

# Występowanie aflatoksyn i ochratoxyny A w wybranych kaszach pochodzących z rolnictwa konwencjonalnego i ekologicznego

## Aflatoxins and ochratoxin A content in selected groats from conventional and organic farming

MARTA BUCZKOWSKA<sup>1/</sup>, ANNA GŁOGOWSKA-GRUSZKA<sup>1/</sup>, TADEUSZ SADOWSKI<sup>1/</sup>, JOANNA DOMAGALSKA<sup>2/</sup>

<sup>1/</sup> Zakład Higieny Komunalnej i Nadzoru Sanitarnego, Katedra Toksykologii i Uzależnień, Wydział Zdrowia Publicznego w Bytomiu, Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach

<sup>2/</sup> doktorantka, Zakład Toksykologii i Ochrony Zdrowia w Środowisku Pracy, Katedra Toksykologii i Uzależnień, Wydział Zdrowia Publicznego w Bytomiu, Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach

**Wprowadzenie.** Ze względu na znaczną ilość spożywanego produktów zbożowych niezwykle ważne staje się regularne ich kontrolowanie. Jednym z ważniejszych wskaźników jakości ziarna zbóż i produktów zbożowych jest zawartość w nich mykotoksyn.

**Cel.** Określenie zawartości sumy aflatoksyn i ochratoxyny A w różnych rodzajach kasz (pochodzących od różnych producentów) znajdujących się w obrocie handlowym na terenie woj. śląskiego w 2015 r.

**Materiały i metody.** Materiał do badań stanowiły kasze (n=20) pochodzące z polskiego rolnictwa konwencjonalnego (n=11) i ekologicznego (n=9) zakupione w sieciach handlu detalicznego. Zawartość mykotoksyn badano za pomocą metody immunoenzymatycznej ELISA. Odczytu gęstości próbek dokonano przy użyciu czytnika mikroplankowego Mindray MR-96A, przy długości fali  $\lambda=450$  nm. Uzyskane wyniki opracowano w programie Statistica 12.0.

**Wyniki.** Obecność aflatoksyn stwierdzono we wszystkich analizowanych produktach. Ich zawartość wahała się w granicach 2,14-6,05  $\mu\text{g}/\text{kg}$  dla kasz konwencjonalnych oraz 1,85-6,46  $\mu\text{g}/\text{kg}$  dla kasz ekologicznych. W większości badanych produktów zbożowych występowała również ochratoxyna A; zawartość tej mykotoxyny w kaszach konwencjonalnych mieściła się w granicach 1,25-3,76  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , a w grupie kasz ekologicznych 2,05-12,09  $\mu\text{g}/\text{kg}$ . Dopuszczalny poziom aflatoksyn został przekroczony w 3 produktach, natomiast ochratoxyny A w 11 próbkach.

**Wnioski.** Poziom zanieczyszczenia mykotoksynami kasz znajdujących się w obrocie handlowym w woj. śląskim w 2015 r. był stosunkowo wysoki. Różnice między średnim poziomem zanieczyszczeń aflatoksynami oraz ochratoxyną A dla kasz konwencjonalnych i ekologicznych nie były istotne statystycznie. Wzrost zanieczyszczenia prób aflatoksynami korelował ze wzrostem zanieczyszczenia ochratoxyną A, co stanowi przesłankę do dalszych badań w kontekście synergizmu działania toksycznego tych związków.

**Słowa kluczowe:** mykotoksyny, aflatoksyny, ochratoxyna A, kasze konwencjonalne, kasze ekologiczne

**Introduction.** Considering the large amount of cereal products being consumed, it is extremely important to monitor them regularly. One of the most important indicators of quality of cereal grains and cereal products is the content of mycotoxins.

**Aim.** To determine the content of total aflatoxins and ochratoxin A in different kinds of groats (from different manufacturers) sold in Silesian Voivodeship in 2015.

**Material & Method.** The tested material consisted of groats (n=20) from the Polish conventional (n=11) and ecological (n=9) agriculture, purchased from retail traders. The content of some mycotoxins was defined by the ELISA enzyme-linked immunosorbent assay. The plates were read using a MR-96A Mindray microplate reader at 450 nm wavelength. All analyses were computed using Statistica 12.0.

