

WPLYW PRODUKCJI EKOLOGICZNEJ, REGIONALNEJ I KONWENCJONALNEJ NA ZANIECZYSZCZENIE MIKOTOKSYNAMI NA PRZYKŁADZIE WYBRANEJ GRUPY PRODUKTÓW SPOŻYWCZYCH

Magdalena Polak-Śliwińska, Andrzej Kuncewicz

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

Streszczenie. W pracy przedstawiono wpływ metod wytworzenia zbożowych produktów ekologicznych, regionalnych i konwencjonalnych na poziom ich zanieczyszczenia wybranymi mikotoksynami. Materiał objęty badaniem stanowiły: płatki śniadaniowe ekologiczne ($n = 9$), płatki śniadaniowe konwencjonalne ($n = 9$) oraz pieczywo regionalne ($n = 10$) zakupione na terenie Warmii i Mazur. Wybrane produkty spożywcze analizowano w kierunku obecności niwalenolu (NIV), fumonizyny B₁ (FB₁) oraz fumonizyny B₂ (FB₂), posługując się metodą HPLC po uprzednim oczyszczaniu ekstraktów próbek na kolumnach powinowactwa immunologicznego (IAC). W wyniku badań stwierdzono, iż produkty ekologiczne i regionalne w mniejszym stopniu były zanieczyszczone fumonizynami niż produkty konwencjonalne, przy czym w żadnym przypadku nie stwierdzono przekroczenia NDP ustalonego w Rozporządzeniu Komisji (WE) nr 1126/2007 jako bezpieczne dla zdrowia człowieka. W żadnym produkcie zbożowym nie wykryto niwalenolu, co wskazuje na brak zagrożenia tą mikotoksyną, wynikającego ze spożywania produktów zbożowych bez względu na metodę ich produkcji.

Słowa kluczowe: żywność ekologiczna, regionalna i konwencjonalna, bezpieczeństwo żywności, zanieczyszczenie mikotoksynami, produkty zbożowe

WSTĘP

Intensywna gospodarka rolna i jej skutki wzbudziły zainteresowanie społeczeństw i osób decydujących w tych kwestiach bardziej zrównoważonymi, niskonakładowymi i ekologicznymi systemami uprawy, co zrodziło natychmiastową potrzebę badań porównujących istniejące systemy produkcji na wielu poziomach, zwłaszcza iż systemy niskonakładowe okazały się w wielu przypadkach bardziej produktywne na jednostkę powierzchni uprawy niż uprawa konwencjonalna [Chavas i in. 2009]. Specyfika,

Adres do korespondencji – Corresponding author: Magdalena Polak-Śliwińska, Katedra Towaroznawstwa i Badań Żywności, Wydział Nauki o Żywności, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Pl. Cieszyński 1, 10-957 Olsztyn, e-mail: m.ploak@uwm.edu.pl

zwłaszcza rolnictwa ekologicznego, wiąże się jednak z większymi wahaniami plonów ze względu na trudności z mechaniczną kontrolą zachwaszczenia w warunkach wilgotnych sezonów wiosennych [Jasiński i Rzytki 2005, Chavas i in. 2009]. Ma to duże znaczenie dla jakości produktów wytworzonych różnymi metodami i zobowiązuje do kontroli tego stanu wobec ryzyka, jakie wiąże się ze stosowaniem odmiennych strategii upraw mniej lub bardziej dochodowych i różnorodnych [Chavas i in. 2009]. Świadomość konsumentów przy tym znacznie wzrasta i znajduje odzwierciedlenie w zwiększonym popycie na produkty charakteryzujące się wysoką jakością, która jest wypadkową szczególnych metod ich wytwarzania, wyjątkowego składu lub określonego pochodzenia [Jasiński i Rzytki 2005]. Rozumieją oni także fakt, iż nieprzemysłowe metody produkcji rolnej, naturalny krajobraz, duża różnorodność biologiczna oraz bogactwo historyczne i kulturowe Polski to bardzo dobre warunki do wytwarzania żywności wysokiej jakości, którą coraz częściej utożsamia się z żywnością regionalną, jak też tradycyjną [Jasiński i Rzytki 2005, IJHARS 2013]. Z uwagi na konieczność zapewniania o wysokiej jakości wytwarzanych produktów zarówno regionalnych, ekologicznych, jak i tradycyjnych dla poszerzenia rynku zbytu zasadna stała się kontrola tych produktów pod względem jakości odżywczej, sensorycznej, ale także bezpieczeństwa żywnościowego, zanim trafią one do rąk konsumenta, który w określonym czasie skonfrontuje je z produktami konwencjonalnymi [Seweryn 2009].

Konwencjonalny system gospodarowania w rolnictwie zorientowany jest na osiągnięcie wysokiej produktywności oraz dążenia do poprawy wyników produkcyjnych i ekonomicznych, w konsekwencji czego jakość surowca i produktu może być zagrożona [Komorowska 2009, Świdorski i in. 2010].

Dane literaturowe odnośnie obecności mikotoksyn w zbożach z upraw ekologicznych oraz ich produktach wskazują, że nie ma istotnych różnic w poziomie zanieczyszczenia tymi substancjami między surowcami pochodzącymi z rolnictwa ekologicznego i konwencjonalnego [Tyburski i Żakowska-Biemans 2007]. Jednak inni badacze obserwują większe zanieczyszczenie mikotoksynami ziarna pochodzącego z gospodarstw konwencjonalnych [Knudsen i in. 1995], co może sugerować, iż następstwo roślin, sposób nawożenia i inne czynniki odgrywają znaczący wpływ na zwiększony udział zanieczyszczeń mikotoksynami zbóż, a w konsekwencji także produktów zbożowych [Solarska i Marzec 2012].

