

Magdalena TWARUŻEK, Jan GRAJEWSKI, Anna BŁAJET-KOSICKA,
Robert KOSICKI, Magdalena MAĆKIEWICZ
Uniwersytet Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy
Zakład Fizjologii i Toksykologii, Instytut Biologii Eksperymentalnej
ul. Chodkiewicza 30, 85-064 Bydgoszcz
e-mail: twarmag@ukw.edu.pl

FUSARIUM TOXINS IN WHEAT GRAINS AND PRODUCTS FROM ORGANIC AND CONVENTIONAL FARMING

Summary

The aim of this study was determination of fusariotoxin content in wheat grain from organic and conventional farming systems and its products, purchased in Kujawsko-Pomorskie in 2009-2011. In total 52 organic and 28 conventional samples were analysed. The main trichothecenes and zearalenone were determined by HPLC-MS/MS method. Deoxynivalenol and zearalenone were the predominant mycotoxins in the grain and tested products (flour, pasta, cereals, bran). Among the products the highest level of toxic metabolites was found in bran and pasta. Both raw material and conventional products were more contaminated. In none of the tested samples the mycotoxins content exceeded the acceptable maximum levels of EU.

Key words: wheat; toxins; trichothecenes; zearalenone; organic farming; conventional farming; field experimentation

TOKSYNY *FUSARIUM* W ZIARNIE PSZENICY I JEGO PRODUKTACH Z EKOLOGICZNEGO I KONWENCJONALNEGO SYSTEMU UPRAWY

Streszczenie

Celem badań była ocena zawartości fuzariotoksyn w ziarnie pszenicy pochodzącego z ekologicznego i konwencjonalnego systemu upraw oraz jego produktach, zakupionych na terenie województwa kujawsko-pomorskiego w latach 2009-2011. Łącznie oceniono 52 próby ekologiczne i 28 prób konwencjonalnych. Główne trichoteceny oraz zearalenon oznaczano metodą HPLC-MS/MS. W ziarnie oraz analizowanych produktach (mąka, makaron, płatki, otręby) dominującymi mikotoksynami był deoksyniwalenol i zearalenon. Spośród produktów najwyższym poziomem toksycznych metabolitów charakteryzowały się otręby i makaron. Zarówno surowie, jak i produkty konwencjonalne były silniej zanieczyszczone. W żadnej z badanych prób zawartość mikotoksyn nie przekroczyła dopuszczalnych norm UE.

Słowa kluczowe: pszenica; toksyny; trichoteceny; zearalenon; rolnictwo ekologiczne; rolnictwo konwencjonalne; badania polowe

1. Wstęp

Pszenica zwyczajna (*Triticum aestivum*) ze względu na wysoką wartość odżywczą ziarna jest najczęściej uprawianym i najbardziej rozpowszechnionym zbożem na świecie. Swoją popularność zawdzięcza dużej ilości odmian, która umożliwia nie tylko jej uprawę w różnych strefach klimatycznych, ale też szerokiemu zastosowaniu. Głównym kierunkiem użytkowania ziarna pszenicy jest przerób na mąkę, jednak wykorzystywana jest też do produkcji kaszy manny czy płatków śniadaniowych oraz jako surowiec paszowy. W związku z dużym rozpowszechnieniem pszenicy ważna jest jej ochrona przed chorobami i patogenami. W zasadzie bezpośrednio lub pośrednio, wszystkie grzyby porażające pszenicę mogą być przyczyną znacznych strat w plonie oraz zmieniać jakość produktów [4]. Do najistotniejszych patogenów zbóż zalicza się grzyby z rodzaju *Fusarium*, posiadające zdolność do produkcji metabolitów wtórnych - mikotoksyn. Większość tych substancji jest toksyczna, wywiera negatywny wpływ na zdrowie ludzi i zwierząt, może nawet zagrażać życiu [2, 7] Jednak ciągle brak pełnych danych dotyczących potencjalnego zagrożenia dla jakości ziarna ekologicznego z tytułu porażenia kłosów grzybami pleśniowymi, a szczególnie *Fusarium*.

Celem badań było oznaczenie trichotecen oraz zearalenonu w ziarnie i produktach pszenicznych (mąka, makaron,

płatki, otręby), pochodzących z ekologicznego i konwencjonalnego systemu uprawy.

