

Występowanie mikotoksyn w przetworach zbożowych znajdujących się w obrocie handlowym na terenie województwa śląskiego w latach 2013–2015

Presence of mycotoxins in cereal preparations on the market in Silesia Province from 2013 to 2015

Beata Dobosz^{1 (a, b, c, e)}, Karolina Król^{1 (c)}, Katarzyna Lar^{1 (c)}, Alina Mroczek^{1 (b)},
Ewa Zbrojkiewicz^{1 (b)}, Renata Złotkowska^{1, 2 (a, d)}

¹ Zakład Medycyny Społecznej i Profilaktyki, Wydział Zdrowia Publicznego w Bytomiu, Śląski Uniwersytet Medyczny.
Kierownik Zakładu: dr hab. n. med. R. Złotkowska

² Instytut Medycyny Pracy i Zdrowia Środowiskowego w Sosnowcu. Dyrektor: prof. dr hab. n. med. D. Szurlej

(a) koncepcja

(b) opracowanie tekstu i piśmiennictwa

(c) zebranie piśmiennictwa

(d) merytoryczny nadzór nad ostateczną wersją

(e) opracowanie wyników badań

STRESZCZENIE

Wstęp. Mikotoksyny lokalizowane są w wielu produktach spożywczych. Zanieczyszczają między innymi zboża i przetwory zbożowe, w tym mąkę.

Celem pracy było określenie poziomu zawartości mikotoksyn takich jak.: ochratoksyna A, deoksynivalenol, zearalenon, fumonizyny w mąkach znajdujących się w obrocie handlowym na terenie woj. śląskiego.

Materiały i metody. Badania nad obecnością mikotoksyn prowadzone są systematycznie, na terenie całej Polski, według ściśle określonych zasad i na podstawie unijnych rozporządzeń. Materiał badawczy stanowiło 100 próbek różnego typu mąk pobranych z obrotu handlowego na terenie woj. śląskiego. Poziom mikotoksyn (ochratoksyna A, deoksynivalenol, zearalenon oraz fumonizyny B₁, B₂) oznaczono metodą HPLC z oczyszczaniem na kolumnie powinowactwa immunologicznego, metodami akredytowanymi zgodnie z normą ISO/IEC17025.

Wyniki. Mąkę pszenną zanieczyszczają przede wszystkim deoksynivalenol, którego stężenie niejednokrotnie przekracza dopuszczalne normy, osiągając 876 µg/kg. Najbardziej zakażona mikotoksynami jest mąka kukurydziana, która zawiera poza deoksynivalenolem w wielkości 876 µg/kg, także ochratoksynę A (5,5 µg/kg) i fumonizyny B₁, B₂ (6342 µg/kg).

Wnioski. Przeprowadzone badania mąki na terenie województwa śląskiego wskazują na obecność mikotoksyn w tym produkcie przy czym wielkość ochratoksyny A, deoksynivalenolu, zearalenonu, fumonizyny w zdecydowanej części są poniżej granicy oznaczalności.

Słowa kluczowe: mąka, aflatoksyny, ochratoksyna A, deoksynivalenol, zearalenon.

SUMMARY

Introduction. Mycotoxins are found in many food products. They contaminate, among other things, cereals and cereal preparations, including flour.

The aim of the study was to determine the levels of mycotoxins such as.: ochratoxin A, deoxynivalenol, zearalenone, fumonisin in flours that are traded in the Province Silesia.

Material and method. Tests on the presence of mycotoxins are conducted on a regular basis throughout Poland, according to strictly defined rules and based on EU regulations. Material of research consisted of 100 samples of different kinds of flour, taken from trade in the Province Silesia. Level of mycotoxins (ochratoxin A, deoxynivalenol, zearalenone, fumonisins B₁, B₂) determined by HPLC with immunoaffinity column clean-up method according to ISO/IEC17025 standard.

Results. Wheat flour is contaminated mainly by deoxynivalenol, the concentration of which repeatedly exceeds the admissible level, reaching 876 µg/kg. The most contaminated with mycotoxins is corn flour, which contains, apart from deoxynivalenol at the value of 876 µg/kg, also ochratoxin A (5,5 µg/kg) and fumonisins B₁ and B₂ (6342 µg/kg).

Conclusion. The flour tests conducted in Silesia Province indicate the presence of mycotoxins in this product, however the values for ochratoxin A, deoxynivalenol, zearalenone and fumonisin are to a very large extent below the limit of quantification.

Keywords: flour, aflatoxins, ochratoxin A, deoxynivalenol, zearalenone.