Należy pamiętać, że jakość surowców to bardzo istotny element zapewniania bezpieczeństwa żywności wytwarzanej różnymi metodami produkcji [Stępień i in. 2007]. Źródłem zanieczyszczeń mikrobiologicznych wywołujących niekorzystne zmiany w jakości produktów zbożowych są głównie surowce roślinne oraz otoczenie [Czerwiecki 1997]. Na przykład mąka stosowana w produkcji pieczywa może być zanieczyszczona drobnoustrojami pochodzącymi z ziarna oraz sprzętu młynarskiego i elewatorów. Bakterie przetrwalnikujące i pleśnie toksynotwórcze stanowią najbardziej niebezpieczne mikroorganizmy, które powodują pogorszenie jakości pieczywa. Optymalne warunki rozwoju grzybów toksynotwórczych to trwała wysoka wilgotność względna powietrza (powyżej 70%) oraz temperatura 20–30°C [Goliński i in. 2009].

Produkcja zbóż przeważa w produkcji roślinnej polskich gospodarstw rolnych, gdyż zboża zajmują w strukturze zasiewów około 75% areалу. Pomimo istotnego rozwoju produkcji roślinnej, można mieć wiele zastrzeżeń do rolników odnośnie przechowywa-

nia zbóż. Dotyczy to szczególnie małych gospodarstw, w których zboże przeznaczone jest na potrzeby produkcji zwierzęcej i etap czyszczenia ziarna jest bagatelizowany [Komorowska 2009]. Takie postępowanie prowadzi do zanieczyszczenia mikotoksynami pasz i produktów żywnościowych, a wówczas pojawiają się problemy z wprowadzeniem ich do obrotu handlowego. Stąd tak ważne jest zapewnienie prawidłowej temperatury i wilgotności w magazynach surowców oraz stałe monitorowanie tych parametrów i okresu przechowywania [Korbias i Horoszkiewicz-Janka 2007].

Mikotoksyny, będące produktami wtórnego metabolizmu grzybów toksynotwórczych, oceniane są jako naturalne zanieczyszczenia żywności i surowców wykorzystywanych do jej produkcji [Czerwiecki 1997]. Jak dowodzą badania, w naszej strefie klimatycznej dominującą rolę odgrywają mikotoksyny wytwarzane przez grzyby z rodzaju *Fusarium* spp. [Bottalico i Perrone 2002, Jurgenson i in. 2002, Dänicke i in. 2004], jak również produkty wtórnego metabolizmu grzybów z rodzaju *Aspergillus* i *Penicillium* [Satora 2008].

W Polsce do najgroźniejszych patogenów z rodzaju *Fusarium* zalicza się: *F. avenaceum*, *F. culmorum*, *F. graminearum*, *F. poae* i *F. oxysporum* [Kwaśna i in. 1991, Goliński i in. 2009]. Do mikotoksyn stwarzających zagrożenie dla publicznego zdrowia oraz agroekonomii można zaliczyć: fumonizyny, aflatoksyny, ochratoksyny, trichoteceny, zearalenon [Fink-Gremmels 1999, Creppy 2002, Bennett i Klich 2003, Laciaková i in. 2005, Cavret i Lecoœur 2006, Bancewicz 2007, Silva i in. 2007, Stępień i in. 2007].

Wszechobecność patogenów grzybowych i odporność wytwarzanych przez nie mikotoksyn na większość czynników fizykochemicznych sprawia, że nie można całkowicie wyeliminować zanieczyszczenia tymi substancjami [Reby i Kowalik 1998]. Ich obecność w żywności i płodach rolnych, a stąd ich negatywny wpływ na zdrowie konsumenta, zależy od wielu czynników (klimat, kultura rolna, technologia przetwarzania surowców) powiązanych ze sobą w różny sposób i w pewnych warunkach środowiskowych staje się nie do uniknięcia [Varga i in. 2005, Pokrzywa i in. 2007].

Produkty rolne często ulegają zanieczyszczeniu nie tylko na etapie rozwoju rośliny na polu (nieodpowiedni zbiór), ale także w trakcie produkcji, przechowywania i transportu. Istotną kwestią jest niewrażliwość wielu mikotoksyn na obróbkę cieplną, co czyni je stabilnymi podczas standardowych procesów wytwarzania żywności [Pokrzywa i in. 2007].

Aktywność fumonizyn jest związana z metabolizmem sfingolipidów [Minorsky 2002], które regulują cykl komórkowy w komórkach roślinnych i zwierzęcych, indukują stres oksydacyjny oraz są odpowiedzialne za różnicowanie i zamieranie komórek [Silva i in. 2007, Śliżewska 2008, Suchorzyńska i Misiewicz 2009].

Fumonizyny zawarte z ziarnach zbóż zakłócają metabolizm sfingolipidów poprzez hamowanie syntezy ceramidów, co z kolei szybko zwiększa wewnątrzkomórkowe stężenie sfinganiny [Minorsky 2002]. Główną przyczyną zatrucia wydaje się więc obniżenie biosyntezy ceramidów [Minorsky 2002] oraz gromadzenie zasad sfingoidowych w komórkach [Kovacic i in. 2009].

Najbardziej istotnymi z toksykologicznego punktu widzenia są mikotoksyny produkowane przez grzyby z rodzaju *Fusarium*, należące do trichotecenów z grupy B, a wśród nich deoksyniwalenol (DON) i niwalenol (NIV) [Filipek i in. 2001, Grajewski 2006, Mazurkiewicz i in. 2008, Wójcik i in. 2010].

