

MYCOTOXINS IN CEREAL PRODUCTS FROM ORGANIC CULTIVATION

Summary

The aim of the study was to determine of mycotoxins contamination level in cereal products available on local East Poland market. Studies were conducted in 2010 and 2011 on cereal products produced from grain harvested in 2010. Commercial Enzyme-Linked ImmunoSorbent Assays ELISA were used to identify aflatoxins, ochratoxin A, T-2 toxin, deoxynivalenol and zearalenone. The all examined mycotoxins were present in cereal products.

Key words: wheat; spelt; cultivation; ecological system; mycotoxins; experimentation

MIKOTOKSYNY W PRODUKTACH ZBOŻOWYCH Z UPRAW EKOLOGICZNYCH

Streszczenie

Celem badań było określenie poziomu mikotoksyn w produktach zbożowych dostępnych na rynku wschodniej Polski. Badania prowadzono w latach 2010 - 2011 na produktach zbożowych wyprodukowanych ze zbóż uprawianych w 2010 roku. Do identyfikacji aflatoksyn, ochratoksyny A, toksyny T-2, deoksyniwalenolu oraz zearalenonu użyto komercyjnych testów immunoenzymatycznych ELISA. Stwierdzono, że mikotoksyny występowały we wszystkich badanych produktach zbożowych.

Key words: pszenica; orkisz; uprawa; system ekologiczny; mikotoksyny; badania

1. Wstęp

Głównymi producentami mikotoksyn są grzyby z rodzaju *Aspergillus*, *Penicillium* i *Fusarium* [4]. Są to cząsteczki termostabilne, o niskiej masie cząsteczkowej. Do najczęściej występujących mikotoksyn należą: aflatoksyny B₁, B₂, G₁, G₂ oraz ich metabolity M₁ i M₂, trichoteceny A: toksyna T-2, toksyna HT-2, diacetoksyrcirpenol/DAS, neosolaniol/NEO oraz B: deoksyniwalenol/ DON, niwalenol/NIV, fuzarenon-X/FUS-X; ochratoksyna A, B i C, zearalenon/ZEN i fumonizyny B₁, B₂, B₃. W zbożach i produktach zbożowych najczęściej występują trichoteceny i ochratoksyny [9, 24].

Mikotoksyny są niebezpieczne dla ludzi oraz zwierząt. Stanowią przyczynę ostrych zatruc pokarmowych, a nawet śmierci. Są również mutagenne, rakotwórcze, immunosupresyjne, teratogenne, neurotoksyczne oraz estrogenne. W 1993 roku Międzynarodowa Agencja Badań nad Rakiem (IARC) dodała do rejestru ochratoksynę A, aflatoksynę M₁, fumonizynę B₁ i B₂ oraz fuzarynę C, jako możliwe rakotwórcze dla człowieka, a także zearalenon, deoksyniwalenol, niwalenol, fuzarenon X oraz toksynę T-2, jako substancje niemożliwe do sklasyfikowania jako nierakotwórcze dla człowieka. W 2002 roku lista została poszerzona o aflatoksyny, wykazujące potencjalnie kancerogenne działanie na organizm ludzki [10, 11, 24].

Produkty ekologiczne promowane są jako produkty bezpieczne oraz korzystnie oddziałujące na zdrowie człowieka, m.in. poprzez zwiększone, w stosunku do produktów pochodzących z konwencjonalnego systemu produkcji, ilości witamin oraz mikro- i makroelementów. Często zawierają one również mniejsze ilości mikotoksyn [26, 30, 32].

Celem pracy było określenie występowania mikotoksyn fuzaryjnych i przechwalniczych w ekologicznych produktach zbożowych.

2. Materiał badawczy

Materiał badawczy stanowiło 57 ekologicznych produktów zbożowych pochodzących z lokalnego rynku z rejonu

wschodniej Polski z lat 2010-2011, przy czym wyprodukowano je ze zbóż zebranych w 2010 r.

W 2010 r. badano 22 produkty takie jak: 1 rodzaj kaszy pęczak jęczmienny, 2 rodzaje kaszy jęczmiennej, 4 rodzaje płatków owsianych górskich, 2 rodzaje mąki orkiszowej, 6 rodzajów mąki żytniej, 6 rodzajów mąki pszennej, 1 rodzaj kaszy manny.

W 2011 roku poddano badaniom 35 produktów, tj.: 1 typ mąki, 1 rodzaj makaronu pszennego, 1 rodzaj otrębów, 1 rodzaj płatków, 1 rodzaj kaszy, 2 rodzaje makaronu orkiszowego, 3 rodzaje makaronu żytniego, 1 rodzaj kaszy owsianej, 1 rodzaj płatków jęczmiennych, 3 rodzaje gryczanej, 1 rodzaj kaszy z prosa, 1 rodzaj płatków kukurydzianych oraz 17 produktów wielozbożowych: 2 rodzaje mąki, 7 rodzajów musli, 3 rodzaje płatków, 1 rodzaj otrębów oraz 4 rodzaje ciastek.