2. Materiał i metody

Materiał badawczy stanowiły 52 próby ekologiczne (27 prób ziarna i 25 prób produktów) oraz 28 prób konwencjonalnych (11 prób ziarna i 17 prób produktów). Analizowanym surowcem w obydwu systemach uprawy było ziarno pszenicy ozimej. Próby pobrane zostały z regionu kujawsko-pomorskiego w okresie od września 2009 do kwietnia 2011 roku. Ziarno pobierano z gospodarstw ekologicznych i konwencjonalnych w tych samych miejscowościach. Natomiast produkty pszenne zakupiono w sklepach na terenie miasta Bydgoszczy. Toksyny fuzaryjne (niwalenol - NIV, deoksyniwalenol - DON, 3-acetylodeoksyniwalenol - 3-ADON, monoacetoksyscirpenol - MAS, diacetoksyscirpenol - DAS, T-2, HT-2, oraz zearalenon - ZEA) oznaczono metodą HPLC-MS/MS. Oznaczenie wykonano z użyciem kolumnienek Bond Elut[®] oraz standardów wewnętrznych: ¹³C-DON, ¹³C-T-2, ¹³C-HT-2, ZAN. Analizy przeprowadzono w trzykrotnym powtórzeniu.

3. Wyniki i dyskusja

Zawartość toksyn *Fusarium* w ziarnie i produktach przedstawiono w tab. 1-4 oraz na rys. 1 i 2.

Tab. 1. Zawartość trichotecen i zearalenonu w próbach ziarna pszenicy z gospodarstw ekologicznych (ppb)
 Table 1. *Trichothecenes and zearalenone content in samples of wheat grain from organic farms (ppb)*

Wartość / Value	NIW	DON	3ADON	MAS	DAS	HT2	T2	ZEA
Średnia / Mean	nw	24,1	nw	nw	nw	nw	nw	1,7
Mediana / Median	nw	15,0	nw	nw	nw	nw	nw	0,6
Wartość maksymalna Maximum value	27,3	270	nw	3,03	nw	10,5	5,3	10,8
Liczba prób pozytywnych Number of positive samples	5	16	0	3	0	6	5	17
Procent prób pozytywnych % Per cent of positive samples %	18,5	59,3	0	11,1	0	22,2	18,5	63,0
Średnia prób pozytywnych Mean positive samples	22,9	40,6	–	3,0	–	6,9	2,7	2,7

nw – nie wykryto

Tab. 2. Zawartość trichotecen i zearalenonu w próbach ziarna pszenicy z gospodarstw konwencjonalnych (ppb)
 Table 2. *Trichothecenes and zearalenone content in samples of wheat grain from conventional farms (ppb)*

Wartość / Value	NIW	DON	3ADON	MAS	DAS	HT2	T2	ZEA
Średnia / Mean	nw	23,8	nw	nw	nw	<6	<2	1,6
Mediana / Median	nw	nw	nw	nw	nw	nw	nw	0,6
Wartość maksymalna Maximum value	nw	82,5	nw	nw	nw	8,08	<2	5,95
Liczba prób pozytywnych Number of positive samples	0	5	0	0	0	4	4	6
Procent prób pozytywnych % Per cent of positive samples %	0	45,5	0	0	0	36,4	36,4	54,5
Średnia prób pozytywnych Mean positive samples	–	52,3	–	–	–	6,5	<2	2,9

nw – nie wykryto

Tab. 3. Zawartość trichotecen i zearalenonu w próbach produktów pszenicy z gospodarstw ekologicznych (ppb)
 Table 3. *Trichothecenes and zearalenone content in samples of wheat products from organic farms (ppb)*