Pojawianie się mikotoksyn w produktach pochodzenia zbożowego można ograniczyć, stosując takie praktyki, jak:

- prowadzenie uprawy i ochrony roślin (zabiegi w czasie wegetacji) w kierunku zminimalizowania obecności patogenów, odpowiedni dobór odmian wykazujących odporność na porażenie grzybami,
- fumigacja lub środki konserwujące ziarno, np. kwas askorbinowy i jego pochodne, amoniak, kwas propionowy,
- mycie ziarna wodą zawierającą chlor w odpowiednim stężeniu przez kilka minut, co usuwa większość mikroflory obecnej na ziarnie,
- usuwanie kurzu, uszkodzonych ziaren, części wegetatywnych chwastów,
- wentylacja – przesuszenie przechowywanego ziarna do bezpiecznego poziomu poniżej 14% wilgotności i niska temperatura przechowywanych produktów ogranicza rozwój mikroflory grzybowej [Reby i Kowalik 1998, Korbas i Horoszkiewicz-Janka 2007].

Obecność mikotoksyn jest ważnym wskaźnikiem jakości zbóż, produktów spożywczych i pasz [Mruczyk i Jeszka 2013]. W aspekcie uregulowań prawnych stanowi ona także dużą barierę w krajowym i międzynarodowym obrocie handlowym, gdyż koszty ekonomiczne na skutek zanieczyszczenia mikotoksynami zbóż, nasion roślin oleistych i pasz są bardzo wysokie w skali roku [Task Force Report 2003].

Celem badań była ocena wpływu metod produkcji ekologicznej, regionalnej i konwencjonalnej na zanieczyszczenie mikotoksynami, takimi jak NIV, fumonizyna B₁ (FB₁) i fumonizyna B₂ (FB₂) wybranych produktów zbożowych, tj. płatków śniadaniowych i pieczywa.

MATERIAŁ I METODY

Badania przeprowadzono w latach 2010–2011 w grupie produktów zbożowych, które obejmowały płatki śniadaniowe konwencjonalne (n = 9) zakupione w supermarketach, płatki śniadaniowe ekologiczne (n = 9) oraz pieczywo regionalne (n = 10) zakupione w sklepach detalicznych z tego typu żywnością na terenie Warmii i Mazur.

Wybrane produkty spożywcze analizowano w kierunku obecności niwalenolu (NIV), fumonizyny B₁ (FB₁) oraz fumonizyny B₂ (FB₂), posługując się metodą HPLC po uprzednim oczyszczeniu ekstraktów próbek na kolumnkach powinowactwa immunologicznego (IAC).

Przygotowanie próbek do oznaczenia FB₁ i FB₂. Zastosowana procedura przygotowania próbek do oznaczania FB₁ i FB₂ była oparta na PN-EN 14352:2005. Fumonizynę B₁ i B₂ ekstrahowano z próbki alkoholem metylowym. Ekstrakt oczyszczono na kolumnkach powinowactwa immunologicznego firmy Vicam. Anality oznaczano techniką wysokosprawnej chromatografii cieczowej (HPLC) z zastosowaniem detektora fluorescencyjnego (FLD) po uprzedniej derywatywacji. W celu utworzenia pochodnych fumonizyn do próbki dodano 0,2 ml mieszaniny reakcyjnej OPA/MCE i ujednoczono próbkę na mieszadle typu vortex. Po upływie 1 min od dodania mieszaniny reakcyjnej OPA/MCE próbkę dozowano na kolumnę chromatograficzną. Pochodne FB₁ i FB₂ analizowano na chromatografie cieczowej Agilent Technologies seria 1200 firmy

Perlan Technologies (Niemcy). Warunki analizy chromatograficznej były następujące: kolumna chromatograficzna – Zorbax Stable Bond Analytical C₈, 150 × 4,6 mm, 5 μm; faza ruchoma: alkohol metylowy – 0,1 M diwodorofosforan sodu (80 + 20, v/v) o pH = 3,35; prędkość przepływu fazy ruchomej: 1 ml·min⁻¹; temperatura pieca kolumny: 25°C; objętość dozowana na kolumnę: 20 μl; detektor fluorescencyjny (FLD) o długości fali wzbudzenia λ_{ex} = 335 nm i długości fali emisji λ_{em} = 440 nm.

Przygotowanie próbek do oznaczenia NIV (modyfikacja instrukcji firmy Romer Labs[®]). Metoda oznaczenia opierała się na ekstrakcji NIV z produktu zbożowego za pomocą mieszaniny: acetonitryl – woda (84 + 16, v/v) i oczyszczaniu ekstraktu na kolumnie oczyszczającej MultiSep 227 firmy Romer Labs[®] za pomocą zestawu SPE firmy Baker.

Rozdział chromatograficzny badanych próbek przeprowadzono techniką wysoko-sprawną chromatografię cieczową w układzie faz odwróconych (HPLC-RP) na aparacie Agilent Technologies seria 1200 firmy Perlan Technologies (Niemcy). Warunki rozdzielania były następujące: kolumna chromatograficzna – Discovery[®] HS C₁₈ 150 × 4,6 mm, 3 μm; faza ruchoma – woda: acetonitryl (84 + 16, v/v) w układzie gradientowym; przepływ – 0,5 ml min⁻¹, objętość dozowana na kolumnę – 50 μl, detektor z matrycą fotodiodową (DAD) przy λ = 219 nm; temp. termostatu – 30°C; czas analizy – 20 min.

Przygotowanie roztworów wzorcowych. Z podstawowych roztworów wzorców o stężeniach: NIV – 100,8 μg ml⁻¹, FB₁ – 50,9 μg ml⁻¹ oraz FB₂ – 50,4 μg ml⁻¹ (zakupione w firmie Supelco) przygotowano serie roboczych roztworów wzorcowych badanych substancji w celu wykreślenia krzywych kalibracji każdej z analizowanych mikotoksyn, których równania posłużyły do obliczenia stężeń poszczególnych analitów w próbkach badanych.