WPROWADZENIE

Jednym z problemów współczesnego żywienia jest skażenie produktów żywnościowych szkodliwymi dla zdrowia mikotoksynami [1, 2]. Wysoka toksyczność i rakotwórczość tych związków oraz ich zdolność do wywoływania różnych stanów patologicznych doprowadziło do powszechnego badania żywności i pasz potencjalnie nimi zanieczyszczonych [3]. Mikotoksyny są wtórnymi produktami przemiany materii grzybów strzępkowych o różnym poziomie toksyczności dla zwierząt stałocieplnych oraz ludzi. Są określane jako toksyczne substancje chemiczne wytwarzane przez niektóre gatunki pleśni, rozwijającej się na produktach żywnościowych oraz zbożach [4]. Obecność ich na całym świecie

w różnorodnych produktach spożywczych stanowi poważne niebezpieczeństwo dla zdrowia ludzi i zwierząt [5], ale ich występowanie jest uzależnione od regionalnych warunków klimatycznych [6, 7]. Warunki środowiskowe, takie jak nadmierna wilgotność, skrajne temperatury, susza, insekty, systemy upraw i niektórych praktyk rolniczych mogą powodować zanieczyszczenie mikotoksynami [8]. Mikotoksyny są termostabilne, odporne na większość procesów technologicznych, tj. gotowanie, smażenie, pieczenie, destylację czy fermentację [9]. Potencjalny konsument zagrożony jest ich działaniem na skutek spożywania różnorodnych produktów pochodzenia roślinnego (zarówno pochodzących z produkcji krajowej jak i importowanych), typu: orzechy arachidowe, przyprawy, owoce suszone, zboża i przetwory zbożowe. Ze względu na rosnące obawy o relacje między dietą a chorobami oraz ze względu na rosnące zapotrzebowanie na poprawę jakości żywności, potrzebne są badania w celu określenia warunków, które minimalizują poziom związków toksycznych [10]. Dlatego wyspecjalizowane w badaniu żywności instytucje systematycznie diagnozują występowanie mikotoksyn i skutki ich występowania w produktach spożywczych dostępnych na polskim rynku, np. mąki. Problem występowania mikotoksyn w żywności jest na tyle duży, że doczekał się uregulowań prawnych w skali europejskiej i światowej [11]. Dla polskich producentów zbóż i mąki obligatoryjnym aktem prawnym jest rozporządzenie Komisji (UE) nr 1881/2006 wraz z późniejszymi zmianami, ustalające najwyższe dopuszczalne poziomy niektórych zanieczyszczeń w środkach spożywczych [12].

Na podstawie badań prowadzonych nad obecnością mikotoksyn w przetworach zbożowych, wyodrębniono: aflatoksynę (B_1 , B_2 , G_1 , G_2), ochratoksynę A, deoksyniwalenol (DON), zearalenon (ZEA) i fumonizyny (B_1 , B_2). Aflatoksyna B_1 jest toksyczną i ra-

kotwórczą substancją wytwarzaną przez niektóre szczepy pleśni, tj. *Aspergillus flavus* i *Aspergillus parasiticus*. Najczęściej aflatoksyna występuje w kukurydzy (mące kukurydzianej), a także orzeszkach ziemnych, nasionach bawełny, sokach, migdałach, zbożach, przyprawach i produktach mlecznych. Według szacunków Amerykańskiej Organizacji ds. Żywności i Rolnictwa około 25% zbiorów nosi znamiona występowania tej najgroźniejszej mikotoksyny. Mają one działanie mutageniczne i teratogeniczne, są cytotoksyczne i nawet w niewielkiej koncentracji w paszy przyczyniają się do zmniejszenia odporności na choroby infekcyjne. Według ww. organizacji aż 14,3% próbek przebadanej mąki nosiło ślady aflatoksyny. Aflatoksyny są silnie trujące, gdyż spożyte nawet w niewielkich ilościach wywołują śmierć u wielu gatunków zwierząt. Aflatoksyna B_1 została także oficjalnie wpisana na listę czynników rakotwórczych przez Międzynarodową Agencję Badania Raka jako jeden z najgroźniejszych kancerogenów chemicznych silnie oddziaływujący na organizmy ludzi i zwierząt. Ostre narażenie na wysoki poziom aflatoksyny może być śmiertelne, natomiast przewlekłe narażenie skutkuje nowotworami wątroby.