3. Metodyka badań

W badanych produktach określono zawartość aflatoksyn, ochratoksyny A, toksyny T-2, deoksyniwalenolu oraz zearalenonu za pomocą immunoenzymatycznej metody ELISA.

Użyto następujących komercyjnych zestawów testów ELISA: Ridascreeen Aflatoxin Total Assay, Ridascreeen T-2 Toxin Assay, Ridascreeen Ochratoxin A 30/15 Assay, Ridascreeen DON Assay and Ridascreeen Zearalenon Assay. Konniugat w zestawach bezpośrednich kompetycyjnych testów immunoenzymatycznych zawierał perosydatę z chrzanu pospolitego. Test ELISA przeprowadzono zgodnie z zaleceniami opisanymi w instrukcji Ridascreeen Assay. Zmielone próbki (20 g) wyekstrahowano i przefiltrowano przez bibułę filtracyjną Whatman No. 1. Następnie próbki przemyto destylowaną wodą. Przesącz w objętości 100 µl z każdej próby użyto do dalszej procedury. Absorbancję mierzono przy użyciu czytnika ELISA Tecan Sunrise przy długości fali 450 nm.

Wykryte większe zanieczyszczenie produktów zbożowych pochodzących z 2010 r. toksynami fuzaryjnymi mogło być spowodowane występującymi w sierpniu, czyli okresie żniw, obfitymi opadami deszczu, które sprzyjały rozwojowi grzybów toksynotwórczych. Natomiast wysokie stężenie mikotoksyn przechowalniczych w 2011 r. mogło mieć związek z odwilżą, a w konsekwencji wysoką wilgotnością względną powietrza w okresie przelomu lat 2010 i 2011, co miało wpływ na rozwój grzybów przechowalniczych (tab. 1-3).

4. Wyniki badań

W 2010 roku stwierdzono powszechne występowanie mikotoksyn fusaryjnych, takich jak: deoksyniwalenol, toksyna T-2 i zearalenon w ekologicznych produktach zbożowych. W żadnym produkcie nie stwierdzono natomiast obecności mikotoksyn przechowalniczych, tj. aflatoksyny i ochratoksyny A. W większości prób zawartości deoksyniwalenolu i zearalenonu w produktach zbożowych były małe i wynosiły średnio odpowiednio 122,26 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ i 3,70 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$. Maksymalne zawartości tych mikotoksyn wynosiły dla DON 301,4 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, i dla ZEN 24,8 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$. Natomiast toksyna T-2 występowała w 95,45% prób w ilościach do 26,7 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$. (tab. 4).

W 35 próbkach produktów wytworzonych w 2011 r. ze

zboż ze zbioru 2010 r. w 57,14% z nich stwierdzono aflatoksyny. W większości z nich dopuszczalny poziom mikotoksyn został przekroczony i wynosił średnio 8,78 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$. Średnia zawartość aflatoksyn w grupie najczęściej zanieczyszczonych produktów tj. gryczanych oraz wielozbożowych wynosiła odpowiednio 10,23 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ oraz 4,76 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$. W dwóch próbkach wykryto zearalenon w ilościach 10,2 oraz 45,2 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, a w ośmiu deoksyniwalenol, przy czym maksymalne stężenie DON wyniosło 125,0 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$. W pięciu próbkach wykryto ochratoksynę A, przy czym w czterech z nich ilość tej mikotoksyny przekraczała dopuszczalny poziom. Najwyższy poziom OTA zanotowano w otrębach orkiszowych i wynosił on 24,00 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$. Drugim produktem, w którym ilość tej mikotoksyny wynosząca 5,80 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ została znacznie przekroczona był jeden z makaronów razowych orkiszowych. W próbkach z 2011 r. najczęściej stwierdzano obecność toksyny T-2 w ilości do 20,5 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$. Najrzadziej wykrywany był zearalenon, bo tylko w 5,71% prób.

Najbardziej zanieczyszczonym przez mikotoksyny produktem okazały się otręby orkiszowe. Wykryto w nich wszystkie badane mikotoksyny. Najmniej zanieczyszczona była mąka pszenna typ 500. Produkty kukurydziane okazały się najmniej zanieczyszczone przez mikotoksyny, natomiast produkty z orkiszu najbardziej (tab. 5).