Na podstawie krzywej standardowej obliczano stężenie każdej analizowanej mikotoksyny. Granica wykrywalności (LOD) została wyznaczona dla próbek ślepych (n = 5) i wyliczona jako suma wartości średniej i 6 odchyleń standardowych.

Oceny stopnia zanieczyszczenia zbożowych produktów ekologicznych, regionalnych i konwencjonalnych dokonano przez porównanie zgodności wyników dla analizowanej próbki z maksymalnymi dopuszczalnymi poziomami przyjętymi w Rozporządzeniu Parlamentu Europejskiego i Rady nr 1881/2006 i zmieniającym je Rozporządzeniu Komisji (WE) nr 1126/2007. Dla każdego produktu, analizowanego w 3 równoległych powtórzeniach obliczono średnią arytmetyczną (\bar{x}), odchylenie standardowe (s) i współczynnik zmienności (CV) oraz każdy produkt poddano analizie statystycznej przy zastosowaniu testu Tukeya przy poziomie istotności $p \leq 0,05$.

WYNIKI I DISKUSJA

Celem badań, oprócz potrzeby aktualnej informacji na temat jakości zdrowotnej produktów spożywczych na bazie zbóż wytworzonych różnymi metodami, było dostarczenie danych dla producentów żywności ekologicznej, regionalnej oraz konwencjonalnej o ewentualnym zagrożeniu wynikającym z możliwości występowania w niej tych wtórnych metabolitów grzybów toksynotwórczych, zwłaszcza w zbożach i produktach zbożowych. Badania wykonane techniką chromatograficzną (HPLC) obejmowały analizę

wybranych produktów w kierunku obecności kilku z najgroźniejszych mikotoksyn (NIV, FB₁ i FB₂) potencjalnie zanieczyszczających żywność, w tym produkty zbożowe znajdujące się w obrocie handlowym. Mikotoksyny są taką grupą substancji chemicznych, które mogą zanieczyszczać żywność zarówno regionalną, ekologiczną, jak i konwencjonalną, gdyż w dużym stopniu jest to zależne od warunków panujących na polu podczas zbiorów surowca do produkcji, jak również przechowywania płodów rolnych [Mazurkiewicz i in. 2008, Solarska i Marzec 2012]. Inaczej jest w przypadku zanieczyszczeń typu hormony wzrostu, leki, konserwanty, pestycydy, ponieważ ich obecność w tego typu żywności, zwłaszcza ekologicznej, jest podyktowana konkretnymi działaniami człowieka, zabronionymi w przypadku chociażby rolnictwa ekologicznego [Solarska i Marzec 2012]. Niemniej substancje zanieczyszczające mogą migrować z otaczających upraw konwencjonalnych lub ze środowiska do upraw ekologicznych oraz regionalnych. Stąd, produkty rolnictwa ekologicznego mogą zawierać śladowe zanieczyszczenia, choć te substancje nie są używane podczas ich produkcji, co gwarantują regularne i restrykcyjne kontrole gospodarstw ekologicznych [Solarska i Marzec 2012].

W pracy przeprowadzono analizę występowania mikotoksyn w wybranych produktach zbożowych: regionalnych i ekologicznych, porównując wyniki z danymi uzyskanymi dla zbożowych produktów konwencjonalnych i wskazując na ewentualny wpływ produkcji na stopień zanieczyszczenia produktów tymi substancjami. Zapewnienie wysokiej jakości zdrowotnej każdego produktu żywnościowego jest obowiązkiem producenta tej żywności, a ponieważ udział produktów zbożowych w codziennej diecie jest znaczący, należy zwrócić szczególną uwagę na wdrażanie prawidłowych procedur zapewniających bezpieczeństwo żywności w zakładach przemysłu zbożowo-młynarskiego [Grajewski 2006].

Poziomy badanych analitów zostały obliczone na podstawie równań regresji, które były następujące:

$$\text{NIV} - y = 6,70 \cdot 10^3 x + 1,99 \cdot 103, R^2 = 0,998;$$

$$\text{FB}_1 - y = 81,47x - 1,12, R^2 = 0,998;$$

$$\text{FB}_2 - y = 61,79x - 1,31, R^2 = 0,998.$$

Uzyskane wyniki badań dotyczące analizowanych mikotoksyn oceniono pod względem przekroczenia najwyższych dopuszczalnych poziomów (NDP) zawartych w aktualnie obowiązujących rozporządzeniach. Warto zaznaczyć, iż wartości NDP ulegają zmianom w wyniku stałego monitoringu stopnia zanieczyszczenia mikotoksynami różnych grup produktów, co można zaobserwować poprzez analizę nowelizacji rozporządzeń dotyczących tych substancji (np. Rozporządzenie Komisji (WE) Nr 1881/2006 i zmieniające je Rozporządzenia Komisji (WE) 1126/2007, 565/2008, 629/2008, 105/2010, 165/2010) [Rozporządzenie Komisji (WE) Nr 1881/2006]. Unia Europejska wciąż pracuje nad ustalaniem maksymalnych poziomów zanieczyszczeń w celu obniżenia, a w najlepszym wypadku wyeliminowania obecności tych substancji w artykułach spożywczych w sposób dopuszczalny, przez dobre praktyki w sektorze rolnictwa i produkcji [Mruczyk i Jeszka 2013]. Zmierzają to do osiągnięcia wysokiego poziomu ochrony

zdrowia publicznego, zwłaszcza w odniesieniu do najbardziej narażonych grup ludności (osoby cierpiące na alergie, dzieci itp.).

W badaniach własnych próbki płatków konwencjonalnych analizowane w kierunku obecności NIV nie wykazały zanieczyszczenia tym analitem, bowiem nie stwierdzono występowania tego związku w tych produktach (tab. 1).