**Results.** Aflatoxins were found in all analyzed products from both conventional and organic farming. The content of aflatoxins ranged from 2.14 to 6.05  $\mu\text{g}/\text{kg}$  for conventional groats and from 1.85 to 6.46  $\mu\text{g}/\text{kg}$  for organic groats. In most of cereal products ochratoxin A was also present – this mycotoxin content in conventional groats ranged from 1.25 to 3.76  $\mu\text{g}/\text{kg}$  and in the group of organic groats from 2.05 to 12.09  $\mu\text{g}/\text{kg}$ . The Maximum Residue Limit (MRL) of aflatoxins was exceeded in 3 products, while the MRL of ochratoxin A was exceeded in 11 samples.

**Conclusion.** The level of mycotoxin contamination of groats sold in Silesian Voivodeship in 2015 was relatively high. The differences between the average level of contamination of aflatoxins and ochratoxin A for conventional and organic groats were not statistically significant. The increase in aflatoxin contamination of samples correlated with the increased contamination by ochratoxin A, which is a prerequisite for further research in the context of the synergistic toxicity of these compounds.

**Key words:** mycotoxins, aflatoxins, ochratoxin A, conventional groats, organic groats

## Wprowadzenie

Zboża i produkty z nich wytworzone są podstawowym składnikiem diety nie tylko ludzi, ale również zwierząt. W Polsce wśród dostępnych na rynku produktów zbożowych dominują te z rolnictwa konwencjonalnego, jednak współcześni konsumenci coraz chętniej sięgają po ich ekologiczne odpowiedniki. Ze względu na znaczną ilość spożywanych produktów zbożowych niezwykle ważne staje się regularne ich kontrolowanie, które powinno obejmować wszystkie etapy produkcji żywności od uprawy przez magazynowanie do przetwórstwa i dystrybucji [1, 2].

Jednym z ważniejszych wskaźników jakości ziarna zbóż i produktów zbożowych jest zawartość w nich mykotoksyn – toksycznych, wtórnych metabolitów grzybów pleśniowych. Na świecie zidentyfikowano ponad 350 gatunków grzybów kolonizujących zboża, spośród których ok. 300 jest w stanie syntetyzować mykotoksyny [1]. Znanych jest ponad 500 rodzajów mykotoksyn i ich pochodnych, zanieczyszczających poza produktami zbożowymi również inne artykuły spożywcze, np. orzechy, rośliny strączkowe, przyprawy, owoce, kawę, herbatę, piwo, wino, mleko. Obecnie jedynie 6 grup tych toksyn posiada charakterystykę toksykologiczną i jest badanych z perspektywy potencjalnego wpływu i znaczenia dla rolnictwa. Są to: aflatoksyny, ochratoksyny, trichoteceny, zearalenon, fumonizyny i patulina [3, 4].

Rosnące zainteresowanie mykotoksynami wynika przede wszystkim z ich właściwości fizyko-chemicznych – dużej stabilności w zmiennych warunkach środowiskowych i wysokiej toksyczności. Nawet niewielkie ilości mykotoksyn w pokarmach mogą prowadzić do poważnych konsekwencji zdrowotnych zwłaszcza, że jako substancje niskocząsteczkowe i termostabilne są odporne na większość procesów technologicznych np. gotowanie, smażenie, pieczenie, destylację czy fermentację [3, 4]. Objawy narażenia na mykotoksyny zależą od wielu czynników: rodzaju oraz stężenia toksyn, czasu trwania ekspozycji, a także od wieku, stanu zdrowia i płci osoby narażonej [5]. Wysoka zawartość mykotoksyn jest rzadko odnotowywana w produktach przeznaczonych do spożycia, dlatego efekty ostre u ludzi są obserwowane incydentalnie. Objawami toksyczności ostrej są przede wszystkim zatrucia pokarmowe o różnym nasileniu, a w najpoważniejszych przypadkach może dochodzić nawet do śmierci [4]. Większe zagrożenie stanowi toksyczność przewlekła mykotoksyn, będąca wynikiem długotrwałego narażenia na niewielkie ilości tych związków. W konsekwencji obserwujemy działania: nefrotoksyczne, hepatotoksyczne, cytotoksyczne, neurotoksyczne, estrogenne, immunosupresyjne, teratogenne czy kancerogenne [4, 5]. W 1993 i 2002 r. Międzynarodowa Agencja Badań nad Rakiem (*International Agency for Research on Cancer – IARC*)

dołądziła do rejestru poszczególne mykotoksyny [6]. Klasyfikację mykotoksyn pod względem ich działania rakotwórczego wg IARC ilustruje tabela I.