Ochratoksyna A jest najważniejszą mikotoksyną, występuje w surowcach roślinnych w klimacie umiarkowanym [13]. Ochratoksyny wytwarzane są przez grzyby *Penicillium* i *Aspergillus*. Stwierdzono, że jest to jedna z najczęściej występujących mikotoksyn w pokarmach na świecie. Występuje naturalnie we wszystkich zbożach, w tym kukurydzy, jęczmieniu, pszenicy, sorgu, również zawiera ją żyto oraz ryż. Poza tym ochratoksyna znajduje się także w kawie i chlebie [14]. Do kontaktu z mikotoksyną dochodzi głównie podczas konsumpcji produktów wyprodukowanych z niewłaściwie magazynowanych zbóż. Podobnie jak w przypadku aflatoksyn, obecność ochratoksyny A w paszy zagraża zdrowiu ludziemu, ponieważ toksyna ta jest kumulowana w tkankach zwierząt. Ochratoksyna A w 1993 r. została uznana przez Międzynarodową Agencję Badań nad Rakiem za związek prawdopodobnie kancerogeny dla człowieka [13].

Deoksyniwalenol (DON, womitoksyna) należy do trichotecenów grupy B, nazywany toksyną wymiotną (działa silnie wymiotnie). Jest naturalnie występującą toksyną, produkowaną głównie przez *Fusarium graminearum* i *Fusarium culmorum*.

Jego powstawanie wzmagają określona temperatura (21–25 °C) oraz odpowiednia wilgotność [15]. Deoksyniwalenol (a także zearalenon i fumonizyny) infekuje kłosa zbóż i kolby kukurydzy i przenika w ten sposób do różnych typów mąki. Deoksyniwalenol to metabolit z grupy trichotecenów – toksyna po-

chodna seskwiterpenów i najbardziej agresywny gatunek wobec kłosów zbóż [16]. DON jako niebezpieczna mikotoksyna, została dostrzeżona przez kraje UE jako spory problem niosący zagrożenie konsumentom, stąd też instytucje unijne zalecają, aby zawartość tej mikotoksyny w ziarnie zbóż przeznaczonych do produkcji mąki nie przekraczała 750 µg/kg produktu [17].

Fumonizyny należą również do mikotoksyn, produkowane są przez grzyby strzępkowe należące do rodzaju *Fusarium* [18]. Poznano ponad piętnaście analogów fumonizyn, jednak znaczenie ma przede wszystkim fumonizyna B1. Fumonizyny są zaliczane do neurotoksyn. Powodują uszkodzenia nerek [11].

Celem pracy jest określenie poziomu zawartości mikotoksyn takich jak: ochratoksyna A (OTA), deoksyniwalenolu (DON), zearalenonu (ZEA), fumonizyny B₁, B₂ w mąkach: pszennych (różnorodnego typu), kukurydzianych oraz żytnich znajdujących się w obrocie handlowym na terenie woj. śląskiego.

MATERIAŁ I METODY

Materiał badany stanowiło 100 próbek różnego rodzaju mąk: pszenna (70%, n=70), kukurydziana (22%, n=22) oraz żytnia (8%, n=8), pobranych losowo w punktach handlowych na terenie województwa śląskiego. próbki pobrane były przez uprawnionych próbkobiorców, zgodnie z Rozporządzeniem Komisji (WE) nr 401/2006 z dnia 23 lutego 2006 r., ustanawiającym metody pobierania próbek i analizy do celów urzędowej kontroli poziomów mikotoksyn w środkach spożywczych. Procedura pobierania próbek zapewniała odpowiednią reprezentatywność i jednorodność materiału badawczego. Analizę próbek przeprowadzono w latach 2013–2015. próbki zostały zbadane metodami akredytowanymi zgodnie z normą ISO/IEC17025.

Oznaczenia zawartości ochratoksyny A dokonano zgodnie z normą badawczą PN-EN 14132: 2010 –

metodą wysokosprawnej chromatografii cieczowej HPLC z oczyszczaniem na kolumnie powinowactwa immunologicznego. Do określenia zawartości fumonizyn B₁ i B₂ zastosowano normę badawczą PN-EN 14352:2005 – metoda wysokosprawnej chromatografii cieczowej HPLC z oczyszczaniem na kolumnie powinowactwa immunologicznego. Poziomu zawartości zearalenonu i deoksyniwalenolu określono zgodnie z Wydawnictwem Metodycznym PZH 2005.

Granica wykrywalności dla przetworów zbożowych – mąk wynosiła kolejno: 0,6 µg/kg dla ochratoksyny, 12,5 µg/kg dla fumonizyny B₁ i B₂, 5 µg/kg dla zearalenonu oraz 30,8 µg/kg dla deoksyniwalenolu.