Tab. 1. Średnie temperatury - stacja meteorologiczna Lublin – Radawiec [$^{\circ}\text{C}$]

Table 1. Annual average temperature – weather station in Lublin - Radawiec [$^{\circ}\text{C}$]

miesiąc month rok / year	styczeń January	luty February	marzec March	kwiecień April	maj May	czerwiec June	lipiec July	sierpień August	wrzesień September	Październik October	listopad November	grudzień December	średnia roczna annual average
2010	-8,6	-2,6	2,6	8,8	13,8	17,3	20,8	19,3	11,8	5,2	6,0	-5,0	7,5
2011	-1,3	-4,7	2,5	10,0	13,6	18,0	17,9	18,2	14,6	7,5	2,0	1,5	8,4

Tab. 2. Suma opadów - stacja meteorologiczna Lublin - Radawiec [mm]

Table 2. Annual total precipitation – weather station in Lublin - Radawiec [mm]

miesiąc month rok / year	styczeń January	luty February	marzec March	kwiecień April	maj May	czerwiec June	lipiec July	sierpień August	wrzesień September	październik October	listopad November	Grudzień December	suma roczna annual total
2010	28,72	31,5	21,33	30,48	162,07	69,60	79,24	70,87	172,99	7,36	54,85	31,99	761,00
2011	30,73	24,37	10,92	34,02	54,11	79,74	166,62	32,01	5,08	26,68	1,01	40,67	505,96

Tab. 3. Średnia względna wilgotność – stacja meteorologiczna Lublin – Radawiec [%]

Table 3. Annual average humidity – weather station in Lublin - Radawiec [%]

miesiąc month rok / year	styczeń January	luty February	marzec March	kwiecień April	maj May	czerwiec June	lipiec July	sierpień August	wrzesień September	Październik October	listopad November	grudzień December	średnia roczna annual average
2010	91,6	89,3	76,5	70,4	85,3	77,0	75,2	78,5	88,3	82,9	89,1	93,6	83,1
2011	92,6	84,6	72,8	65,6	70,7	73,3	84,9	76,1	77,0	83,7	89,7	91,3	80,2

Tab. 4. Zawartość mikotoksyn w produktach zbożowych z 2010 r. wyrażona w ppb ($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)

Table 4. Content of mycotoxins in cereal products from 2010 in ppb ($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)

Gatunek zboża <i>Cereal species</i>	Produkt <i>Product</i>	Typ produktu <i>Product type</i>	AFLA	OTA	T-2	DON	ZEN
jęczmień <i>barley</i>	kasza <i>grits</i>	pęczak / <i>pearl barley</i>	0	0	11,6	44,4	1,8
		wiejska <i>farmhouse</i>	0	0	10,6	35,6	2,2
			0	0	13,7	41,7	2,7
owies <i>oat</i>	płatki <i>cereals</i>	górskie <i>mountain</i>	0	0	16,7	29,8	2,1
			0	0	18,3	0	0,0
			0	0	25,2	0	0,0
			0	0	18,6	34,8	0,0
pszenica orkisz <i>spelt</i>	mąka <i>flour</i>	typ / <i>type</i> 1850 graham	0	0	15,3	95,1	2,4
		typ / <i>type</i> 750	0	0	13,5	98,8	0,0
żyto <i>rye</i>	mąka <i>flour</i>	typ / <i>type</i> 2000	0	0	22,4	281,4	2,2
			0	0	24,4	166,2	1,9
			0	0	18,9	202,5	0,0
			0	0	26,7	301,4	13,5
			0	0	24,4	62	0,0
		typ / <i>type</i> 720	0	0	24,7	290,1	7,6
pszenica <i>wheat</i>	mąka <i>flour</i>	staropolska typ <i>Old Polish type</i> 2500	0	0	19,9	122,6	8,2
		typ / <i>type</i> 1850	0	0	18,1	98	3,7
			0	0	0	80,2	0,0
			0	0	16,9	90,1	1,8
			0	0	15,9	246,3	24,8
		typ / <i>type</i> 750	0	0	9,4	180,3	2,3
	kasza <i>grits</i>	manna / <i>semolina</i>	0	0	19,3	188,4	4,3

AFLA – aflatoksyny / *aflatoxins*

OTA – ochratoksyna A / *ochratoxin A*

T-2 – toksyna T-2 / *T-2 toxin*

DON – deoksyniwalenol / *deoxynivalenol*

ZEN – zearalenon / *zearalenone*

Tab. 5. Zawartość mikotoksyn w produktach zbożowych z 2011 roku wyrażona w ppb ($\mu\text{g}/\text{kg}$)

Table 5. Content of mycotoxins in cereal products from 2010 in ppb ($\mu\text{g}/\text{kg}$)