Ze względu na warunki klimatyczne panujące w naszym kraju, potencjalnym zagrożeniem dla zdrowia mogą być krajowe produkty skażone ochratoksyną A oraz importowane surowce i produkty zanieczyszczone aflatoksynami. Ostatnio naukowcy podkreślają, że zmieniający się klimat, a w szczególności wzrost temperatury i zmiany sum opadów, mogą znacząco wpłynąć na produkcję i występowanie poszczególnych mykotoksyn. Badania wskazują, że długotrwałe upały i towarzyszące im susze będą sprzyjać bardzo szybkiemu rozprzestrzenianiu się aflatoksyn na obszarach, uprzednio od nich wolnych, zwłaszcza w strefie klimatu umiarkowanego, a więc również w Polsce [7-9].

## Cel

Określenie zawartości sumy aflatoksyn i ochratoksyny A w polskich kaszach konwencjonalnych i ekologicznych (pochodzących od różnych producentów), znajdujących się w obrocie handlowym na terenie woj. śląskiego.

## Materiały i metody

Materiał do badań stanowiły kasze (n=20) pochodzące z polskiego rolnictwa konwencjonalnego (n=11) i ekologicznego (n=9) zakupione w 2015 r. w sieciach handlu detalicznego w obrębie woj. śląskiego. Przeanalizowano 7 rodzajów kasz jęczmiennych, 6 rodzajów kasz gryczanych, 4 rodzaje kasz jaglanych, 2 rodzaje kaszy manny i 1 kaszę owsianą. Szczegółową charakterystykę badanych kasz przedstawiono w tabeli II.

Przy użyciu metody immunoenzymatycznej ELISA dokonano ilościowego oznaczenia sumy aflatoksyn (B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub>) i ochratoksyny A w wybranych produktach zbożowych. Pomiary przeprowadzono

Tabela I. Klasyfikacja mykotoksyn pod względem ich działania rakotwórczego wg IARC [6]

Table I. Classification of mycotoxins in terms of their carcinogenicity by IARC [6]

Grupa /Group	Rodzaje mykotoksyn /Types of mycotoxins
Grupa 1 /Group 1 czynniki rakotwórcze dla ludzi /carcinogenic to humans	Aflatoksyny (poza M1) /Aflatoxins (without M1)
Grupa 2B /Group 2B czynniki przypuszczalnie rakotwórcze dla ludzi /possibly carcinogenic to humans	Aflatoksyna M1, Ochratoksyna A, Fumonizyna B1 i B2, Fuzaryna C /Aflatoxins M1, Ochratoxin A, Fumonisin B1 and B2, Fusarin C
Grupa 3 /Group 3 czynniki nieklasyfikowane pod względem działania rakotwórczego dla ludzi /not classifiable as to carcinogenicity in humans	Zearalenon, Deoksynivalenol, Niwale-nol, Fuzarenon X, Toksyna T-2 /Zearalenone, Deoxynivalenol, Nivale-nol, Fusarenone X, T-2 toxin

w 3 powtórzeniach. Zastosowano następujące komercyjne zestawy: RIDASCREEN® Aflatoxin Total oraz RIDASCREEN® Ochratoxin A 30/15. Testy ELISA wykonywano zgodnie z zaleceniami zamieszczonymi w dołączonych do zestawów instrukcjach. Granica wykrywalności dla zbóż i produktów zbożowych wynosiła kolejno: 1,75 ppb (1,75 µg/kg) dla testu Aflatoxin Total oraz 1,25 ppb (1,25 µg/kg) dla testu Ochratoxin A 30/15.

Odczytu gęstości próbek dokonano przy użyciu czytnika mikroplótkowego Mindray MR-96A, przy długości fali  $\lambda=450$  nm. Na podstawie krzywej wzorcowej obliczono stężenia wybranych mykotoksyn w próbkach. Uzyskane wyniki porównano z maksymalnymi dopuszczalnymi poziomami przyjętymi w Rozporządzeniu Komisji (WE) nr 1881/2006 z dnia 19 grudnia 2006 r. (z późn. zm.) ustalającym najwyższe dopuszczalne poziomy niektórych zanieczyszczeń w środkach spożywczych. Zgodnie z Rozporządzeniem zawartość sumy aflatoksyn (dla zbóż i wszystkich produktów pochodnych, w tym przetworzonych produktów zbożowych) nie powinna przekraczać 4 µg/kg, a w przypadku ochratoksyny A

(dla wszystkich produktów pochodzących z nieprzetworzonych zbóż, w tym produktów z przetworzonych zbóż) 3 µg/kg [10].