Oceny dokonano poprzez porównanie zgodności wyników dla zbadanej próbki z maksymalnymi dopuszczalnymi poziomami przyjętymi w rozporządzeniu Parlamentu Europejskiego i Rady nr 1881/2006 z dnia 19 grudnia 2006 r. zmieniającym rozporządzenie (WE) nr 466/2001 z dnia 8 marca 2001 r. oraz zmieniającymi je rozporządzeniami Komisji (WE): 1126/2007, 565/2008, 628/2008, 105/2010, 165/2010 (4).

Uzyskane wyniki opracowano w programie Statistica 8.0 (Statsoft, Kraków). Normalność rozkładu sprawdzano za pomocą testu W Shapiro-Wilka. Do oceny statystycznej znamienności różnic użyto testu U Manna-Whitneya.

WYNIKI

W większości badanych próbek mąk (93%, n=93) nie wykryto obecności Ochratoksyny A (wyniki znajdowały się poniżej granicy wykrywalności dla zastosowanego testu (<0,6 µg/kg), wyjątek stanowiło 6 próbek mąk pszennych i 1 próbka mąki kukurydzianej, w przypadku których wartości mieściły się w granicach od 0,2 do 5,5 g/kg. Średnia zawartość tej mikotoksyny w badanych próbkach to 1,84 (±1,99) µg/kg (Tab. I)

Tabela I. Zawartość ochratoksyny A w próbkach mąki pobranych w sklepach województwa śląskiego w latach 2013–2015
Table I. The content of ochratoxin A in samples of flour collected in shops in Silesia Province from 2013 to 2015

Typ mąki (Type flour)	Liczba próbek (Number of samples)	Zawartość ochratoksyny A (The content of ochratoxin A)				
		średnia (mean)	minimalna (minimum)	maksymalna (maximum)	mediana (median)	NDP [µg/kg]
Mąka pszenna (Wheat flour)	76	0,17	0,2	5,5	1,35	3
Mąka kukurydziana (Corn flour)	22	0,01	0,3	0,3	0,26	
Mąka żytnia (Rye flour)	2	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	

NDP – najwyższy dopuszczalny poziom (The highest permissible levels)

Znaczące stężenie OTA wykazano w badanych próbkach mąki pszennej. Dwie z tych próbek osiągnęły kolejno poziom 3,5 µg/kg i 5,5 µg/kg, jednak średnia jej zawartość stanowiła 0,17 µg/kg ($\pm 1,99$). Zaobserwowano tu duże różnice w stosunku do przyjętego najwyższego dopuszczalnego poziomu (NDP) 3 µg/kg. Zdyskwalifikowane próbki stanowiły 2% (n=2) materiału badawczego.

Analiza próbek mąki wykazała, że najczęściej wykrywaną mikotoksyną jest deoksynivalenol (DON). Próbki mąki pobrane w sklepach województwa ślą-

skiego w 54 na 100 przypadków, wykazały zanieczyszczenie deoksynivalenolem. Wyjątek stanowiły 3 próbki mąki kukurydzianej, w przypadku których wyniki znajdowały się poniżej granicy wykrywalności dla zastosowanego testu (<30,8 g/kg).

W 4 próbkach mąk pszennych i 1 próbce mąki żytniej nie odnotowano przekroczenia dopuszczalnej normy. Dla pozostałych mąk zawartość tej mikotoksyny mieściła się w granicach od 73 do 876 g/kg. Średnia zawartość tej mikotoksyny w badanych próbkach to 263,11 ($\pm 196,83$) µg/kg (Tab. II).

Tabela II. Zawartość deoksynivalenolu w próbkach mąki pobranych w sklepach województwa śląskiego w latach 2013–2015
Table II. The content of deoxynivalenol in samples of flour collected in shops in Silesia Province from 2013 to 2015

Typ mąki (Type flour)	Liczba próbek (Number of samples)	Zawartość deoksynivalenolu (The content of deoxynivalenol)				
		średnia (mean)	minimalna (minimum)	maksymalna (maximum)	mediana (median)	NDP [µg/kg]
Mąka pszenna (Wheat flour)	76	31	73	472	128	750
Mąka kukurydziana (Corn flour)	22	335	85	876	348	
Mąka żytnia (Rye flour)	2	73	<LOD	146	146	

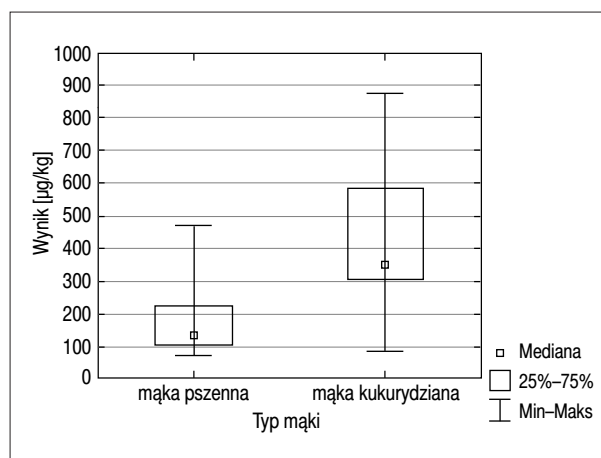
NDP – najwyższy dopuszczalny poziom (The highest permissible levels)

