

RENATA STANISŁAWCZYK, MARIUSZ RUDY, BERNADETTA ŚWIĄTEK

WYSTĘPOWANIE MIKOTOKSYN W ZBOŻACH I PRZETWORACH ZBOŻOWYCH ZNAJDUJĄCYCH SIĘ W PLACÓWKACH HANDLOWYCH WOJEWÓDZTWA PODKARPACKIEGO

Streszczenie

Celem niniejszej pracy było określenie w zbożach i przetworach zbożowych, znajdujących się w obrocie handlowym na terenie województwa podkarpackiego, zawartości następujących mikotoksyn: aflatoksyny B1, sumy aflatoksyn B1, B2, G1, G2, ochratoksyny A (OTA), deoksyniwalenolu (DON) oraz zearalenonu (ZEA). Średnia zawartość deoksyniwalenolu (DON) była największa w ziarnie zbóż oraz w mące. Ponadto w przypadku jednej próbki mąki maksymalne stężenie badanej mikotoksyny (784 µg/kg) przekroczyło dopuszczalny poziom 750 µg/kg. Oznaczone w ziarnie zbóż i przetworów zbożowych stężenie zearalenonu (ZEA) było wyraźnie mniejsze niż zawartość deoksyniwalenolu. W żadnej z badanych próbek nie stwierdzono przekroczenia przyjętego dopuszczalnego stężenia tej mikotoksyny. Największe stężenie ochratoksyny A (OTA) występowało w ziarnie zbóż (1,23 µg/kg) i w mące (1,44 µg/kg). W pobranych próbkach makaronu wykazano, że w 6,6 % materiału badawczego stężenie ochratoksyny A (OTA) przekroczyło zalecaną wartość. W przetworach zbożowych średnia zawartość aflatoksyny B1 nie przekroczyła przyjętego dopuszczalnego poziomu. Jedynie w 9,5 % badanych próbek makaronu stężenie wymienionej mikotoksyny przekraczało dwukrotnie dopuszczalną wartość. Średnia zawartość sumy aflatoksyn B1, B2, G1, G2 była największa w próbach mąki (0,77 µg/kg). W pozostałych przetworach zbożowych średnia zawartość tych mikotoksyn była wyrównana (0,30 µg/kg) i nie przekraczała dozwolonych wartości.

Słowa kluczowe: mikotoksyny, aflatoksyny, ochratoksyna A (OTA), deoksyniwalenol (DON), zearalenon (ZEA), zboże, przetwory zbożowe

Wprowadzenie

Mikotoksyny są metabolitami wtórnymi grzybów (pleśni), należącymi przede wszystkim do rodzajów *Aspergillus*, *Penicillium* oraz *Fusarium* i stanowią potencjalne zagrożenie dla zdrowia ludzi i zwierząt. Obok działania toksycznego wykazują one również właściwości rakotwórcze, mutagenne, teratogenne i estrogenne, a ich szkodli-

Dr inż. R. Stanisławczyk, dr inż. M. Rudy, Katedra Przetwórstwa i Towaroznawstwa Rolniczego, Wydz. Biologiczno-Rolniczy, Uniwersytet Rzeszowski, ul. Ćwiklińskiej 2, 35-601, Rzeszów, mgr inż. B. Świątek, Wojewódzka Stacja Sanitarно-Epidemiologiczna w Rzeszowie, Oddział Laboratoryjny w Rzeszowie, ul. Wierzbowa 16, 35-959, Rzeszów