Uzyskane wyniki opracowano w programie Statistica 12.0 (Statsoft, Kraków 2016). Normalność rozkładu sprawdzano za pomocą testu W Shapiro-Wilka. Do oceny statystycznej znamienności różnic użyto testu U Manna-Whitneya. Korelację oceniono z wykorzystaniem współczynnika korelacji rang Spearmana (R).

## Wyniki

Przeprowadzone badania wykazały zróżnicowany poziom zanieczyszczenia aflatoksynami i ochratoksyną A wybranych rodzajów kasz, znajdujących się w obrocie handlowym na terenie woj. śląskiego w 2015 r. (tab. III).

Obecność aflatoksyn stwierdzono we wszystkich analizowanych produktach, pochodzących zarówno z rolnictwa konwencjonalnego, jak i ekologicznego. Zawartość aflatoksyn wahała się w granicach od 2,14 do 6,05 µg/kg dla kasz konwencjonalnych oraz od

Tabela II. Szczegółowa charakterystyka badanych kasz  
Table II. Detailed characteristics of studied groats

Numer próbki /Number of sample	Charakterystyka produktu /Product characteristics
kasze z rolnictwa konwencjonalnego /conventional groats	
1, 2	kasza jęczmienna, typu pęczak, sypka /hulled barley groats, loose
3	kasza jęczmienna, drobna, sypka /fine-grained barley groats, loose
4	kasza jęczmienna, mazurska, gruba, w woreczku /mazovian coarse-grained barley groats, bagged
5	kasza gryczana, krakowska, sypka /buckwheat, „krakowska” type, loose
6	kasza gryczana, prażona, w woreczku /buckwheat roasted groats, bagged
7	kasza gryczana, niepalona, sypka /raw buckwheat, loose
8	kasza jaglana, sypka /millet groats, loose
9	kasza jaglana, w woreczku /millet groats, bagged
10	kasza manna, sypka /semolina, loose
11	kasza owsiana, w woreczku /oat groats, bagged
kasze z rolnictwa ekologicznego /organic groats	
12, 13	kasza jęczmienna, typu pęczak, sypka /hulled barley groats, loose
14	kasza jęczmienna, drobna, sypka /fine-grained barley groats, loose
15	kasza gryczana, krakowska, sypka /buckwheat, „krakowska” type, loose
16	kasza gryczana, prażona, sypka /buckwheat roasted groats, loose
17	kasza gryczana, niepalona, sypka /raw buckwheat, loose
18, 19	kasza jaglana, sypka /millet groats, loose
20	kasza manna, razowa, sypka /graham semolina, loose

Tabela III. Średnia zawartość sumy aflatoksyn i ochratoksyny A w badanych kaszach  
Table III. Average content of total aflatoxins and ochratoxin A in studied groats

Numer próbki /Number of sample	Suma aflatoksyn /Total aflatoxins M±SD [µg/kg]	Ochratoksyna A /Ochratoxin A M±SD [µg/kg]
kasze z rolnictwa konwencjonalnego /conventional groats		
1	2,48±0,59	<gw
2	2,48±0,19	<gw
3	3,16±0,04	1,25±0,28
4	6,05±0,26*	3,48±0,10*
5	2,36±0,08	2,70±0,10
6	2,46±0,15	3,64±0,07*
7	3,12±0,10	3,76±0,27*
8	2,14±0,08	3,10±0,06*
9	3,74±0,15	2,98±0,27
10	2,81±0,10	2,29±0,15
11	5,15±0,21*	3,76±0,07*
kasze z rolnictwa ekologicznego /organic groats		
12	1,85±0,29	2,97±0,52
13	1,85±0,23	2,05±0,24
14	3,87±0,09	2,14±0,12
15	2,95±0,07	3,43±0,08*
16	3,97±0,19	9,21±0,17*
17	6,46±0,07*	12,09±0,54*
18	2,47±0,09	9,12±0,12*
19	2,44±0,16	3,22±0,17*
20	2,84±0,07	3,14±0,01*

<gw – poniżej granicy wykrywalności /below the limit of detection  
\*próbki, w których maksymalny dopuszczalny poziom mykotoksyn został przekroczony /samples in which maximum tolerable limit of mycotoxins was exceeded



1,85 do 6,46 µg/kg dla kasz ekologicznych. W trzech analizowanych próbkach (nr 4, 11 i 16) maksymalny dopuszczalny poziom sumy aflatoksyn został przekroczony.