Przeprowadzona szczegółowa analiza próbek mąki pszennej i kukurydzianej (mąka żytnia w tym przypadku została pominięta z uwagi na małą ilość próbek) wykazała istotną statystycznie zależność pomiędzy średnią zawartością deoksynivalenolu w obu próbkach mąk. Oznacza to, że w mąkach kukurydzianych jest statystycznie wyższa średnia zawartość deoksynivalenolu, niż w przypadku mąk pszennych ($p=0,00078$; $p<0,005$) (Ryc. 1). Należy zauważyć, że wartości te znacznie przewyższają dopuszczalne normy. Skażone próbki stanowiły 2% całej badanej grupy przetworów zbożowych (mąk).

Obecności zearalenonu w przeważającej części badanych próbek (83) nie wykryto. Wyniki znajdowały się poniżej granicy wykrywalności dla zastosowanego testu (<5 µg/kg). Wyjątek stanowiło 5 próbek mąk pszennych i 10 próbek mąk kukurydzianych oraz 1 próbka mąki żytniej, w przypadku których wartości mieściły się w granicach od 13 do 55 µg/kg. Średnia zawartość tej mikotoksyny w badanych próbkach to 27,63 ($\pm 11,81$) g/kg.

Fumonizyny B₁ + B₂ stwierdzono w większości badanych próbek. Wyjątek stanowiło 6 próbek mąk kukurydzianych, w przypadku których wyniki znajdowały się poniżej granicy wykrywalności dla zastosowanego testu (<12,5 µg/kg). W jednej analizowanej próbce maksymalny dopuszczalny poziom został przekroczony. Dla pozostałych mąk zawartość tej mikotoksyny mieściła się w granicach od 31

do 6342 µg/kg. Średnia zawartość tej mikotoksyny w badanych próbkach to 483,69 ($\pm 1568,6$) g/kg. Najczęściej występującą wartością w badaniu jest 46 µg/kg (2 przypadki). Badania próbek mąk pobranych w sklepach woj. śląskiego potwierdziły, że jedyne znaczące stężenia fumonizyny wskazywała mąka kukurydziana. Odnotowano zawartość tej mikotoksyny na poziomie 6342 µg/kg.



Ryc. 1. Zawartość deoksynivalenolu w próbkach mąki pszennej i kukurydzianej pobranych w sklepach województwa śląskiego w latach 2013–2015

Fig. 1. The content of deoxynivalenol in samples of wheat and corn flour collected in shops in Silesia Province from 2013 to 2015

Tabela III. Zawartość zearalenonu w próbkach mąki pobranych w sklepach województwa śląskiego w latach 2013–2015

Table III. The content of zearalenone in samples of flour collected in shops in Silesia Province from 2013 to 2015

Typ mąki (Type flour)	Liczba próbek (Number of samples)	Zawartość zearalenonu (The content of zearalenone)				
		średnia (mean)	minimalna (minimum)	maksymalna (maximum)	mediana (median)	NDP [µg/kg]
Mąka pszenna (Wheat flour)	76	0,5	17	23	23	75
Mąka kukurydziana (Corn flour)	22	15	13	55	29	
Mąka żytnia (Rye flour)	2	<LOD	<LOD	<LOD	39	

NDP – najwyższy dopuszczalny poziom (The highest permissible levels)

DYSKUSJA

Mikotoksyny stanowią potencjalne zagrożenie dla zdrowia ludzi oraz zwierząt i to wyłącznie jeśli zostaną spożyte w dużych ilościach. Problem bezpieczeństwa żywności pojawia się tylko w przypadku infekcji zbóż na skalę masową. Sytuacja taka może być wynikiem niekorzystnych warunków pogodowych, a także nieprawidłowego przechowywania produktu [5]. Rodzaj i natężenie skażenia mikotoksynami determinują przede wszystkim warunki klimatyczne. Umiarkowany klimat polski wpływa na tworzenie się w produktach żywnościowych przede wszystkim: aflatoksyny, ochratoksyny, trichoteceny i zearalenonu. Z literatury przedmiotu wynika, że częstotliwość występowania konkretnych mikotoksyn zależy od rodzaju i zbioru zboża, poddanego późniejszemu przetworzeniu na mąkę. Z uwagi na klimat panujący w Polsce i dużą odporność mikotoksyn na czynniki zewnętrzne oraz na obróbkę cieplną, uzasadnione są dążenia do eliminacji z rynku zanieczyszczonych nimi produktów oraz prowadzenia ciągłego monitoringu ich zawartości w żywności. Analizowane wyniki wskazują na obecność zawartości mikotoksyn we wszystkich badanych próbkach mąk, jednak najczęściej na poziomie nie przekraczającym NDP.