we działanie stwierdza się nawet w przypadku występowania w niewielkich stężeniach. Zanieczyszczenie mikotoksynami żywności i pasz w znacznym stopniu zależy od warunków środowiska, które mogą umożliwiać i przyspieszać powstawanie oraz rozwój pleśni. Skażenie może nastąpić na każdym etapie produkcji (rozwój roślin, zbiór, obróbka, przechowywanie i transport). Mikotoksyny są związkami niskocząsteczkowymi, słabo polarnymi i nie ulegają rozkładowi podczas pasteryzacji, a także w wyższej temperaturze, natomiast ulegają degradacji w środowisku alkalicznym oraz pod wpływem działania promieniowania UV [1, 3, 6, 8]. Do najważniejszych mikotoksyn, z uwagi na powszechność występowania, należą: aflatoksyny, ochratoksyna A, patulina, trichotecyny, sterigmatocystyna i womitoksyna. Mogą one występować w wielu produktach rolno-spożywczych, takich jak: zboża i ich przetwory, orzechy, przyprawy, kawa, kakao, herbata, suszone owoce, piwo, wino, mleko. Wyróżnia się dwie drogi wnikania mikotoksyn do organizmu człowieka. Pierwotna – spożywanie żywności, na której wcześniej rozwijała się pleśń i wytworzyła mikotoksyny, np. zboże narażone na rozwój grzybów i przeznaczone na przemiał. Wówczas można spodziewać się, że mikotoksyny będą do organizmu konsumenta wprowadzane wraz z różnymi rodzajami pieczywa, kaszą lub otrębami. Droga wtórna prowadzi przez organizmy zwierzęce, w których toksyny kumulują się w tkankach miękkich, jak wątroba, nerki, a także w mięśniach. Niektóre mikotoksyny w organizmach zwierzęcych ulegają przekształceniu w inną formę chemiczną o słabszych właściwościach toksycznych [8]. Kontrola poziomu skażenia zbóż jest konieczna ze względu na znaczny udział prób zawierających toksyny oraz zróżnicowane stężenie toksyn fuzaryjnych w próbach różnych zbóż. Wykrycie mikotoksyn umożliwia szybkie wycofanie zbóż i przetworów zbożowych z obrotu handlowego, w których zawartość tych związków przekracza dopuszczalne wartości. Należy podkreślić, że oprócz zawartości mikotoksyn w zbożach przy ocenie ich toksyczności powinno się uwzględniać również inne czynniki [3]. Cegielska-Radziejewska i wsp. podkreślają [3], że brakuje badań dotyczących efektów współdziałania mikotoksyn np. ze środkami ochrony roślin czy bakteriami, jak również zbyt mało prowadzi się badań dotyczących sumowania wpływu dwóch lub więcej toksyn. Jest to szczególnie istotne, gdyż część prób pasz może zawierać dwa, trzy lub cztery rodzaje mikotoksyn. Często podkreśla się, że w przypadku synergistycznego działania dwóch lub więcej mikotoksyn faktyczna toksyczność zbóż i pasz jest większa [3].

W warunkach klimatycznych Polski fuzarioza kłosów powodowana jest najczęściej przez kompleks różnych gatunków grzybów, takich jak: *F. culmorum*, *F. avenaceum*, *F. sporotrichoides* i *F. poae*. W Polsce szczególnie niebezpieczne są mikotoksyny należące do trichotecenów (m.in. deoksyniwalenol i niwalenol) oraz fumonizyny, a także zearalenon i jego pochodne [7]. Mikotoksyny te porażają kłosa i wiechy zbóż we wszystkich strefach klimatycznych [3]. Niewątpliwie na rozwój grzybów z rodzaju *Fusarium*, a szczególnie *Fusarium culmorum*, (powodujące fuzariozę kłosów) ma

wpływ wysoka wilgotność w czasie wegetacji, szczególnie przed zbiorem, która stymuluje rozwój grzybów. Zagrożenie to występuje również w czasie przechowywania zbóż i ich przetworów [9, 18]. W ziarnie zdrowym zawartość deoksyniwalenolu (DON) jest niewielka i, jak podaje Horoszkiewicz-Janka i wsp. [7], wynosi poniżej 0,05 mg/kg. Ponadto udowodniono, że wzrost porażenia kłosa przez *Fusarium* spp. o 1 % może powodować wzrost zawartości DON w ziarnie o 0,3 mg/kg. Zawartość tej mikotoksyny w porażonych ziarniakach pszenicy i pszenżyta może wynosić nawet 30 mg/kg. W ostatnich latach obserwuje się wzrost porażenia zbóż zearalenonem, a od 2005 r. również deoksyniwalenolem. Deoksyniwalenol, z uwagi na powszechne występowanie i silną toksyczność, jest uważany za jedną z groźniejszych mikotoksyn zanieczyszczających produkty pochodzenia zbożowego przeznaczone na cele spożywcze i paszowe [3].