W większości badanych produktów zbożowych występowała również ochratoksyna A, wyjątek stanowiły dwie konwencjonalne kasze jęczmienne (nr 1 i 3), w przypadku których wyniki znajdowały się poniżej granicy wykrywalności dla zastosowanego testu (<1,25 µg/kg). Dla pozostałych kasz konwencjonalnych zawartość tej mykotoksyny mieściła się w granicach od 1,25 do 3,76 µg/kg i w przypadku 5 produktów (nr 4, 6, 7, 8, 11) nieznacznie przekraczała normę. W grupie kasz ekologicznych dopuszczalny poziom ochratoksyny A został przekroczony w 6 próbkach (nr 15-20), przy czym w całej grupie wahał się od 2,05 do 12,09 µg/kg. Ochratoksyna A w ilości przekraczającej normę występowała głównie w konwencjonalnych i ekologicznych kaszach gryczanych. Potwierdzają to również badania innych naukowców [11].

Różnice pomiędzy średnim poziomem zanieczyszczeń aflatoksynami oraz ochratoksyną A dla kasz konwencjonalnych i ekologicznych nie były istotne statystycznie. Wzrost poziomu zanieczyszczenia prób aflatoksynami koresponduje ze wzrostem poziomu zanieczyszczenia ochratoksyną A ( $R=0,402$ ;  $p<0,05$ ).

## Dyskusja

Produkty żywnościowe pochodzące z upraw konwencjonalnych i ekologicznych mogą różnić się między sobą pod wieloma względami, co wynika przede wszystkim ze specyfiki produkcji. Rolnictwo konwencjonalne jest silnie ukierunkowane na poprawę wyników produkcyjnych i ekonomicznych, co wiąże się ze stosowaniem środków chemicznych, w tym środków ochrony roślin i nawozów sztucznych. W efekcie jakość produktu końcowego może być zagrożona [12]. Atutem żywności ekologicznej jest 95% zawartość składników pochodzących z produkcji ekologicznej, czyli opartej na środkach pochodzenia biologicznego i mineralnego, a eliminującej silne antybiotyki, hormony, konserwanty i inne nienaturalne dodatki oraz nawozy sztuczne. W porównaniu z produktami z rolnictwa konwencjonalnego, ekoprodukty charakteryzuje niższa zawartość azotanów i azotynów, pozostałości środków ochrony roślin oraz metali ciężkich, zwłaszcza kadmu, rtęci, arsenu i ołowiu. Jednocześnie żywność ekologiczna jest promowana, jako zawierająca więcej witamin i składników mineralnych, białka oraz węglowodanów [2].

Zanieczyszczenie surowców i gotowych produktów, w tym produktów zbożowych mykotoksynami, stanowi poważny problem we wszystkich systemach produkcyjnych. Synteza mykotoksyn przez grzyby mikroskopowe jest bowiem fenotypowo determinowana