W 2 próbkach mąki pszennej wykryto ochratoksynę A na poziomie kolejno 3,5 i 5,5 µg/kg, co znacznie przewyższa najwyższy dopuszczalny poziom. Wyniki te można porównać do uzyskanych przez Instytut Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego w Warszawie, który potwierdził, że dekadę wcześniej 75% badanych próbek mąki zawierało ochratoksynę A, przy czym mąka żytnia była bardziej skażona ochratoksyną A niż mąka pszenna, zaś mąka kukurydziana zawierała podwyższone lub przekraczające dopuszczalne granice zanieczyszczenia ochratoksyną [19]. Pokrzywa i współnicy [20] obecność ochratoksyny A wykazali w 42 ze 107 badanych próbek. W większości badanych próbek za-

wartość tej mikotoksyny była na niskim poziomie. W grupie: mąka i przetwory zbożowe jej obecność wykazano w 16 z 75 badanych próbek, przy czym zawierała ją tylko mąka pszenna, w przeciwieństwie do żytniej. Znacznie mniej ochratoksyny OTA w zbożach i przetworach zbożowych (średnio 0,044 µg/kg) stwierdzili Chung i współnicy [21], przy czym maksymalnie było jej 0,25 µg/kg.

Najwyższe wartości deoksyniwalenolu (DON) odnotowano w mące kukurydzianej w stężeniu wyższym niż dopuszczalne również w 2 próbkach kolejno 839 i 876 µg/kg. Poziom ten jest podobny do badań prowadzonych przez Stanisławczyk i współników [22], gdzie średnia zawartość deoksyniwalenolu (DON) była największa w próbkach ziarna zbóż oraz w mące i wynosiła odpowiednio 127,95 i 127,36 g/kg, a w przypadku jednej próbki przekroczyła dopuszczalną zawartość określoną w rozporządzeniu UE [12], czyli 750 g/kg. Problem zanieczyszczenia DON mąk podejmuje także wielu badaczy w Europie. Poziomy deoksyniwalenolu w 75% badanych próbkach mąk o stężeniu od 13 do 594 µg/kg stwierdziła Malachova i współnicy [23].

Wśród oznaczonych mikotoksyn jest również ZEA (zwany też toksyną F-2), który postrzegany jest jako trzecia mikotoksyna spośród występujących najczęściej w tkankach roślin i zwierząt. Zearalenon jest mikotoksyną wytwarzaną przez różne gatunki *Fuzarium*, w szczególności *Fuzarium graminearum*, a także *Fuzarium culmorum*, *Fuzarium equiseti* i *Fuzarium verticillioides*. Te patogeny roślinne znajdują się w zbożach takich jak pszenica, jęczmień, sorgo i ryżu a w szczególności w kukurydzy. Źródłem infekcji w tym przypadku jest głównie materiał siewny, resztki poźniwne, gleba oraz chwasty [16]. Zearalenon łatwo się wchłania z przewodu pokarmowego, jest metabolizowany i rozprowadzany do różnych tkanek. Mikotoksyna ta znajduje się we wszystkich gatunkach zbóż drobnziarnistych i kukurydzy [11]. Średnia zawartość ZEA w badanych

mąkach nie przewyższała dozwolonej wartości. Stwierdzono ją tylko w 12 próbkach mąk na poziomie poniżej dopuszczalnego. Również Stanisławczyk i współpracownicy [22] w swoich badaniach zaobserwowali, iż stężenie ZEA było wyraźniejsze niż zawartość deoksynivalenolu, jednak w żadnej z badanych próbek nie odnotowano przekroczenia przyjętego dopuszczalnego stężenia. Z kolei Luzardo i współpracownicy [24] odnotowali obecność ZEA w 40 badanych próbkach, ale w bardzo niskich poziomach, gdzie stężenia wahało się w zakresie od 0,05 do 9,92 µg/kg.