Gatunek zboża <i>Cereal species</i>	Produkt <i>Product</i>	Typ produktu / <i>Product type</i>	AFLA	OTA	T-2	DON	ZEN
pszenica zwy- czajna <i>wheat</i>	mąka / <i>flour</i>	jasna / <i>light</i> , typ / <i>type</i> 500	0	0	0	0	0
	makaron <i>pasta</i>	razowy / <i>wholemeal</i> (mąka / <i>flour</i> Graham typ / <i>type</i> 1850)	10,7	3	11,5	39,9	0
pszenica orkisz <i>spelt</i>	otręby / <i>bran</i>		6,0	24,0	9,8	125,0	45,2
	płatki / <i>cereals</i>		0	0	10,2	0	0
	kasza / <i>grits</i>	średnia / <i>medium</i>	0	0	8,2	0	0
	makaron <i>pasta</i>	razowy / <i>wholemeal</i> – wstążka (mąka typ / <i>flour type</i> 1850)	4,6	5,8	14,8	0	0
razowy / <i>wholemeal</i> – świderek (mąka typ / <i>flour type</i> 1850)		14,2	2,9	11,2	34,3	0	
żyto / <i>rye</i>	płatki / <i>cereals</i>		10,4	0	7,5	0	0
	makaron <i>/ pasta</i>	razowy / <i>wholemeal</i> – rurka (mąka typ / <i>flour type</i> 1850)	0	0	10,8	0	0
		razowy / <i>wholemeal</i> – świderek (mąka typ / <i>flour type</i> 1850)	8,3	0	13,7	23,8	0
		razowy / <i>wholemeal</i> – wstążka (mąka typ / <i>flour type</i> 1850)	0	0	13,8	24,6	0
owies / <i>oat</i>	kasza / <i>grits</i>		6,7	0	16,1	0	0
jęczmień <i>barley</i>	płatki / <i>cereals</i>		0	0	9,6	0	0
gryka <i>buckwheat</i>	kasza / <i>grits</i>	krakowska – łamana / <i>broken</i>	13,1	0	0	0	0
		niepalona / <i>unburnt</i>	5,5	0	20,5	29,5	0
		palona / <i>burnt</i>	12,1	0	0	0	0
proso / <i>millet</i>	kasza / <i>grits</i>	jałgłana / <i>millet</i>	0	0	14,0	0	0
kukurydza <i>maize</i>	płatki / <i>cereals</i>		3,0	0	5,0	0	0
wielozbożowe <i>multigrain</i>	mąka / <i>flour</i>	żytnio-pszenna / <i>rye-wheat</i> (żytnia / <i>rye</i> 70%, pszena / <i>wheat</i> 30%)	6,9	0	5,7	0	10,2
		mix chlebowy / <i>bread mix</i> (mąka pszena typ / <i>wheat flour</i>)	3,4	0	5,0	0	0