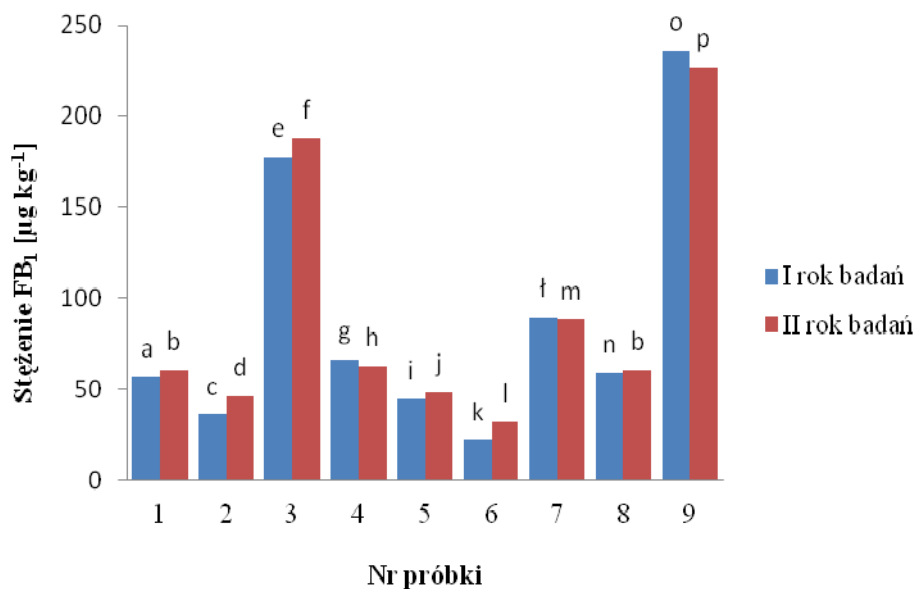
Tabela 1. Średnie stężenie NIV [$\mu\text{g kg}^{-1}$] w płatkach konwencjonalnych
Table 1. Average concentration of NIV in conventional flakes

Nr próbki	Rodzaj płatków	1. rok	2. rok
		NIV ($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)	
1	płatki kukurydziane z miodem i orzechami wzbogacone w witaminy i żelazo	nd	nd
2	płatki kukurydziane w miodzie z orzeszkami arachidowymi	nd	nd
3	płatki z dodatkiem otrąb pszennych	nd	nd
4	płatki o smaku cytrynowym	nd	nd
5	płatki z pełnego ziarna pszenicy z owocami	nd	nd
6	płatki kukurydziane z miodem	nd	nd
7	płatki kukurydziane	nd	nd
8	granola nut płatki	nd	nd
9	płatki z miodem i orzechami	nd	nd

nd – nie wykryto (poniżej granicy wykrywalności, LOD = $0,02 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)

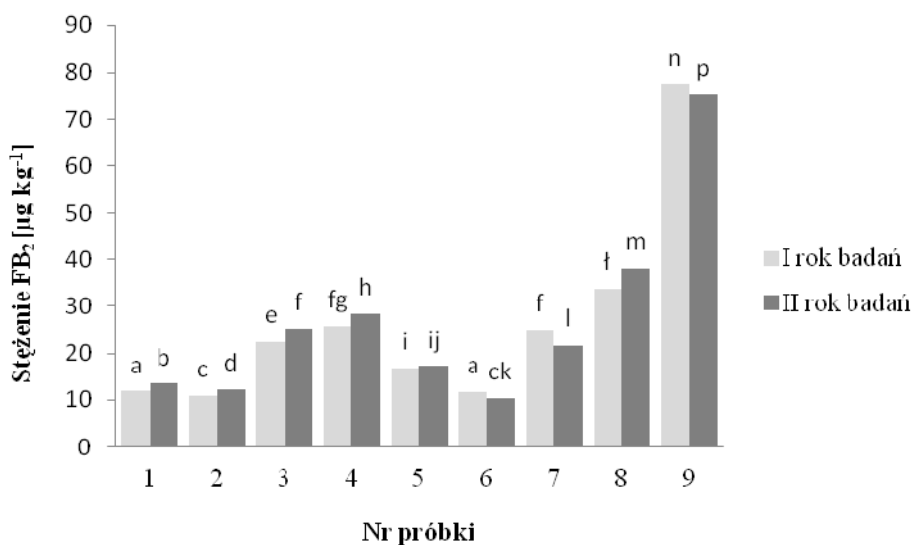
Według Rozporządzenia Komisji (WE) NR 1126/2007, najwyższy dopuszczalny poziom sumy FB_1 i FB_2 dla płatków śniadaniowych wynosi $800 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ produktu. W badaniach własnych określono zanieczyszczenie tymi mikotoksynami na poziomie dopuszczalnym do konsumpcji tego typu produktów. Współczynnik zmienności (CV) nie przekroczył 2%. Najwyższe ich poziomy zostały oznaczone w płatkach konwencjonalnych na bazie kukurydzy ($236,114 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1} \text{FB}_1$ i $77,355 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1} \text{FB}_2$ (rys. 1–2)). Oznaczone poziomy FB_1 i FB_2 w próbkach płatków konwencjonalnych wskazały na zanieczyszczenie tymi analitami badanych produktów na poziomie: od $21,755 \mu\text{g kg}^{-1}$ do $236,114 \mu\text{g kg}^{-1}$ (próbka nr 9) (1. rok) i od $31,955 \mu\text{g kg}^{-1}$ do $226,814 \mu\text{g kg}^{-1}$ (próbka nr 9) w 2. roku badań dla FB_1 oraz od $10,921 \mu\text{g kg}^{-1}$ do $77,355 \mu\text{g kg}^{-1}$ (próbka nr 9) (1. rok) i od $10,422 \mu\text{g kg}^{-1}$ do $75,155 \mu\text{g kg}^{-1}$ (próbka nr 9) w 2. roku badań dla FB_2 .