W przetworach zbożowych diagnozuje się również występowanie fumonizyny. Fumonizyny to mikotoksyny produkowane przez ograniczoną liczbę pleśni z rodzajów *Fusarium moniliforme* i *prolifera-tum*. Pleśń ta infekuje zbiory kukurydzy [25]. Stąd występuje w oczyszczonych produktach z kukurydzy przeznaczonych do konsumpcji przez człowieka: ziarnie kukurydzy, mące kukurydzianej, kaszy kukurydzianej, płatkach kukurydzianych. Zanieczyszczenie sięga poziomu 1000 µg/kg, a niewielkie stężenie fumonizyny mają także: ryż, przyprawy, piwo i makaron pszenny [6]. Badania próbek mąki potwierdziły, że znaczące stężenia fumonizyny wykazywała mąka kukurydziana. Odnotowano zawartość tej mikotoksyny na poziomie 6342 µg/kg to jest ponad dwukrotnie przewyższającym dopuszczoną normę. Również Rubert i współpracownicy [26] w badaniach odnotowali wartości na wysokim poziomie odpowiednio 1201,7 i 1010,5 µg/kg, którymi zostały zanieczyszczone mąki kukurydziane.

Wyniki uzyskane z prowadzonych badań w latach 2013–2015 w województwie śląskim w kierunku zanieczyszczenia przetworów zbożowych mikotoksynami są podobne jak w innych obszarach kraju i krajach Unii Europejskiej. Stwierdzone wartości w dominującej części nie przekraczają ustanowionych przez Komisję Wspólnoty Europejskiej najwyższych dopuszczalnych poziomów. W głównej mierze wynikają z zanieczyszczenia już na poziomie uprawy, transportu oraz magazynowania zbóż. Sugeruje to, że czynności te powinny być wykonywane z większą uwagą oraz przy opracowaniu i wdrożeniu analizy zagrożeń i krytycznych punktów kontroli.

WNIOSKI

1. Analiza wyników badań dotyczących zawartości mikotoksyn w przetworach zbożowych znajdujących się w obrocie handlowym na terenie województwa śląskiego wykazała, iż w przeważającej części badanych próbek mąk wykryto mikotoksyny takie jak: ochratoksyna A, deoksynivalenol, zearalenon, fumonizyny B1, B2, jednak w większości na poziomie nie przekraczającym NDP.
2. Należy przypuszczać, że produkty żywnościowe dostępne na krajowym rynku w większości spełniają obowiązujące normy dotyczące zanieczyszczeń żywności mikotoksynami.
3. Z uwagi na fakt częstego spożywania przetworów zbożowych, zasadnym jest konieczność bieżącego nadzorowania żywności pod tym kątem, zwiększenie liczby analizowanych mikotoksyn i ich metabolitów, podnoszenie poziomu wiedzy na temat skutków toksykologicznych współwystępujących mikotoksyn.

PIŚMIENNICTWO

- [1] Berthiller F., Crews C., Dall'Asta Ch. et. al.: Masked mycotoxins. A review Literatura Molecular Nutrition & Food Research. Mol Nutr Food Res. 2013; 57(1): 165-186.
- [2] Zhao K., Shao B., Yang D. et. al.: Natural Occurrence of Alternaria Toxins in Wheat-Based Products and Their Dietary Exposure in China Aimin Zhang. Editor, PLoS One. 2015; 10(6): e0132019.
- [3] Kralj Cigić I., Prosen H.: An Overview of Conventional and Emerging Analytical Methods for the Determination of Mycotoxins. Int J Mol Sci. 2009; 10(1): 62-115.
- [4] Jarzynka S., Dąbkowska M., Netsvyyetayeva I. et. al.: Mycotoxins - dangerous metabolites of moulds. Katedra i Zakład Mikrobiologii Lekarskiej, Warszawski Uniwersytet Medyczny. Borgis - Medycyna Rodzinna 4/2010; 113-119.
- [5] Nathanail A., Varga E., Meng-Reiterer J. et. al.: Metabolism of Fusarium Mycotoxins T2 toxin, HT-2, and in wheat. Journal of Agricultural and Food Chemistry. J Agric Food Chem. 2015; 63(35): 7862-7872.
- [6] Smith M.C., Madec S., Coton E. et. al.: Toxins Natural Co-Occurrence of Mycotoxins in Foods and Feeds and Their in vitro Combined. (Basel). 2016; 8(4): 94.
- [7] Pinotti L., Ottoboni M., Giromini C. et. al.: Mycotoxin Contamination in the EU Feed Supply Chain: A Focus on Cereal Byproducts Toxins. (Basel). 2016; 8(2): 45.
- [8] Teller R.S., Schmidt R.J., Whitlow L.W. et. al.: Jr. Effect of physical damage to ears of corn before harvest and treatment with various additives on the concentration of mycotoxins, silage fermentation, and aerobic stability of corn silage. J. Dairy Sci. 2012; 95:1428-1436.
- [9] Scott P.M.: Effects of food processing on mycotoxins. Journal of Food Protection 1984; 47(6): 489-499.
- [10] Friedman M., Rasooly R.: Review of the Inhibition of Biological Activities of Food-Related Selected Toxins by Natural Compounds Toxins (Basel). 2013; 5(4): 743-775.10.
- [11] European Food Safety Authority, The maximum levels of deoxynivalenol, fumonisin, zearalenone. EFSA Journal 2014; 12(5): 3699 15.
- [12] Commission Regulation (EC) No. 1881/2006 of 19 December 2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. Off J Eur Union L364, 5-24.
- [13] Reddy L., Bhoola K.: Ochratoxins - Food Contaminants. Impact on Human Health, Toxins. (Basel). 2010; 2(4): 771-779.