czynnikami środowiskowymi panującymi na każdym z etapów produkcji (uprawa, żniwa, przechowywanie, przetwórstwo, dystrybucja) [7]. Podczas uprawy stres środowiskowy spowodowany gwałtownymi zmianami temperatury, wilgotności czy też działaniem substancji przeciwgrzybiczych nasila produkcję niektórych mykotoksyn, zwłaszcza przez grzyby rodzaju *Fusarium*. W konsekwencji produkty z rolnictwa konwencjonalnego, w którym często stosuje się fungicydy, mogą charakteryzować się większą zawartością mykotoksyn fuzaryjnych w porównaniu z ich ekologicznymi odpowiednikami. Wskazują na to liczne doniesienia naukowe [13-15]. Jednak dla zanieczyszczeń aflatoksynami i ochratoksyną A największe znaczenie mają niewłaściwe warunki przechowywania artykułów rolno-spożywczych – m.in. temperatura powyżej 20°C, wilgotność względna powietrza powyżej 80-85%, zawartość wody w ziarnie powyżej 15% czy zanieczyszczenie ziarna i jego uszkodzenie mechaniczne [4, 12, 16]. Przechowalniczy charakter badanych mykotoksyn oraz drugorzędne znaczenie warunków uprawy, tłumaczą uzyskane przez nas wyniki, które wskazują na brak istotnych różnic w poziomie zanieczyszczenia aflatoksynami i ochratoksyną A między produktami konwencjonalnymi i ekologicznymi. Podobne wyniki uzyskiwano również w innych badaniach [17]. Polscy naukowcy od wielu lat zwracają uwagę na konieczność wprowadzenia ostrzejszych norm w zakresie przechowywania ziarna, ponieważ duża część indywidualnych gospodarstw rolnych i silosów przemysłowych reprezentuje niski standard sanitarny. Szczególnym problemem jest migracja wody w trakcie przechowywania, która powoduje wzrost wilgotności ziarna i w konsekwencji umożliwia rozwój grzybów pleśniowych. W polskich warunkach klimatycznych duże znaczenie ma również proces przygotowania ziarna do magazynowania – szacuje się, że ok. 40% zbiorów wymaga suszenia, ponieważ zawartość wody w zebranych ziarnie może przekraczać 30% [18-20].

Porównując nasze wyniki z innymi doniesieniami naukowymi można zauważyć, że poziom zanieczyszczenia produktów zbożowych aflatoksynami i ochratoksyną A jest zróżnicowany. W latach 2010-2011 Stolarska i Marzec badały poziom zanieczyszczenia mykotoksynami produktów zbożowych z upraw ekologicznych. W 2010 r. w żadnym z analizowanych produktów nie wykryto aflatoksyn i ochratoksyny A, podczas gdy w następnym roku 57,14% próbek zawierało aflatoksyny, w większości w ilości znacznie przekraczającej dopuszczalny poziom (średnio 8,78 µg/kg). Ochratoksyna A była obecna w 5 próbkach (średnia 7,34 µg/kg), z czego w 4 z nich występowała w ilości przekraczającej normę. Jak wskazują badania, prawdopodobną przyczyną wysokich stężeń mykotoksyn przechowalniczych mogła być wysoka wilgotność względna powietrza (w następstwie odwilży), sprzyjająca rozwojowi grzybów pleśniowych [21]. Na znaczny poziom zanieczyszczenia polskich

produktów zbożowych aflatoksynami wskazują również badania przeprowadzone przez Dec i Obidzińskiego. Sprawdzali oni występowanie mykotoksyn w mąkach z rolnictwa konwencjonalnego. Zawartość aflatoksyn mieściła się w granicach 1,2-7,4 µg/kg i w 8 produktach (na 13 przeanalizowanych) przekraczała normę [22]. Natomiast urzędowe kontrole żywności przeprowadzone w latach 2008-2012 w Słowenii pokazują, że poziom zanieczyszczenia produktów zbożowych aflatoksynami i ochratoksyną A był znikomy. Analizy nie wykazały obecności aflatoksyn w żadnym z badanych produktów, natomiast ochratoksyna A w ilości przekraczającej dopuszczalny poziom, występowała w 0,4% zbóż i produktów zbożowych (1 próbka na 290 przebadanych w tej kategorii) [15]. Duże zróżnicowanie uzyskanych wyników, poza różnymi warunkami klimatycznymi panującymi w czasie zbioru oraz przechowywania zbóż, może również wynikać z zastosowanej procedury pobierania próbek. Naukowcy uważają ten etap analizy za krytyczny dla całego badania. Wyniki badań dla aflatoksyn pokazują, że pobieranie jednej próbki o masie 5 g z danego produktu, nie pozwala na rzetelną analizę przesiewową. Może to prowadzić zarówno do zawyżenia, jak i zaniżenia wyniku końcowego. Przyczyną tego zjawiska jest nierównomierne rozmieszczenie mykotoksyn w produktach spożywczych, zwłaszcza w tych o dużych cząstkach. Dlatego, jak wskazują doniesienia naukowe powinno się pobierać minimum 20 g próbki, którą należy podzielić na 4 porcje po 5 g i każdą z nich poddać odrębnej analizie [23].