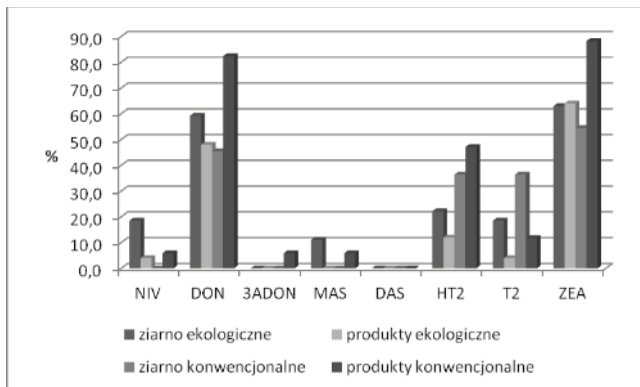
Wartość / Value	NIW	DON	3ADON	MAS	DAS	HT2	T2	ZEA
Średnia / Mean	nw	10,6	nw	nw	nw	nw	nw	<0,6
Mediana / Median	0,0	0,0	nw	nw	nw	nw	nw	<0,6
Wartość maksymalna Maximum value	24,2	40,3	nw	nw	nw	<6	<2	1,4
Liczba prób pozytywnych Number of positive samples	1	12	0	0	0	3	1	16
Procent prób pozytywnych % Per cent of positive samples %	4,0	48,0	0	0	0	12,0	4,0	64,0
Średnia prób pozytywnych Mean positive samples	–	22,0	–	–	–	<6	–	0,8

nw – nie wykryto

Tab. 4. Zawartość trichotecen i zearalenonu w próbach produktów pszenicy z gospodarstw konwencjonalnych (ppb)
 Table 4. *Trichothecenes and zearalenone content in samples of wheat products from conventional farms (ppb)*

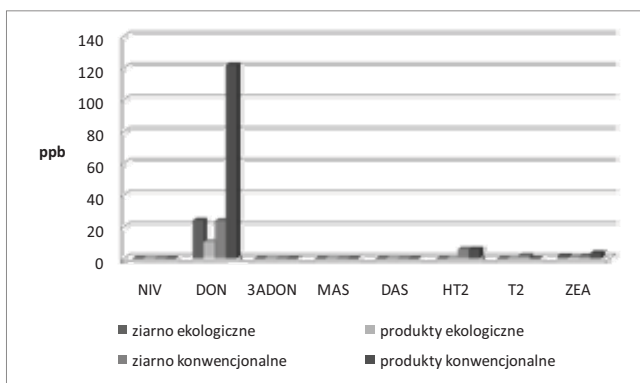
Wartość / Value	NIW	DON	3ADON	MAS	DAS	HT2	T2	ZEA
Średnia / Mean	nw	122	nw	nw	nw	<6	nw	3,6
Mediana / Median	nw	91,2	nw	nw	nw	nw	nw	<0,6
Wartość maksymalna Maximum value	25,8	819	<15	4,75	nw	20,5	3,08	21,3
Liczba prób pozytywnych Number of positive samples	1	14	1	1	0	8	2	15
Procent prób pozytywnych % Per cent of positive samples %	5,9	82,4	5,9	5,9	0,0	47,1	11,8	88,2
Średnia prób pozytywnych Mean positive samples	–	148	<15	4,8	–	9,2	2,6	4,0

nw – nie wykryto



Rys. 1. Procentowy udział mikotoksyn w próbach ziarna pszenicy i produktach z ekologicznego oraz konwencjonalnego systemu uprawy

Fig. 1. Percentage of mycotoxins in samples of wheat grain and products of organic and conventional production systems



Rys. 2. Średnia zawartość mikotoksyn w próbach ziarna pszenicy i produktach z ekologicznego oraz konwencjonalnego systemu uprawy

Fig. 2. Mean content of mycotoxins in samples of wheat grain and products of organic and conventional production systems

Spośród oznaczanych mikotoksyn w największych stężeniach występował DON, zarówno w surowcach (ekologicznych – maksymalnie 270 ppb, konwencjonalnych – maksymalnie 82,5 ppb), jak i produktach (ekologicznych – maksymalnie 40,3 ppb, konwencjonalnych – maksymalnie 819 ppb). Jednak najczęściej wykrywaną mikotoksyną był ZEA (17 prób ziarna ekologicznego, 16 prób produktów ekologicznych, 6 prób ziarna konwencjonalnego, 15 prób produktów konwencjonalnych), którego maksymalne stężenie w próbce makaronu konwencjonalnego wynosiło 21,3 ppb. NIV najczęściej oznaczano w ziarnie ekologicznym (maksymalnie 27,3 ppb), wystąpił on też w produktach ekologicznych i konwencjonalnych (po jednej próbce skażonej - 24,2 ppb i 25,8 ppb). Toksyny T-2 i HT-2 zostały oznaczone w surowcach i produktach, przy czym wyższe ich stężenia występowały w ziarnie ekologicznym (T-2 – 5,27 ppb, HT-2 -10,5 ppb), a produktach konwencjonalnych (T-2 – 3,08 ppb, HT-2 - 20,5 ppb). MAS wykryto na niskim poziomie w ziarnie ekologicznym (maksymalnie 3,03 ppb) oraz próbce konwencjonalnych otrąb pszennych (4,75 ppb), które okazały się najbardziej skażone. Otręby zawierały siedem z ośmiu oznaczanych mikotoksyn: NIV (25,8-ppb), DON (819 ppb), MAS (4,75 ppb), T-2 (2,03 ppb), HT-2 (20,5 ppb), ZEA (3,52 ppb), a także jako jedyna 3-ADON