Podobną zawartość fumonizyny B_1 oznaczyli Kim i in. [2002]. Odnotowali oni poziom od $21\text{--}165 \text{ ng}\cdot\text{g}^{-1}$ w płatkach kukurydzianych i od $18,2\text{--}24 \text{ ng}\cdot\text{g}^{-1}$ w innych produktach na bazie kukurydzy. Badania te zostały przeprowadzone na produktach pochodzących z rynku koreańskiego. Kim i in. [2002] wskazują na znaczny import do kraju kukurydzy z USA i Chin oraz wysoki poziom zanieczyszczeń mikotoksynami, w tym fumonizynami, w kukurydzy pochodzącej z Chin. W badaniach Mruczyk i Jeszki [2013]



a, b, c, d ... – średnie wartości oznaczone różnymi literami różnią się istotnie przy $p \leq 0,05$

Rys. 1. Średnie stężenie FB₁ (µg·kg⁻¹) w płatkach konwencjonalnych
Fig. 1. Average concentration of FB₁ (µg·kg⁻¹) in conventional flakes



a, b, c, d ... – średnie wartości oznaczone różnymi literami różnią się istotnie przy $p \leq 0,05$

Rys. 2. Średnie stężenie FB₂ (µg·kg⁻¹) w płatkach konwencjonalnych
Fig. 2. Average concentration of FB₂ (µg·kg⁻¹) in conventional flakes

obecność fumonizyn stwierdzono w czterech z siedmiu badanych próbek, przy czym zawartość tych mikotoksyn była na niskim poziomie: w czterech próbkach przetworów zbożowych wyniki nie przekraczały dopuszczalnej zawartości NDP i mieściły się w zakresie do 25% NDP, w trzech próbkach wartość była poniżej poziomu oznaczalności metody przyjętej dla danej grupy mikotoksyn. Uzyskane wyniki sugerują, że możliwe jest zagrożenie zdrowia ludzi spożywających żywność na bazie kukurydzy, w której mogą wystąpić mikotoksyny fuzaryjne. Fumonizyny oznaczono praktycznie w każdym badanym produkcie konwencjonalnym, co ukazuje słuszość kontrolowania ich poziomów w żywności.

W płatkach śniadaniowych pochodzących z rolnictwa ekologicznego w wyniku analiz stwierdzono brak obecności NIV (tab. 2). W odniesieniu do wyników analiz w kierunku obecności FB₁ i FB₂, wśród dziewięciu badanych produktów tylko jeden był zanieczyszczony tymi substancjami (próbka nr 8) na poziomie 25,750 µg·kg⁻¹ FB₁ i 14,581 µg·kg⁻¹ FB₂ w 1. roku oraz 30,723 µg·kg⁻¹ FB₁ i 11,851 µg·kg⁻¹ FB₂ w 2. roku badań (tab. 2). Oznaczone poziomy tych mikotoksyn były niższe od ustalonego dla sumy fumonizyn najwyższego dopuszczalnego poziomu (NDP).

Tabela 2. Średnie stężenie NIV, FB₁ i FB₂ ($\bar{x} \pm s$) (µg·kg⁻¹) w płatkach ekologicznych
Table 2. Average concentration of NIV, FB₁ i FB₂ ($\bar{x} \pm s$) (µg·kg⁻¹) in ecological flakes

Nr próbki	Rodzaj płatków	1. rok	2. rok	1. rok	2. rok	1. rok	2. rok
		NIV	NIV	FB ₁	FB ₁	FB ₂	FB ₂
1	BIO pszenne	nd	nd	nd	nd	nd	nd
2	BIO jęczmienne	nd	nd	nd	nd	nd	nd
3	BIO żytnie	nd	nd	nd	nd	nd	nd
4	BIO 3 zboża	nd	nd	nd	nd	nd	nd
5	BIO 4 zboża	nd	nd	nd	nd	nd	nd
6	BIO orkiszowe	nd	nd	nd	nd	nd	nd
7	BIO 5 zbóż	nd	nd	nd	nd	nd	nd
8	płatki kukurydziane ekologiczne	nd	nd	25,750 ^a ± 0,001	30,723 ^b ± 0,120	14,581 ^A ± 0,240	11,851 ^B ± 0,114
9	BIO 6 zbóż	nd	nd	nd	nd	nd	nd

nd – nie wykryto (poniżej granicy wykrywalności dla NIV LOD = 0,02 µg·kg⁻¹, dla FB₁ LOD = 0,5 µg·kg⁻¹, dla FB₂ LOD = 0,5 µg·kg⁻¹)

a, b – średnie wartości oznaczone różnymi literami różnią się istotnie przy p ≤ 0,05

A, B – średnie wartości oznaczone różnymi literami różnią się istotnie przy p ≤ 0,05

W pieczywie regionalnym natomiast nie stwierdzono obecności żadnej z analizowanych mikotoksyn, co obrazuje tabela 3.

Tabela 3. Średnie stężenie NIV, FB₁ i FB₂ (μg·kg⁻¹) w pieczywie regionalnym
 Table 3. Average concentration of NIV, FB₁ i FB₂ (μg·kg⁻¹) in regional bread

Nr próbki	Rodzaj pieczywa	1. rok	2. rok	1. rok	2. rok	1. rok	2. rok
		NIV	NIV	FB ₁	FB ₁	FB ₂	FB ₂
1	wiejski żytni	nd	nd	nd	nd	nd	nd
2	razowy z rodzynkami	nd	nd	nd	nd	nd	nd
3	gryczany	nd	nd	nd	nd	nd	nd
4	lniany	nd	nd	nd	nd	nd	nd
5	kołacz z ziarnem	nd	nd	nd	nd	nd	nd
6	żytni	nd	nd	nd	nd	nd	nd
7	kołacz z otrębami	nd	nd	nd	nd	nd	nd
8	kołacz razowy	nd	nd	nd	nd	nd	nd
9	domowy	nd	nd	nd	nd	nd	nd
10	żytni	nd	nd	nd	nd	nd	nd

nd – nie wykryto (poniżej granicy wykrywalności – dla NIV LOD = 0,02 μg·kg⁻¹, dla FB₁ LOD = 0,5 μg·kg⁻¹, dla FB₂ LOD = 0,5 μg·kg⁻¹)