W niniejszej pracy wykazano również, że wzrost zanieczyszczenia prób aflatoksynami koreluje ze wzrostem zanieczyszczeniem ochratoksyną A. Współwystępowanie różnych mykotoksyn w produktach zbożowych jest bardzo powszechne, gdyż zazwyczaj grzyby toksynotwórcze danego gatunku wytwarzają kilka związków, niekoniecznie z tej samej grupy. Przyczyną zjawiska może być również jednoczesna kolonizacja produktu przez grzyby pleśniowe różnych gatunków. Według danych literaturowych problem występowania kilku mykotoksyn w jednym produkcie może dotyczyć ponad 50% artykułów rolno-spożywczych, zwłaszcza zbóż. Łączne występowanie kilku mykotoksyn w jednym produkcie stanowi poważny problem, zwłaszcza z toksykologicznego punktu widzenia. Interakcje zachodzące między poszczególnymi mykotoksynami, mogą prowadzić do wystąpienia większych efektów

toksycznych niż te, będące wynikiem indywidualnego działania tych związków [3, 5, 24].

W Hiszpanii w 2010 r. badano występowanie różnych mykotoksyn, m.in. w sproszkowanej papryce. Stwierdzono, że obecność ochratoksyny A koresponduje ( $p < 0,05$ ) z obecnością aflatoksyn, w tym aflatoksyny B1. Ochratoksyna A była obecna w 98% analizowanych papryk (w naszych badaniach w 90% produktów zbożowych), natomiast aflatoksyny zanieczyszczały 60% tych przypraw (w naszych badaniach 100% produktów). Wybrane mykotoksyny są produkowane przez różne gatunki grzybów mikroskopowych, jednak preferowane przez te organizmy warunki środowiskowe podczas wzrostu i produkcji toksyn są bardzo zbliżone. W opinii autorów jest to przyczyną zaobserwowanej zależności [24]. Z kolei na mniej powszechne współwystępowanie omawianych związków wskazuje Kara i wsp. Jednoczesne występowanie aflatoksyn i ochratoksyny A dotyczyło 37,5% mąk kukurydzianych, co stanowiło 9% wszystkich przebadanych mąk zbożowych [25]. Podobne wyniki uzyskano również we Włoszech w 2014 r. – obie mykotoksyny były jednocześnie obecne w 4,6% przeanalizowanych próbek przypraw [26]. Aktualnie brakuje doniesień naukowych dotyczących łącznego występowania aflatoksyn i ochratoksyny A w kaszach, jednak uzyskane w niniejszej pracy wyniki wskazują na potrzebę kontynuowania badań w tym zakresie.

## Wnioski

Poziom zanieczyszczenia wybranymi mykotoksynami polskich kasz znajdujących się w obrocie handlowym w woj. śląskim w 2015 r. był stosunkowo wysoki. Wśród 20 przeanalizowanych kasz konwencjonalnych i ekologicznych dopuszczalny poziom aflatoksyn został przekroczony w 3 produktach, natomiast przekroczenia normy dla ochratoksyny A odnotowano w 11 próbkach, co może wskazywać na występowanie modyfikowalnych czynników ryzyka zanieczyszczenia pożywienia przez te mykotoksyny w postaci np. warunków przechowywania. Wzrost poziomu zanieczyszczenia prób aflatoksynami korelował ze wzrostem poziomu zanieczyszczenia ochratoksyną A, co stanowi przesłankę do dalszych badań w kontekście synergizmu działania toksycznego tych związków.