(<15 ppb). DAS nie występował w żadnej z oznaczanych prób. Solarśka i in. [8] zbadali jakość ekologicznego ziarna zboża i jego produktów pod względem zawartości mikotoksyn. Badaniom poddano ziarno pszenicy i mąki z ekologicznego systemu uprawy. Średnie stężenia w próbach pozytywnych dla DON wynosiły: 190,8 ppb dla ziarna i 136,2 ppb dla mąki. W badaniach własnych wartość średnia dla DON była pięciokrotnie niższa dla ziarna, a ośmiokrotnie dla mąki. Autorzy powyższych badań uzyskali średnie stężenie ZEA na poziomie 19,8 ppb dla ziarna oraz 8,2 ppb dla mąki. Wartości te w badaniach własnych były prawie dziesięciokrotnie niższe. Toksyna T-2 została wykryta w stężeniu średnim równym: 38,1 ppb w próbach ziarna i 16 ppb w próbach mąki. W badaniach własnych nie wykryto toksyny T-2 w mące, a wartość średnia dla ziarna była piętnastokrotnie niższa. Cegielska-Radziejewska i in.[1] ocenili zawartość DON i ZEA w zbożach paszowych i paszach. Średnie stężenie DON w żadnej z przebadanych prób ziarna pszenicy nie przekroczyło 400 ppb. W odniesieniu do badań własnych stężenie to było dziesięciokrotnie wyższe. Średnia zawartość ZEA wynosiła około 25 ppb i była dziesięciokrotnie wyższa jak w badaniach własnych. Oznaczone stężenie ZEA w badanych próbach zbóż było znacznie niższe niż zawartość DON. Wyniki te były zbliżone do badań własnych. DON wykryto w 61 % prób ziarna pszenicy. Badania ustaliły częste występowanie DON i ZEA w zbożach i paszach, dlatego wskazano konieczność ich monitorowania. Stanisławczyk i in. [9] zbadali występowanie mikotoksyn w zbożach i przetworach zbożowych znajdujących się w placówkach handlowych województwa podkarpackiego. Analizy wykazały podobnie największą średnią zawartość DON w próbach ziarna oraz w mące. Powyżsi autorzy oznaczyli średnie stężenie DON w makaronie równe 100 ppb. W badaniach własnych wartość ta była czterokrotnie wyższa, natomiast zawartość ZEA zarówno w surowcu, jak i w każdej grupie produktów wyniosła 10 ppb, co jest wartością znacznie niższą od badań własnych. W kolejnych badaniach oceniano poziom mikotoksyn w latach 2007-2009 w ziarnie pszenicy ozimej uprawianej w okresie przejściowym do systemu ekologicznego. Autorzy podkreślili konieczność monitoringu mikotoksyn w produktach ekologicznych, ze względu na wzrost ich koncentracji w ziarnie w ostatnim roku badań [3]. Podobnie Lisowicz [5] zbadał występowanie toksyn fuzaryjnych w ziarnie pszenicy (1995-1997) w zależności od systemu gospodarowania w rolnictwie. Odnotował w ziarniakach zbieranych z ekologicznego systemu produkcji najwyższe stężenia mikotoksyn. Wpływ nawożenia na występowanie toksyn fuzaryjnych w pszenicy ozimej uprawianej w dwóch systemach ocenili Mazurkiewicz i in. [6]. W badaniach wykazano (dla kolejnych dwóch lat) większe zanieczyszczenie mikotoksynami pszenicy pochodzącej z ekologicznego systemu uprawy. Niniejsze badania jak i większość prezentowanych wyników odnośnie skażenia ziarna mikotoksynami fuzaryjnymi wykazano przy pomocy enzymoimmunologicznej metody ELISA, która wykazuje skłonność do zawyżania wyniku. W badaniach własnych wykorzystywano kolumnienki BondElut® i metodę HPLC-MS/MS. Analizując wartości przedstawione w tabelach 1-4 należy stwierdzić, że skażenie mikotoksynami ziarna pszenicy i produktów pochodzących z ekologicznego systemu produkcji było niższe. Wyniki badań własnych różnią się od cytowanych badań, a szczególnie wyników uzyskanych przez Horoszkiewicz i in [3], którzy wykazali wzrost zasiedlenia ziarna pszenicy