Celem niniejszej pracy było określenie zawartości w zbożach i przetworach zbożowych znajdujących się w obrocie handlowym na terenie województwa podkarpackiego następujących mikotoksyn: aflatoksyny B₁, sumy aflatoksyn B₁, B₂, G₁, G₂, ochratoksyny A (OTA), deoksyniwalenolu (DON) oraz zearalenonu (ZEA).

Material i metody badań

Material do badań stanowiły próbki produktów spożywczych pobranych w punktach handlowych województwa podkarpackiego. Analizie na obecność mikotoksyn poddano: zboża (żyto, pszenicę) przeznaczone na przetwory spożywcze, mąkę (pszenną typu 550, żytnią typu 720), kasze (jęczmienną, gryczaną), makarony i płatki owsiane.

Liczbę prób poszczególnych produktów spożywczych poddanych analizie na obecność mikotoksyn: aflatoksyny B₁, sumy aflatoksyn B₁, B₂, G₁, G₂, ochratoksyny A (OTA), deoksyniwalenolu (DON), zearalenonu (ZEA) zamieszczono w tabeli 1.

Zawartość aflatoksyny B₁ oraz sumy aflatoksyn B₁, B₂, G₁, G₂ oznaczano zgodnie z normą PN-EN 12955:2001 [11].

Przygotowania próbek do oznaczania zawartości ochratoksyny A (OTA) dokonywano wg opracowanej w laboratorium procedury badawczej: „Oznaczanie zawartości ochratoksyny A metodą HPLC z oczyszczaniem na kolumnie powinowactwa immunologicznego w środkach spożywczych”, a pomiar przy użyciu HPLC przeprowadzono wg PN-EN ISO 15141-1:2000 [12].

Zgodnie z Wydawnictwem Metodycznym PZH oznaczano zawartość zearalenonu (ZEA) [20] i deoksyniwalenolu (DON) [19].

Wyniki i dyskusja

Średnia zawartość deoksyniwalenolu (DON) była największa w próbkach ziarna zbóż oraz w mące, wynosiła odpowiednio 127,95 i 127,36 µg/kg (tab. 1). Należy zaznaczyć, że maksymalne stężenie badanej mikotoksyny w przypadku jednej próbki

mąki (784 $\mu\text{g}/\text{kg}$) przekroczyło dopuszczalną zawartość określoną w rozporządzeniu UE [14], czyli 750 $\mu\text{g}/\text{kg}$. W pozostałych przetworach zbożowych zawartość deoksyniwalenolu we wszystkich badanych próbach była jednakowa i wynosiła 100 $\mu\text{g}/\text{kg}$. Z kolei Schollenberger i wsp. [17] stwierdzili w mące 394 $\mu\text{g}/\text{kg}$ deoksyniwalenolu.

W badanych próbkach zbóż i przetworów zbożowych stężenie zearalenonu (ZEA) było wyraźnie mniejsze niż zawartość deoksyniwalenolu. W żadnej z badanych prób nie stwierdzono przekroczenia przyjętego dopuszczalnego stężenia mikotoksyny, który wynosi w zależności od produktu od 20 do 75 $\mu\text{g}/\text{kg}$. Średnia zawartość zearalenonu we wszystkich badanych próbach (tab. 1) kształtowała się na takim samym poziomie i wynosiła 10 $\mu\text{g}/\text{kg}$. Natomiast w badaniach przeprowadzonych przez Ghali i wsp. [6] wykazano średnią zawartość zearalenonu w pszenicy i jęczmieniu oraz w pochodnych produktach tych zbóż wynoszącą odpowiednio 2,82 i 15 $\mu\text{g}/\text{kg}$.