Gatunek zboża <i>Cereal species</i>	Produkt <i>Product</i>	Typ produktu / <i>Product type</i>	AFLA	OTA	T-2	DON	ZEN
		type 750 - 34%, żytnia typ / <i>rye flour type 720 - 34%</i> , orkiszowa typ / <i>spelt flour type 750 - 33%</i>)					
	musli	truskawkowo-jabłkowe / <i>strawberry-apple</i> (płatki owsiane i kukurydziane / <i>oat and corn cereals</i>)	0	0	9,3	0	0
		mix zbóż z morelami / <i>grain mix with apricots</i> (płatki zbożowe / <i>grain cereals</i> : pszenne / <i>wheat</i> , żytnie / <i>rye</i> , jęczmień / <i>barley</i> , owsiane / <i>oat</i> , kukurydziane / <i>corn</i> - 60%, pszenica dmuchana / <i>blown wheat</i>)	8,8	0	0	0	0
		bananowo-orzechowe / <i>banana-hazelnut</i> (płatki zbożowe / <i>grain cereals</i> : pszenne / <i>wheat</i> , żytnie / <i>rye</i> , jęczmień / <i>barley</i> , owsiane / <i>oat</i> , kukurydziane / <i>corn</i>)	9,4	0	0	0	0
		orzechowe / <i>hazelnut</i> (płatki owsiane zwykłe i górskie / <i>oat and mountain oat cereals</i>)	6,5	0	9,5	0	0
		owocowe chrupkie / <i>crunchy fruity</i> (płatki owsiane zwykłe i górskie / <i>oat and mountain oat cereals</i>)	13,2	0	11,6	0	0
		jabłkowe chrupkie bezcukrowe / <i>crunchy apple sugar-free</i> (płatki owsiane zwykłe i górskie / <i>oat and mountain oat cereals</i>)	2,9	0	8,3	0	0
	tradycyjne / <i>traditional</i> (płatki owsiane / <i>oat cereals</i> błyskawiczne, płatki pszenne / <i>wheat cereals</i>)	0	0	9,9	0	0	
Wielozbożowe <i>multigrain</i>	płatki / <i>cereals</i>	mix 3 zboża / <i>3 grain mix</i> (płatki / <i>cereals</i> : pszenne / <i>wheat</i> 34%, żytnie / <i>rye</i> 33%, jęczmień / <i>barley</i> 33%)	0	0	6,7	24,9	0
		mix 4 zboża / <i>4 grain mix</i> (płatki / <i>cereals</i> : pszenne / <i>wheat</i> 25%, żytnie / <i>rye</i> 25%, jęczmień / <i>barley</i> 25%, owsiane / <i>oat</i> 25%)	0	0	10,3	0	0
		mix 5 zbóż / <i>5 grain mix</i> (płatki / <i>cereals</i> : pszenne / <i>wheat</i> 20%, żytnie / <i>rye</i> 20%, jęczmień / <i>barley</i> 20%, owsiane / <i>oat</i> 20%, orkiszowe / <i>spelt</i> 20%)	0	0	11,7	0	0
	otręby / <i>bran</i>	żytnio-pszenne / <i>rye-wheat</i> (otręby pszenne / <i>wheat bran</i> 50%, żytnie / <i>rye bran</i> 50%)	14,0	0	10,3	0	0
	Ciastka <i>cookies</i>	owsiano-kakaowe / <i>oat-cocoa</i> (płatki owsiane górskie / <i>mountain oat cereals</i> 30%, mąka pszenna pełnoziarnista / <i>wholemeal wheat flour</i>)	0	4,2	10,5	0	0
		becukrowe / <i>sugar-free</i> (mąka pszenna pełnoziarnista / <i>wholemeal wheat flour</i> , płatki owsiane górskie / <i>mountain oat cereals</i>)	0	0	11,6	0	0
		owsiane bożonarodzeniowe / <i>Christmas oat cookies</i> (płatki owsiane górskie / <i>mountain oat cereals</i> 37,3%, mąka pszenna Graham typ / <i>wheat flour type Graham 1850</i>)	0	0	6,4	21,4	0
		orzechowe / <i>hazelnut</i> (mąka pszenna pełnoziarnista / <i>wholemeal wheat flour</i> , płatki owsiane górskie / <i>mountain oat cereals</i> 16,5%)	15,9	0	7,8	0	0

AFLA – aflatoksyny / *aflatoxins*

OTA – ochratoksyna A / *ochratoxin A*

T-2 – toksyna T-2 / *T-2 toxin*

DON – deoksyniwalenol / *deoxynivalenol*

ZEN – zearalenon / *zearalenone*

5. Dyskusja

Informacje z piśmiennictwa wskazują na częste występowanie w zbożach mikotoksyn, a głównie deoksyniwalenolu, niwalenolu oraz zearalenonu. Większość zbóż zanieczyszczonych jest przede wszystkim deoksyniwalenolem, którego głównymi producentami są *Fusarium graminearum* i *F. culmorum* sprawcy fuzariozy kłosów zbóż [8, 15-17, 21, 32]. W wyniku występowania tej choroby dochodzi do spadku plonu zbóż i pogorszenia jego parametrów [12, 14, 18]. W latach 1998-2002 stwierdzano częste skażenie produktów zbożowych (szczególnie mąki) deoksyniwalenolem w maksymalnych dopuszczalnych ilościach. Wyjątek stanowił rok 1999, kiedy pomimo powszechnego występowania DON w zbożach średnie zawartości wynosiły od 200 do 300 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ [17, 29]. Badania własne również wykazały powszechne zanieczyszczenie produktów zbożowych przez deoksyniwalenol, ale w stopniu słabym. Szacuje się, że codzienne spożycie deoksyniwalenolu przez dużą część konsumentów w Europie kształtuje się na podobnym poziomie jak ustalona sugerowana suma tolerowanego dziennego

spożycia dla tej mikotoksyny [15]. W badaniach własnych najwyższe stężenia DON stwierdzono w produktach żytnich i pszennych (orkiszowych). We wszystkich badanych produktach nie zanotowano przekroczenia maksymalnych dopuszczalnych zawartości DON, które wynoszą 750 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ w produktach zbożowych i 500 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ w produktach dla dzieci, w tym w chlebie i płatkach dla dzieci 350 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, natomiast w przypadku ZEN 50 $\mu\text{g}/\text{kg}$ dla produktów ze zbóż i 20 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ dla produktów dla dzieci.

