elliott CT, Petchkongkaew A (2023) A 10-year analysis of RASFF notifications for mycotoxins in nuts, Trend in key mycotoxins and impacted countries. *Food Res Inter*, 172, https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.112915.

Pepeljnjak S, Cvetnić Z, Šegović-Klarić M (2008) Okratoksin i zearalenon: Kontaminacija žitarica i krmiva u Hrvatskoj (1977-2007) i utjecaj na zdravlje životinja i ljudi, *Krmiva 3*, 147-159.

Pereira VL, Fernandes JO, Cunha SC (2014) Mycotoxins in cereals and related foodstuffs: A review on occurrence and recent methods of analysis. *Trends Food Sci Technol*, 36, 96–136, https://doi.org/10.1016/j.tifs.2014.01.005.

Pitt JI, Miller JD (2016) A concise history of mycotoxin research. *J Agric Food Chem*, https://doi.org/10.1021/acs.jafc.6b04494.

Piva G, Battilani P, Pietri A (2006) Emerging issues in Southern Europe: Aflatoxins in Italy, U: D Barug, D Bhatnagar, HP Egmond, JW Kamp, WA Osenbruggen and A Visconti (eds.). The mycotoxin factbook. Food & feed topics. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, The Netherlands, 139–153.

Rahmani A, Jinap S, Soleimany F (2009) Qualitative and quantitative analysis of mycotoxins. *Compr Rev Food Sci Food Saf,* 8, 202–251, https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2009.00079.x.

RASS window, https://webgate.ec.europa.eu/rasff-window/screen/search. Pristupljeno 12. kolovoza 2023.

Schrenk D, Bignami M, Bodin L, Chipman JK, del Mazo J i sur. (2020) Risk assessment of aflatoxins in food, EFSA Panel on contaminants in the food chain, https://doi.org/10.2903/j.efsa.2020.6040.

Shephard GS (2016) Current status of mycotoxin analysis: A Critical Review. *J AOAC Int*, 99, 842–848, https://doi.org/10.5740/jaoacint.16-0111.

Singh SK, Kumar S, Mehra PS (2023) Chat GPT and Google Bard AI: A Review. *Internat Conf IoT, Comm and Autom Tech*, https://doi.org/10.1109/ICICAT57735.2023.10263706.

Torres AM, Barros GG, Palacios SA, Chulze, S. N., Battilani, P. (2014) Review on pre- and post-harvest management of peanuts to minimize aflatoxin contamination. *Food Res Int* 62, 11–19, https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.02.023.

Uredbe Europskog parlamenta u Vijeća o utvrđivanju općih načela i uvjeta zakona o hrani (2002) EZ br. 178/2002. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/ALL/?uri=CELEX%3A32002R0178, Pristupljeno 22. kolovoza 2023.

Uredba Komisije o izmjeni Priloga I. Direktivi 2002/32/EZ Europskog parlamenta i Vijeća u pogledu najvećih dopuštenih količina za nitrit, melamin, Ambrosia spp. i neizbježnog prenošenja nekih kokcidiostatika i histomonostatika i o konsolidaciji priloga I. i II. Direktivi (2011) EU br. 574/2011. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/?uri=CELEX%3A32011R0574, Pristupljeno 22. kolovoza 2023.

Uredba Komisije o utvrđivanju metoda uzorkovanja i analize za službenu kontrolu razina mikotoksina u hrani (2006) EZ br. 401/2006. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/?uri=CELEX%3A32006R0401, Pristupljeno 22. kolovoza 2023.

Uredba Komisije o utvrđivanju najvećih dopuštenih količina određenih kontaminanata u hrani (2006) EZ br. 1881/2006. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/?uri=celex%3A32006R1881, Pristupljeno 22. kolovoza 2023.

World Data, https://www.worlddata.info/, Pristupljeno 20. kolovoza 2023.

Yao H, Hruska Z, Diana Di Mavungu J (2015) Developments in detection and determination of aflatoxins. *World Mycotoxin J*, 8, 181–191, https://doi.org/10.3920/WMJ2014.1797.

Zakon o hrani (2023) Narodne novine 18/23. https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2023_02_18_302.html, Pristupljeno 22. kolovoza 2023.

IZJAVA O IZVORNOSTI

Ja Martina Krajnik Čehulić izjavljujem da je ovaj diplomski rad izvorni rezultat mojeg rada te da se u njegovoj izradi nisam koristio/la drugim izvorima, osim onih koji su u njemu navedeni.

_____

Vlastoručni potpis