Główną mikotoksyną wytwarzaną podczas niewłaściwego przechowywania ziarna zbóż, we wszystkich strefach klimatycznych, jest zwykle ochratoksyna A (OTA) [7]. Autorzy [2, 6, 13] podają, że jest ona produkowana przez grzyby *Aspergillus* (w cieplejszych i tropikalnych obszarach świata) lub przez *Penicillium verrucosum* (w klimacie umiarkowanym i chłodnym). Bez wątplenia występowanie OTA jest związane z klimatem, a zwłaszcza z warunkami, w jakich przeprowadzane są zbiory zbóż i od warunków, w jakich przechowuje się ziarno. Najczęściej wytwarzanie ochratoksyn, w tym OTA, następuje przy wysokiej wilgotności i w podwyższonej temperaturze [10, 21]. W ziarnie zdrowym zawartość zarodników nie przekracza 10000 w 1 g. Horoszkiewicz-Janka i wsp. [7] stwierdzają, że w temperaturze 15 °C, przy wilgotności 24 %, znaczące ilości toksyn mogą być tworzone już po 2 tygodniach. Jeżeli natomiast wilgotność będzie wynosić 18 % okres ten wzrośnie do 10 tygodni, a przy wilgotności 15 % czas ten wydłuży się do 10 miesięcy. Z tego względu, jako optymalną wilgotność zbóż przeznaczonych do długotrwałego przechowywania podaje się wartość 14,5 – 15 % [18]. W Polsce duża część indywidualnych gospodarstw rolnych dysponuje jedynie pomieszczeniami przechowalniczymi o niskim standardzie sanitarnym i niekontrolowanych warunkach środowiska przechowalniczego [18].

Największe stężenie ochratoksyny A (OTA), podobnie jak deoksyniwalenolu, występowało w próbkach ziarna zbóż (1,23 $\mu\text{g}/\text{kg}$) i w mące (1,44 $\mu\text{g}/\text{kg}$). W przypadku próbek kasz i płatków owsianych zawartość badanej mikotoksyny kształtowała się na zbliżonym poziomie – około 0,90 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (tab. 1). Ponadto w pobranych próbach makaronu wykazano, że w 6,6 % materiału badawczego stężenie ochratoksyny A (OTA) przekroczyło dopuszczalny poziom, który wynosi 0,50 $\mu\text{g}/\text{kg}$. Znacznie mniej ochratoksyny OTA w zbożach i przetworach zbożowych (średnio 0,044 $\mu\text{g}/\text{kg}$) stwierdzili Chung i wsp. [5], przy czym maksymalnie było jej 0,25 $\mu\text{g}/\text{kg}$. Z kolei Ghali i wsp. [6], w ziarnach pszenicy i jęczmienia oraz w produktach pochodnych tych zbóż, stwierdzili odpowiednio 2,9 i 1,9 $\mu\text{g}/\text{kg}$ ochratoksyny A (OTA).

Tabela 1

Zawartość mikotoksyn w zbożach i przetworach zbożowych [$\mu\text{g}/\text{kg}$].
Content of mycotoxins in cereals and cereal products [$\mu\text{g}/\text{kg}$].

Produkty (nazwa) Food products (name)	Liczba próbek Number of samples	Zawartość aflatoksyny B ₁ / Content of B ₁ aflatoxin			NDP [$\mu\text{g}/\text{kg}$]
		\bar{x}	minimalna minimum	maksymalna maximum	
Ziarno zbóż / Grain					2,00
Mąka / Flour	13	0,12	0,08	0,20	2,00
Kasza / Groats	26	0,01	0,08	0,20	2,00
Makaron / Pasta	42	0,09	0,08	0,20	0,10
Płatki owsiane / Oat Flakes	8	0,08	0,08	0,08	2,00
Zawartość sumy aflatoksyn B ₁ , B ₂ , G ₁ , G ₂ / The content of the sum of B ₁ , B ₂ , G ₁ , and G ₂ aflatoxins					
Ziarno zbóż / Grain					4,00
Mąka / Flour	6	0,77	0,30	1,20	4,00
Kasza / Groats	4	0,35	0,30	0,40	4,00
Makaron / Pasta	11	0,30	0,30	0,30	-
Płatki owsiane / Oat Flakes	13	0,30	0,30	0,30	4,00
Zawartość ochratoxyny A (OTA) / The content of A ochratoxin (OTA)					
Ziarno zbóż / Grain	11	1,23	1,00	1,50	3,00
Mąka / Flour	42	1,44	1,00	2,17	3,00
Kasza / Groats	55	0,94	0,30	1,50	3,00
Makaron / Pasta	45	0,39	0,30	1,50	0,50
Płatki owsiane / Oat Flakes	10	0,90	0,30	1,50	3,00