W niniejszej pracy wykazano wzrastający udział występowania toksyny T-2 w produktach zbożowych. W latach 2010-2011 w 92,98% prób stwierdzano obecność tej mikotoksyny. Występowała ona we wszystkich produktach, bez względu na gatunek zboża użytego do produkcji artykułu spożywczego. Jej ilość nie przekroczyła 26,7 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$. Dotychczas nie określono w Unii Europejskiej dopuszczalnego maksymalnego poziomu tej toksyny w żywności, natomiast ustalono tolerowane codzienne pobranie tej mikotoksyny i wynosi ono 60 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ masy ciała. Wśród trichocenów jest ona jedną z najbardziej toksycznych substancji. Produkowana jest przede wszystkim przez *Fusarium sporotricho-*

ides oraz *F. poae* [22]. *F. poae* jest jednym z głównych patogenów powodujących fuzariozę pszenicy zwyczajnej w Polsce [3, 31, 32]. Postupolski i in. [25] analizując 107 prób przetworów zbożowych otrzymanych głównie z owsa, pochodzących z różnych części naszego kraju również potwierdzili występowanie toksyny T-2 w ponad 40% próbek. Badania własne wskazują na znacznie wyższy udział zanieczyszczenia produktów zbożowych.

W niniejszych badaniach zearalenon wykryto w próbkach produktów zbożowych pochodzących z 2010 r. W przebadanych w tamtym roku 68,18% artykułów, głównie z pszenicy zwyczajnej, żyta i jęczmienia, było zanieczyszczone tą mikotoksyną, przy czym jej stężenie nie przekroczyło dopuszczalnej ilości. Literatura potwierdza występowanie zearalenonu w licznych gatunkach zbóż, takich jak owies, jęczmień, żyto, pszenica, a także w ryżu, kukurydzy i sorgo, w produktach m.in. w kaszach, mące i pieczywie na poziomie nawet do 100 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ [17, 23]. Występowanie zearalenonu w owsie i jęczmieniu uprawianych w Polsce stwierdził Perkowski [20].

Ochratoksynę A wykryto w pięciu produktach pochodzących z 2011 r. W 60% przypadków stwierdzenia OTA w produkcie, jej poziom przekraczał maksymalny dopuszczalny poziom ujęty w rozporządzeniu unijnym [27, 28]. Stężenie tej mikotoksyny wynosiło 7,34 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, a maksymalne – 24,0 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ stwierdzono w próbce otrębów orkiszowych z 2011 r. Informacje z piśmiennictwa wskazują na częste występowanie tej substancji w surowcach roślinnych [5, 33]. Z przeprowadzonych badań przez Pokrzywę, Cieślak i Topolską [24] wynika, że ochratoksyna A występuje w produktach zbożowych m.in. mące pszennej. Udział ochratoksyny A w przetworach zbożowych był zdecydowanie niższy niż w badaniach własnych. Gareis i in. [7] analizując około 7000 różnych prób żywności w Niemczech wskazali znaczne zanieczyszczenie produktów zbożowych przez OTA. Badacze wyliczali ponadto, że z ogólnej ilości toksyny przyjmowanej przez człowieka z pożywieniem, około 1/3 stanowi pieczywo. Podobne szacunki uzyskali także inni badacze. Przypuszczają oni, że w Europie przynajmniej 50% dziennego pobrania tej toksyny pochodzi ze zbóż i produktów zbożowych [2]. Badania prowadzone w Hiszpanii przez Araguasa i in. [1] potwierdzają obecność ochratoksyny A w około 90% badanych próbek płatków śniadaniowych oraz w około 70% badanych próbek produktów zbożowych dla dzieci.

Zanieczyszczenie aflatoksynami, przy sprzyjających warunkach może nastąpić w trakcie wzrostu roślin. Jednak największe zanieczyszczenie tymi toksynami stwierdzono w artykułach rolnych przechowywanych w niewłaściwych warunkach [23]. Istniejące zagrożenie tymi mikotoksynami w naszym klimacie związane jest głównie z importem surowców z krajów ciepłego, wilgotnego klimatu tropikalnego i subtropikalnego [8, 22, 23]. Badania prowadzone na obecność aflatoksyn przez niemieckie urzędowe jednostki nadzoru artykułów żywnościowych w latach 1998-2002 na ponad 11000 prób produktów spożywczych potwierdziły, że związek ten występuje najczęściej w produktach importowanych, zaś zboża są mniej obciążone [17]. Przedstawione w niniejszej pracy wyniki wskazują, że produkty zbożowe były w niewielkim stopniu zanieczyszczone aflatoksynami. Obecność tych toksyn odnotowano głównie w produktach gryczanych oraz wielozbożowych pochodzących z 2011 r.

Produkty zbożowe stanowią podstawę piramidy żywieniowej człowieka i zaleca się, aby stanowiły składnik każdego posiłku [34]. Ilość kumulowanych mikotoksyn w ziarnach, obecna później w produktach zbożowych, jest zależna m.in. od roku i panujących w nim warunków pogodowych oraz czynników genetycznych uprawianych zbóż [20, 26, 36]. Prawdopodobnie na uzyskane w badaniach własnych zróżnicowane wyniki zawartości mikotoksyn między latami badań miały wpływ warunki pogody.