## Piśmiennictwo / References

1. Stuper-Szablewska K, Perkowski J. Contamination of wheat grain with microscopic fungi and their metabolites in Poland in 2006-2009. *Ann Agric Environ Med* 2014, 21(3): 504-509.
2. Gadomska J, Sadowski T, Buczowska M. Ekologiczna żywność jako czynnik sprzyjający zdrowiu. *Probl Hig Epidemiol* 2014, 95(3): 556-560.
3. Marin S, Ramos AJ, Cano-Sancho G, Sanchis V. Mycotoxins: occurrence, toxicology, and exposure assessment. *Food Chem Toxicol* 2013, 60: 218-237.
4. Makun HA. Mycotoxin and food safety in developing countries. InTech, Croatia 2013.
5. De Ruyck K, De Boevre M, Huybrechts I, De Saeger S. Dietary mycotoxins, co-exposure, and carcinogenesis in humans: short review. *Mutat Res Rev Mutat Res* 2015, 766: 32-41.
6. International Agency for Research on Cancer. <http://www.iarc.fr> (01.12.2015).
7. Paterson RRM, Lima N. How will climate change affect mycotoxins in food? *Food Res Int* 2010, 43(7): 1902-1914.
8. Nestic K, Milicevic D, Nestic V, Ivanovic S. Mycotoxins as one of the foodborne risks most susceptible to climatic change. *Procedia Food Sci* 2015, 5: 207-210.
9. Baranyi N, Kocsubé S, Varga J. Aflatoxins: Climate change and biodegradation. *Curr Opin Food Sci* 2015, 5: 60-66.
10. Rozporządzenie Komisji (WE) nr 1881/2006 z dnia 19 grudnia 2006 r. ustalające najwyższe dopuszczalne poziomy niektórych zanieczyszczeń w środkach spożywczych.
11. Dec D, Obidziński S. Występowanie mikotoksyn w produktach zbożowych dostępnych w handlu woj. podlaskiego. *Episteme* 2014, 25: 15-20.
12. Polak-Śliwińska M, Kuncewicz A. Wpływ produkcji ekologicznej, regionalnej i konwencjonalnej na zanieczyszczenie mikotoksynami na przykładzie wybranej grupy produktów spożywczych. *Acta Sci Pol Technica Agraria* 2013, 12(1-2): 41-53.
13. Knudsen MB, Elmholt S, Hockenhull J, Jensen DF. Distribution of saprophytic fungi antagonistic to *Fusarium culmorum* in two differently cultivated field soils, with special emphasis on the genus *Fusarium*. *Biol Agric Hort* 1995, 12(1): 61-79.
14. Twarużek M, Błajet-Kosicka A, Wenda-Piesik A, et al. Statistical comparison of *Fusarium* mycotoxins content in oat grain and related products from two agricultural systems. *Food Control* 2013, 34(2): 291-295.
15. Kirinčič S, Škrjanc B, Kos N, et al. Mycotoxins in cereals and cereal products in Slovenia – Official control of foods in the years 2008-2012. *Food Control* 2015, 50: 157-165.
16. Paterson RRM, Lima N. Further mycotoxin effects from climate change. *Food Res Int* 2011, 44(9): 2555-2566.
17. Vrček IV, Čepo DV, Rašić D, et al. A comparison of the nutritional value and food safety of organically and conventionally produced wheat flours. *Food Chem* 2014, 143: 522-529.
18. Kaleta A, Górnicki K. Bezpieczne przechowywanie ziarna – studium zagadnienia. *Inż Roln* 2008, 1(99): 137-143.
19. Kusińska E. Wpływ warunków przechowywania ziarna pszenicy na zdolność kiełkowania. *Inż Roln* 2008, 9(107): 165-171.
20. Chełkowski J. Mikotoksyny, grzyby toksynotwórcze i mikotoksykozy. <http://www.cropnet.pl/dbases/mycotoxins.pdf> (01.12.2015).
21. Stolarska E, Marzec M. Mikotoksyny w produktach zbożowych z upraw ekologicznych. *J Res Appl Agric Engng* 2012, 57(4): 103-108.
22. Dec D, Obidziński S. Ocena mikotoksyn w mąkach dostępnych na rynku województwa podlaskiego. *Episteme* 2014, 25: 7-13.
23. Armorini S, Altafini A, Zaghini A, Roncada P. Occurrence of aflatoxin B1 in conventional and organic flour in Italy and the role of sampling. *Food Control* 2015, 50: 858-863.
24. Santos L, Marín S, Sanchis V, Ramos AJ. Co-occurrence of aflatoxins, ochratoxin A and zearalenone in Capsicum powder samples available on the Spanish market. *Food Chem* 2010, 122(3): 826-830.
25. Kara GN, Ozbey F, Kabak B. Co-occurrence of aflatoxins and ochratoxin A in cereal flours commercialised in Turkey. *Food Control* 2015, 54: 275-281.
26. Prella A, Spadaro D, Garibaldi A, Gullino ML. Co-occurrence of aflatoxins and ochratoxin A in spices commercialized in Italy. *Food Control* 2014, 39: 192-197.