W latach 2006–2007 Mazurkiewicz i in [2008] przeprowadzili analizę mąki razowej, co wskazało na zanieczyszczenie pszenicy otrzymanej z systemu produkcji ekologicznej i konwencjonalnej kilkoma mikotoksynami, w tym niwalenolem i deoksyniwalenolem. Niemniej znacznie bardziej zanieczyszczona była pszenica uprawiana metodami ekologicznymi, jednak w stopniu nieprzekraczającym norm odnośnie zawartości mikotoksyn w zbożach. Autorzy stwierdzają duży wpływ sposobu nawożenia na podatność zbóż na porażenie przez grzyby z rodzaju *Fusarium* i stopień zanieczyszczenia produktów na bazie zbóż dostępnych na rynku, co według nich wymaga dalszych badań [Mazurkiewicz i in. 2008].

PODSUMOWANIE

Wyniki przeprowadzonych badań w latach 2010–2011 pozwalają stwierdzić, że:

- zbożowe produkty regionalne i ekologiczne w porównaniu z konwencjonalnymi charakteryzowały się mniejszym stopniem zanieczyszczenia mikotoksynami takimi jak FB₁ i FB₂, przy czym w żadnym przypadku poziom obecności tych substancji w produktach nie przekroczył ustalonych limitów,
- produkty zbożowe wytworzone różnymi metodami produkcji nie były zanieczyszczone NIV, co wskazuje na brak zagrożenia tą mikotoksyną.

PODZIĘKOWANIA

Praca naukowa finansowana ze środków na naukę w latach 2009–2011 jako projekt badawczy własny nr N N312 439837

PIŚMIENNICTWO

- Bancewicz E., 2007. Występowanie mikotoksyn w paszach dla trzody chlewnej i próby określenia metod ich detoksykacji. Praca dokt. UWM w Olsztynie.
- Bennett J.W., Klich M., 2003. Mycotoxins. Clin. Microb. Rev. 16(3), 497–516.
- Bottalico A., Perrone G., 2002. Toxigenic *Fusarium* species and mycotoxins associated with head blight in small – grain cereals in Europe. Eur. J. Plant Pathol. 108, 611–624.
- Cavret S., Lecoœur S., 2006. Fusariotoxin transfer in animal. Food Chem. Toxicol. 44, 444–453.
- Chavas J.-P., Posner J.L., Hedtcke J.L., 2009. Organic and Conventional Production Systems in the Wisconsin Integrated Cropping Systems Trial: II. Economic and Risk Analysis 1993–2006. Agron. J. 101(2), 288–295.
- Creppy E.E., 2002. Update of survey, regulation and toxic effects of mycotoxins in Europe. Toxicol. Lett. 127, 19–28.
- Czerwiecki L., 1997. Mikotoksyny w żywności jako czynnik zagrożenia zdrowotnego. Żywność, Żywnienie a Zdrowie 4, 293–300.
- Dänicke H., Valenta H., Spilke J., 2004. Effects of long – term storage on *Fusarium* toxin concentrations in wheat – sources of error of the analytical results. Arch. Anim. Nutr. 58(6), 507–515.
- Filipek A., Daniewski M., Bal K., 2001. Mikotoksyny z grupy trichotecenów w żywności. Żywnienie, Człowiek i Metabolizm 169–177.
- Fink-Gremmels J., 1999. Mycotoxins: Their implications for human and animal health. Vet. Quart. 21, 115–120.
- Goliński P., Waśkiewicz A., Gromadzka K., 2009. Mycotoxins and mycotoxicoses under climatic conditions of Poland. Pol. J. Vet. Sci. 12(4), 581–588.
- Grajewski J., 2006. Mikotoksyny i grzyby pleśniowe – zagrożenia dla człowieka i zwierzę. Wyd. Uniw. Kazimierza Wielkiego, Bydgoszcz.
- IJHARS (Inspekcja Jakości Handlowej Artykułów Rolno-Spożywczych), 2013. Produkty regionalne i tradycyjne <http://www.ijhar-s.gov.pl/produkty-regionalne-i-tradycyjne.90.html> dostęp 22.12.2013.
- Jasiński J., Rzytki M., 2005. Produkty regionalne. Polska wieś w Europie. Agro Info, 1–27.
- Jurgenson J.E., Bowden R.L., Zeller K.A., Leslie J.F., Alexander N.J., Plattner R.D., 2002. A genetic map of *Gibberella zeae* (*Fusarium graminearum*). Genetics 160, 1451–1460.
- Kim E.K., Shon D.H., Chung S.H., Kim Y.B., 2002. Survey for fumonisin B₁ in Korean corn-based food products. Food Addit. Contam. 19(5), 459–464.
- Knudsen I.M.B., Elmholt S., Hockenhull J., Jensen D.F., 1995. Distribution of saprophytic fungi antagonistic to *Fusarium culmorum* in two differently cultivated field soils, with special emphasis on the genus *Fusarium*. Biol. Agric. Hortic. 12, 61–79.
- Komorowska D., 2009. Rozwój produkcji i żywności ekologicznej. Stow. Ekonom. Roln. i Agrobiznesu. Rocz. Nauk. 3, 183–187.
- Korbas M., Horoszkiewicz-Janka J., 2007. Znaczenie i możliwości ograniczenia szkodliwych metabolitów pochodzenia grzybowego. Prog. Plant Protect./Post. Ochr. Rośl. 47(2), 141–148.
- Kovacic S., Pepeljnjak S., Petrinc Z., Segvic Klaric M., 2009. Fumonisin B₁ neurotoxicity in young carp (*Cyprinus Carpio* L.). Arti. Hig. Rada. Toksicol. 60, 419–426.