Informacje z literatury na temat obecności mikotoksyn w zbożach z upraw ekologicznych oraz ich produktach wskazują, że nie ma większych różnic w koncentracji mikotoksyn pomiędzy surowcami pochodzącymi z rolnictwa ekologicznego oraz konwencjonalnego [6, 35]. Na podstawie badań przeprowadzonych w Niemczech w latach 2000-2007 stwierdzono mniejszą zawartość mikotoksyn w chlebie z ziarna pochodzącego z upraw ekologicznych w porównaniu z konwencjonalnymi [19]. Ponadto Knudsen i in. [13] obserwują większą koncentrację mikotoksyn w ziarnie pochodzącym z gospodarstw konwencjonalnych. Informacje z piśmiennictwa wskazujące na mniejsze zawartości mikotoksyn w zbożach lub ich produktach pochodzących z uprawy ekologicznej w porównaniu z konwencjonalną sugerują, że czynniki biologiczne, takie jak następstwo roślin, sposób ich nawożenia i inne, mogą odgrywać w tym przypadku ważną rolę [32]. Prowadzenie gospodarstw w ekologicznym systemie produkcji wymaga od rolników znacznie większej wiedzy i umiejętności niż w systemie konwencjonalnym. Można przypuszczać, że zwiększony udział zanieczyszczeń mikotoksynami wiąże się z błędami popełnianymi przez rolników z braku dostatecznej znajomości metod ograniczania powstawania tych związków [30].

6. Bibliografia

- [1] Araguas C., Gonzalez-Penas E., Lopez de Cerain A.: Study on ochratoxin A in cereal-derived products from Spain. *Food Chemistry*, 2005, 92, s. 459-464.
- [2] Battaglia R., Hatzold T., Kroes R.: Conclusions from the workshop on ochratoxin in food. *Food Additives Contaminants*, 1996, 13, s. 1-3.
- [3] Batur A.: Head healthiness and fungi composition of spring barley harvested grain cultivated under organic, integrated conventional farming systems. *Phytopath. Pol.*, 2002, 26.
- [4] Binder E.M., Tan L.M., Chin L.J., Handl J., Richard J.: Worldwide occurrence of mycotoxins in commodities, feeds and feed ingredients. *Animal Feed Science and Technology*, 2007, 137, s. 265-282.
- [5] Dworecka-Kaszak B.: Mikologia weterynaryjna. Warszawa: Wyd. SGGW, 2008.
- [6] FAO. Twenty-second FAO Regional Conference for Europe, Food safety and quality as affected by organic farming. Porto, Portugal, 24-28 July 2000 (report).
- [7] Gareis M., Wolff H., Bresch G., Engel H., Rosner P., Majerus R.: The German Ochratoxin A project: Contamination of foods and consumer exposure. *Mycotoxins*, 2001, 51, s. 31-35.
- [8] Horoszkiewicz-Janka J., Jajor E., Korbas M.: Wpływ grzybów toksynotwórczych na wybrane cechy jakościowe plonu zbóż i rzepaku. *Postępy w Ochronie Roślin*, 2008, nr 48(3), s. 1039-1046.
- [9] Hussein H.S., Brasel J.M.: Toxicity, metabolism and impact of mycotoxins on humans and animals. *Toxicology*, 2001, 167, s. 101-134.
- [10] IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans – some naturally occurring substances: food items and constituents, heterocyclic aromatic amines and mycotoxins. 1993, 56, s. 245-523.