przez grzyby oraz mikotoksyn w ostatnim roku przejścia uprawy konwencjonalnej na ekologiczną.

4. Wnioski

1. Surowce i produkty z pszenicy konwencjonalnej oraz ekologicznej zawierają większość metabolitów *Fusarium*.
2. Mikotoksyny wykrywano częściej i w wyższych stężeniach w próbach surowców niż w próbach produktów, co wskazuje na proces degradacji mikotoksyn w procesach technologicznych.
3. Z analizowanych mikotoksyn DON i ZEA wykryto najczęściej w surowcu i produktach pszenicznych.
4. Próby surowców i produktów pszenicznych z upraw ekologicznych zawierały niższy poziom mikotoksyn.

5. Bibliografia

- [1] Cegielska-Radziejewska R., Szablewski T., Karolczak K., Kaczmarek A., Kijowski J.: Ocena zawartości mikotoksyn w zbożach paszowych i paszach metodą immunoenzymatyczną. *Nauka Przyr. Technol.*, 2009, 3, 4, 114.
- [2] Grajewski J., Błajet-Kosicka A., Twarużek M., Kosicki R.: Occurrence of mycotoxins in Polish animal feed in years 2006 – 2009. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 2012, DOI: 10.1111/j.1439-0396.2012.01280.
- [3] Horoszkiewicz-Janka J., Korbas M., Jajor E., Krawczyk R.: Zasiadlenie oraz zawartość mikotoksyn w ziarnie pszenicy ozimej uprawianej w okresie przejściowym do systemu ekologicznego. *J. Res. Appl. Agric. Engng*, 2010, Vol.55 (3), 117-121.
- [4] Korbas M.: Wpływ grzybów chorobotwórczych na ilość i jakość ziarna pszenicy. *Zboże wysokiej jakości*. 2005, Agro-Serwis, Warszawa, 66-67.
- [5] Lisowicz F.: Występowanie toksyn fuzaryjnych w ziarnie pszenicy w zależności od systemu gospodarowania w rolnictwie. *Mat. V Międzynarodowej Konf. Nauk. „Mikotoksyny i dioksyny a środowisko”*, AB Bydgoszcz, 25-27 września 2000, 53-56.
- [6] Mazurkiewicz J., Solarska E., Kuzdrański A., Muszyńska M.: Wpływ sposobu nawożenia na występowanie toksyn fuzaryjnych w pszenicy ozimej. *J. Res. Appl. Agric. Engng*, 2008, Vol. 53(4), 15-17.
- [7] Perkowski J.: Badania zawartości toksyn fuzaryjnych w ziarnie zbóż. *Roczniki AR Poznań. Rozprawy Naukowe. Zeszyt 295*, ss. 136.
- [8] Solarska E., Kuzdrański A., Potocka E.: Określenie jakości zbóż ekologicznych i ich produktów pod kątem zawartości mikotoksyn. Streszczenie wyników badań z zakresu rolnictwa ekologicznego realizowanych w 2010 r., MRiRW, Warszawa
- [9] Stanisławczyk R., Rudy M., Świątek B.: Występowanie mikotoksyn w zbożach i przetworach zbożowych znajdujących się w placówkach handlowych województwa podkarpackiego. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2010, 6, 73: 58-66.

Badania wykonano w ramach projektu Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego, projekt nr: NN 605 122136.