- [14] Matsuda Y, Wakai T, Kubotai M. et. al.: Mycotoxins are conventional and novel risk biomarkers for hepatocellular carcinoma. *World J Gastroenterol.* 2013 may 7, 19(17): 2587-2590.
- [15] European Food Safety Authority, Scientific report of EFSA. Deoxynivalenol in food and feed: occurrence and exposure. *EFSA Journal* 2013; 11(10):3379.
- [16] European Food Safety Authority. Evaluation of the increase of risk for public health related to a possible temporary degradation from the maximum level of deoxynivalenol, zearalenone and fumonisins for maize and maize products. *EFSA Journal* 2014; 12(5):3699.
- [17] Kong C, Shin S. Y., Park C. S et. al.: Effects of Feeding Barley Naturally Contaminated with *Fusarium* Mycotoxins on Growth Performance, Nutrient Digestibility, and Blood Chemistry of Gilts and Growth Recoveries by Feeding a Non-contaminated Diet. *Asian-Australas J Anim Sci.* 2015; 28(5): 662-670.
- [18] Smith L.E., Stoltzfus R. J., Prendergast A.: Food Chain mycotoxin exposure, Gut health and developmental disorders: Conceptual Framework: *Adv Nutr.* 2012; 3 (4): 526-531.
- [19] Miśniakiewicz M.: Biologiczne zanieczyszczenia żywności. Mikotoksyny. Zeszyty Naukowe nr 781, Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie, Katedra Towaroznawstwa Żywności, 2009; 125.
- [20] Pokrzywa P, Cieślak E, Topolska K.: Ocena zawartości mikotoksyn w wybranych produktach spożywczych. *Żywność Nauk Tech Jakość* 2007; 3(52): 139-146.
- [21] Chung WC, Kwong K.P., Tang A.S.P, et al.: Ochratoxin A levels in foodstuffs marketed in Hong-Kong. *J. Food Comp. Anal.* 2009; (22) 756-761.
- [22] Stanisławczyk R, Rudy M, Świątek B.: Występowanie mikotoksyn w zbożach i przetworach zbożowych znajdujących się w placówkach handlowych województwa podkarpackiego. *Żywn Nauk Technol Jakość* 2010; 6(73): 58-66.
- [23] Malachova A., Dzuman Z, Veprikova Z. et. al.: Václavíková. Deoksynivalenol, deoksynivalenol-3-glukozyd, a enniatiny: główne mykotoksyny w produktach na bazie zbóż na rynku czeskim. *J. Agric Food Chem.* 2011; 59 (24): 12990-7.
- [24] Luzardo OP., M. del Mar Bernal-Suárez, Camacho M, et al.: Estimated exposure to EU regulated mycotoxins and risk characterization of aflatoxin-induced hepatic toxicity through the consumption of the toasted cereal flour called "gofio", a traditional food of the Canary Islands (Spain). *Food and Chemical Toxicology* 2016; 7 (3): 73-81.
- [25] Alberts J.F.: Biologically Based Methods for Control of Fumonisin-Producing *Fusarium* Species and Reduction of the Fumonisin. *Front Microbiol.* 2016; 7:548.
- [26] Rubert J, Soriano JM., Mañes J. et al.: Occurrence of fumonisins in organic and conventional cereal-based products commercialized in France, Germany and Spain. *Food and Chemical Toxicology* 2013; 6 (56): 387-391.

Adres do korespondencji:

Beata Dobosz
Zakład Medycyny Społecznej i Profilaktyki
Wydział Zdrowia Publicznego w Bytomiu
Śląski Uniwersytet Medyczny
tel. 503 093 472
e-mail: bdkd@wp.pl