- [11] IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans - some traditional herbal medicines, some mycotoxins, naphthalene and styrene. 2002, 82, s. 169-345.
- [12] Inch S. A., Gilbert J.: Survival of *Gibberella zeae* in *Fusarium*-Damaged Wheat Kernels. *Plant Diseases*, 2003, 87(3), s. 282-287.
- [13] Knudsen I.M.B., Elmholt S., Hockenhull J., Jensen D.F.: Distribution of saprophytic fungi antagonistic to *Fusarium culmorum* in two differently cultivated field soils, with special emphasis on the genus *Fusarium*. *Biological Agriculture and Horticulture*, 1995, 12, s. 61-79.
- [14] Korbas M., Ławecki T.: Możliwość ograniczania fuzariozy kłosów w Polsce i Unii Europejskiej. *Postępy w Ochronie Roślin*, 2003, vol. 41(1), s. 200-207.
- [15] Langseth W., Rundberget T.: Instrumental methods for determination of nonmacrocytic trichothecenes in cereals, foodstuffs and cultures. *Journal of Chromatography A*, 1998, 815, s. 103-121.
- [16] Libudysz Z., Kowal K., Żakowska Z.: *Mikrobiologia w biotechnologii, ochronie środowiska i produkcji żywności*. Warszawa: Wyd. PWN, 2008.
- [17] Majerus P.: Toksyny grzybów jako cel badawczy. W: *Mikotoksyny i grzyby pleśniowe zagrożenia dla człowieka i zwierząt*. Red. Grajewski J. Bydgoszcz: Wyd. Uniwersytetu Kazimierza Wielkiego, 2006, s. 95-105.
- [18] Miedaner T.: Review. Breeding wheat and rye for resistance to *Fusarium* diseases. *Plant Breeding*, 1997, 116, s. 201-220.
- [19] Meister U.: *Fusarium* toxins in bread cereals of the federal state Brandenburg harvested in 2007. Comparison of integrated and ecological cultivation 2000 to 2007. 30th Mycotoxin Workshop, 2008.
- [20] Perkowski J.: Badania zawartości toksyn fuzaryjnych w ziarnie zbóż., *Rozprawy Naukowe Rocznik AR w Poznaniu*, 1999, z. 295, s. 11-34.
- [21] Pestka J.J.: Deoxynivalenol: Toxicity, mechanisms and animal health risks. *Animal Feed Science and Technology*, 2007, 137, s. 283-298.
- [22] Pittet A.: Natural occurrence of mycotoxins in foods and feeds-an updated review. *Revue de Médecine Vétérinaire*, 1998, 149, 6 s.479-492.
- [23] Pokrzywa P., Cieślík E., Surma-Zadora M.: Mikotoksyny – czynnik zagrożenia żywności. *Postępy Nauk Rolniczych.*, 2008, nr 4, s. 73-80.
- [24] Pokrzywa P., Cieślík E., Topolska K.: Ocena zawartości mikotoksyn w wybranych produktach spożywczych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2007, 3(52), s. 139-146.
- [25] Postupolski J., Rybińska K., Ledzion E., Kurpińska-Jaworska J., Szczęśna M., Karłowski K.: Badania monitoringowe w zakresie oznaczania poziomu toksyn T-2 i HT-2 w przetworach zbożowych., *Rocznik PZH*, 2008, tom 59, nr 4, s. 429-437.
- [26] Rembiałkowska E.: Zdrowotne i odżywcze cechy żywności z produkcji ekologicznej. W: *Monografia: Wybrane zagadnienia ekologiczne we współczesnym rolnictwie*. Red. Zbytek Z., Poznań 2004, s. 130-142.
- [27] Rozporządzenie Komisji (WE) nr 1126/2007 z dn. 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, 2007.
- [28] Rozporządzenie Komisji UE nr 1881/2006 z 19 grudnia 2006 r. ustalające najwyższe dopuszczalne poziomy niektórych zanieczyszczeń w środkach spożywczych, 2006.
- [29] Samar M., Resnik S. L., Gonzalez H. H. L., Pacin A. M., Fastillo M.D.: Deoxynivalenol reduction during the frying process of turnover pie covers. *Food Control*, 2007, 18, s. 1295-1299.
- [30] Skórnicki H.: Wyniki ekonomiczno-produkcyjne w wybranych gospodarstwach ekologicznych w latach 2005-2006. W: *Monografia: Wybrane zagadnienia ekologiczne we współczesnym rolnictwie*. Red. Zbytek Z. Poznań 2007, Tom IV, s. 7-20.
- [31] Solarska E.: Grzyby z rodzaju *Fusarium* i miotoksyny występujące na pszenicy ozimej uprawianej w różnych systemach produkcji. W: *Monografia: Wybrane zagadnienia ekologiczne we współczesnym rolnictwie*. Red. Zbytek Z. Poznań 2005, Tom II, s. 115-125.
- [32] Solarska E., Mazurkiewicz J., Fajbuś A., Muszyńska M.: Wpływ przedplonu na występowanie trichotecenów fuzaryjnych w jęczmieniu jarym uprawianym w ekologicznym systemie produkcji. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, 2008, Vol. 53(4), s. 74-77.
- [33] Solfrizzo M., Avantaggiato G., Visconti A.: Use of various cleanup procedures for the analysis of ochratoxin A in cereals. *Journal of Chromatography A*, 1998, 815, s. 67-73.
- [34] Stuper K., Perkowski J.: Zawartość ergosterolu w zbożowych produktach spożywczych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2008, nr 5 (60) s. 71-77.
- [35] Tyburski J., Żakowska-Biemans S.: *Wprowadzenie do rolnictwa ekologicznego*. Warszawa: Wyd. SGGW, 2007.
- [36] Wiśniewska H.: Fuzarioza kłosów pszenicy. *Postępy Nauk Rolniczych.*, 2005, nr 4 52/57, s. 15-30.