Zawartość deoksywnivalenolu (DON) / The content of deoxynivalenol (DON),						
Ziarno zbóż / Grain	11	127,95	100,00	321,00	750,00	
Mąka / Flour	25	127,36	100,00	784,00	750,00	
Kasza / Groats	42	100,00	100,00	100,00	750,00	
Makaron / Pasta	35	100,00	100,00	100,00	750,00	
Płatki owsiane / Oat Flakes	11	100,00	100,00	100,00	500,00	
Zawartość zearalenonu (ZEA) / The content of zearalenone (ZEA)						
Ziarno zbóż / Grain	6	10,00	10,00	10,00	75,00	
Mąka / Flour	15	10,00	10,00	10,00	75,00	
Kasza / Groats	31	10,00	10,00	10,00	75,00	
Makaron / Pasta	35	10,00	10,00	10,00	20,00	
Płatki owsiane / Oat Flakes	11	10,00	10,00	10,00	50,00	

Objaśnienia; / Explanatory notes:

NIDP – najwyższe dopuszczalne poziomy / The highest permissible levels

Toksynami syntetyzowanymi przez niektóre szczepy *Aspergillus*, szczególnie *Aspergillus flavus*, *Aspergillus parasiticus* i *Aspergillus nomius* są aflatoksyny [4]. W klimacie umiarkowanym substancje te nie są najważniejszym zanieczyszczeniem ziarna zbóż [7]. Według Pokrzywy i wsp. [13] do zanieczyszczenia aflatoksynami produktów rolnych, takich jak: orzechy ziemne, kukurydza czy nasiona bawełny dochodzi w trakcie wegetacji roślin. Największe stężenie aflatoksyn obserwuje się w artykułach rolnych w trakcie ich przechowywania w nieodpowiednich warunkach, a kukurydza, orzechy ziemne, nasiona bawełny, orzechy brazylijskie i pistacje są artykułami najbardziej podatnymi na zanieczyszczenie tymi mikotoksynami. Obecne przepisy unijne dopuszczają stężenie aflatoksyny B₁ i sumy aflatoksyn B₁, B₂, G₁, G₂ we wszystkich zbożach i wszystkich produktach otrzymanych ze zbóż w wysokości 2 i 4 µg/kg [14].

W badanych próbkach przetworów zbożowych średnia zawartość aflatoksyny B₁ nie przekroczyła dopuszczalnej wartości (tab. 1). Należy jednak stwierdzić, że stężenie badanej mikotoksyny w 9,5 % próbek makaronu przekraczało zalecaną wartość dwukrotnie. Z kolei średnia zawartość sumy aflatoksyn B₁, B₂, G₁, G₂ była największa w próbkach mąki i wynosiła 0,77 µg/kg. W pozostałych przetworach zbożowych średnia zawartość tych mikotoksyn była wyrównana (0,30 µg/kg) i nie przekraczała dozwolonych wartości.

Wnioski

1. Średnia zawartość deoksyniwalenolu (DON) była największa w próbkach ziarna zbóż oraz w mące i wynosiła 127,95 i 127,36 µg/kg. W pozostałych przetworach zbożowych było to 100 µg/kg.
2. Stężenie zearalenonu (ZEA) nie przekroczyło dopuszczalnej wartości. Średnia zawartość zearalenonu we wszystkich badanych produktach kształtowała się na takim samym poziomie i wynosiła 10 µg/kg.
3. Największe stężenie ochratoksyny A (OTA) stwierdzono w ziarnie zbóż (1,23 µg/kg) i w mące (1,44 µg/kg). W przypadku kasz i płatków owsianych zawartość badanej mikotoksyny kształtowała się na zbliżonym i niskim poziomie – około 0,90 µg/kg. W 6,6 % próbek makaronu stężenie ochratoksyny A (OTA) przekroczyło zalecaną wartość, tj. 0,50 µg/kg.
4. Średnia zawartość aflatoksyny B₁ w badanych przetworach zbożowych nie przekroczyła dopuszczalnej wartości. Jedynie w 9,5 % próbek makaronu stężenie badanej mikotoksyny przekroczyło zalecany poziom dwukrotnie.
5. Średnia zawartość sumy aflatoksyn B₁, B₂, G₁, G₂ była największa w mące i wynosiła 0,77 µg/kg. W pozostałych przetworach zbożowych średnia zawartość tych mikotoksyn była wyrównana (0,30 µg/kg) i nie przekraczała dozwolonych norm.