- Kwaśna H., Chełkowski J., Zajkowski P., 1991. Grzyby. T. XXII. PAN, Warszawa–Kraków.
- Laciaková A., Popelka P., Pipová M., Laciak V., 2005. Review of the most important micotoxins. *Med. Vet.* 61, 490–493.
- Mazurkiewicz J., Solarska E., Kuzdrański A., Muszyńska M., 2008. Wpływ sposobu nawożenia na występowanie toksyn fuzaryjnych w pszenicy ozimej. *J. Res. Appl. Agric. Eng.* 53(4), 15–17.
- Minorsky P.V., 2002. The Hot and the Classic. *Plant Physiol.* 129, 929–930.
- Mruczyk K., Jeszka J., 2013. Ocena poziomu zanieczyszczeń mikotoksynami wybranych produktów spożywczych z terenu województwa lubuskiego. *Bromat. Chem. Toksykol.* 46, 1, 89–95.
- PN-EN 14352:2005 Artykuły żywnościowe – Oznaczanie fumonizyn B₁ i B₂ w kukurydzianych produktach żywnościowych – Metoda HPLC z oczyszczaniem na kolumnie powinowactwa immunologicznego.
- Pokrzywa P., Cieślak E., Topolska K., 2007. Ocena zawartości mikotoksyn w wybranych produktach spożywczych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość* 3(52), 139–146.
- Reby E., Kowalik M., 1998. Aktywność fungistatyczna ACE (podchlorynu sodu) i chloraminy T (do odkażania materiału roślinnego w kulturach *in vitro*). *Zesz. Nauk. AR w Krakowie. Sesja Nauk.* 57(333), t. 2.
- Rozporządzenie Komisji (WE) nr 1881/2006 z dnia 19 grudnia 2006 r. ustalające najwyższe dopuszczalne poziomy dla niektórych zanieczyszczeń w środkach spożywczych.
- 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.
- Satora P., 2008. Ochratoksyny – niebezpieczne metabolity grzybów. *Laboratorium* 12, 32–35.
- Seweryn R., 2009. Marka produktów regionalnych narzędziem promocji turystycznej obszarów wiejskich. W: Marka wiejskiego produktu turystycznego, Palich P. (red.). Monografia. Wyd. Akad. Morskiej w Gdyni, 107–115.
- Silva L.J.G., Lino C.M., Pena A., Molto J.C., 2007. Occurrence of fumonisins B₁ and B₂ in Portuguese maize and maize-based foods intended for human consumption. *Food Addit. Contam.* 24(4), 381–390.
- Solarska E., Marzec M., 2012. Mikotoksyny w produktach zbożowych z upraw ekologicznych. *J. Res. Appl. Agric. Eng.* 57(4), 103–107.
- Stępień M., Sokół-Leszczynska B., Łuczak M., 2007. Mykotoksyny, produkty spożywcze a zdrowie człowieka. *Post. Mikrobiol.* 46(2), 167–177.
- Suchorzynska M., Misiewicz A., 2009. Mikotoksynotwórcze grzyby fitopatogeniczne z rodzaju *Fusarium* i ich wykrywanie technikami PCR. *Post. Mikrobiol.* 48(3), 221–230.
- Ślizewska K., 2008. Mikotoksyny w paszy. *Indyk Polski* 3, 14–20.
- Świdorski F., Zebrowska-Krasuska, Waszkiewicz-Robak B., 2010. Ocena towaroznawcza rynkowych soków i nektarów owocowych z produkcji ekologicznej i konwencjonalnej. *Przem. Fermentacyjny i Owocowo-Warzywny* 1, 3–5.
- Task Force Report, 2003. Mycotoxins: Risks in plant, animal, and human systems. Council for Agricultural Science and Technology, Ames, Iowa, USA.
- Tyburski J., Żakowska-Biemans S., 2007. Wprowadzenie do rolnictwa ekologicznego. Wyd. SGGW, Warszawa.
- Varga J., Péteri Z., Tábori K., Téren J., Vágvölgyi C., 2005. Degradation of ochratoxin A and other mycotoxins by *Rhizopus* isolates. *Int. J. Food Microb.* 99, 321–328.
- Wójcik A., Horoszkiewicz-Janka J., Korbas M., 2010. Oznaczanie trichotecenów z grupy B metodą HPLC w pszenicy ozimej chronionej fungicydami. *Prog. Plant Protect./Post. Ochr. Rośl.* 50(4), 1995–2000.

THE EFFECT OF ORGANIC, REGIONAL AND CONVENTIONAL PRODUCTION ON MYCOTOXINS POLLUTION IN SELECTED GROUP OF FOOD PRODUCTS

Abstract. The paper presents the influence of production methods of organic, regional and conventional cereal products on its mycotoxin contamination level. In the group of cereal products covered by the survey were: conventional (n = 9), organic (n = 9) and regional breads (n = 10). Selected food products were analyzed for the presence of nivalenol (NIV), fumonisin B₁ (FB₁) and fumonisin B₂ (FB₂) using HPLC after purification of sample extracts on immunoaffinity columns (IAC). The research revealed that organic and regional products were less contaminated by fumonisins than conventional products, but in no case exceeding the MRLs set out in Commission Regulation (EC) No 1126/2007 as safe for human health was found. In all cereal products were not detected nivalenol, indicating the lack of this mycotoxin risks arising from the consumption of cereal products regardless of the method of their production.

Key words: organic, regional and conventional foods, food safety, mycotoxins pollution, cereals products