Literatura

- [1] Bittencourt A.B.F., Oliveira C.A.F., Dilkin P., Corrêa B.: Mycotoxin occurrence in corn meal and flour traded in São Paulo, Brazil. *Food Control*, 2005, **16**, 117-120.
- [2] Cabañas R., Bragulat M.R., Abarca M.L., Castellá G., Cabañes F.J.: Occurrence of *Penicillium verrucosum* in retail wheat flours from the Spanish market. *Food Microbiol.*, 2008, **25**, 642-647.
- [3] Cegielska-Radziejewska R., Szablewski T., Karolczak K., Kaczmarek A., Kijowski J.: Ocena zawartości mikotoksyn w zbożach paszowych i paszach metodą immunoenzymatyczną. *Nauka. Przyroda. Technologia*, 2009, **3 (4)**, 1-9.
- [4] Cho S.H., Lee Ch.H., Jang M.R., Son Y.W., Lee S.M., Choi I.S., Kim S.H., D.B. Kim.: Aflatoxins contamination in spices and processed spice products commercialized in Korea. *Food Chem.*, 2008, **107**, 1283-1288.
- [5] Chung W.C., Kwong K.P., Tang A.S.P., Yeung S.T.K.: Ochratoxin A levels in foodstuffs marketed in Hong-Kong. *J. Food Comp. Anal.*, 2009, **22**, 756-761.
- [6] Ghali R., Hmaissia-khlifa K., Ghorbel H., Maaroufi K., Hedili A.: Incidence of aflatoxins, ochratoxin A and zearalenone in tunisian foods. *Food Control*, 2008, **19**, 921-924.
- [7] Horoszkiewicz-Janka J., Jajor E., Korbas M.: Wpływ grzybów toksynotwórczych na wybrane cechy jakościowe plonu zbóż i rzepaku. *Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin*, 2008, **48 (3)**, 1039-1047.
- [8] Łozowicka B.: Zanieczyszczenia chemiczne w żywności pochodzenia roślinnego. *Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin*, 2009, **49 (4)**, 2071-2080.
- [9] Pérez-Torrado E., Blesa J., Moltó J.C., Font G.: Pressurized liquid extraction followed by liquid chromatography-mass spectrometry for determination of zearalenone in cereal flours. *Food Control*, 2010, **21**, 399-402.
- [10] Petzinger E., Weidenbach A.: Mycotoxins in the food chain: the role of ochratoxins. *Livestock Production Science*, 2002, **76**, 245-250.
- [11] PN-EN 12955:2001. Artykuły żywnościowe. Oznaczanie aflatoksyny B₁ i sumy aflatoksyn B₁, B₂, G₁, G₂ w zbożach, orzechach i produktach z nich otrzymanych. Metoda wysokosprawnej chromatografii cieczowej z uzyskiwaniem pochodnej po rozdziale na kolumnie i oczyszczaniu na kolumnie powinowactwa immunologicznego.
- [12] PN-EN ISO 15141-1:2000. Artykuły żywnościowe. Oznaczanie ochratoxyny A w zbożach i produktach zbożowych. Metoda wysokosprawnej chromatografii cieczowej z oczyszczaniem na żelu krzemionkowym.
- [13] Pokrzywa P., Cieślik E., Topolska K.: Ocena zawartości mikotoksyn w wybranych produktach spożywczych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2007, **3 (52)**, 139-146.
- [14] Rozporządzenie Komisji (UE) NR 165/2010 z dnia 26 lutego 2010 r. zmieniające rozporządzenie (WE) nr 1881/2006 ustalające najwyższe dopuszczalne poziomy niektórych zanieczyszczeń w środkach spożywczych w odniesieniu do aflatoksyn. (Dz. Urz. WE L 50/8).
- [15] Rozporządzenie Komisji (WE) NR 1126/2007 z dnia 28 września 2007 r. zmieniające rozporządzenie (WE) nr 1881/2006 ustalające najwyższe dopuszczalne poziomy niektórych zanieczyszczeń w środkach spożywczych w odniesieniu do toksyn *Fusarium* w kukurydzy i produktach z kukurydzy. (Dz. Urz. WE L 255/14).
- [16] Rozporządzenie Komisji (WE) nr 1881/2006 z dnia 19 grudnia 2006 r. ustalające najwyższe dopuszczalne poziomy niektórych zanieczyszczeń w środkach spożywczych. (Dz. Urz. WE L 364/5).
- [17] Schollenberger M., Jara H.T., Suchy S., Drochner W., Müller H.M.: *Fusarium* toxins in wheat flour collected in an area in southwest Germany. *International Journal of Food Microbiology*, 2002, **72**, 85-89.
- [18] Stolarska A., Janda K.: Zagrożenia dla zbóż – grzyby strzępkowe. *Przem. Spoż.* 2004, **11**, 56-57.

- [19] Wydawnictwo Metodyczne PZH: Oznaczanie toksyn *Fusarium* – deoksynivalenolu (DON) w zbożach i jego przetworach metodą wysokosprawnej chromatografii cieczowej z oczyszczaniem za pomocą kolumn powinowactwa immunologicznego, Warszawa 2005.
- [20] Wydawnictwo Metodyczne PZH: Oznaczanie toksyn *Fusarium* – zearalenonu (ZEA) w zbożach i jego przetworach metodą wysokosprawnej chromatografii cieczowej z oczyszczaniem za pomocą kolumn powinowactwa immunologicznego, Warszawa 2005.
- [21] Ziarno M., Ujazdowska M.. Ochratoksyna A w żywności. Przem. Spoż. 2009, **63** (7), 21-25.

THE OCCURRENCE OF MYCOTOXINS IN CEREALS AND CEREAL PRODUCTS PRESENT IN RETAIL OUTLETS IN THE PROVINCE OF PODKARPACIE

S u m m a r y

The objective of this study was to determine the content of the following micotoxins: aflatoxin B1, the sum of B1, B2, G1, and G2 aflatoxins, A ochratoxin (OTA), deoxynivalenol (DON), and zearalenone (ZEA) in cereals and cereal products present in the retail market in the Province of Podkarpacie. The highest average content of deoxynivalenol (DON) was determined in the cereal grain and flour. Additionally, in the case of one sample of flour, the maximum concentration of the mycotoxin (784 µg/kg) analyzed exceeded the permissible level of 750 µg/kg. The concentration of zearalenone (ZEA), determined in the cereal grain and cereal products, was evidently lower than the content of deoxynivalenol. It was found that in no samples analyzed, the content of this micotoxin exceeded the assumed permissible limit thereof. The highest concentration of A ochratoxin (OTA) occurred in the cereal grain (1.23 µg/kg) and flour (1.44 µg/kg). As for the pasta samples tested, it was proved that in 6.6 % of the studied material, the concentration of A ochratoxin (OTA) exceeded the recommended value. The average content of B1 aflatoxin in cereal products did not exceed the assumed permissible level. Only in 9.5% of the pasta samples analyzed, the concentration of the latter mycotoxin exceeded twofold the permissible limit. The highest average content of the sum of B1, B2, G1, and G2 aflatoxins was in the flour samples (0.77 µg/kg). The average content of those mycotoxins in all other cereal products tested was equal (0.30 µg/kg) and did not exceed the permitted values.

Key words: mycotoxins, aflatoxins, ochratoxin A (OTA), deoxynivalenol (DON), zearalenone (ZEA) ☒