

Ocena zawartości mykotoksyn w słodach jęczmiennych pochodzących z dwóch browarów w Polsce

An assessment of the concentration of mycotoxins in barley malt in two Polish breweries

Beata Dobosz¹ (a, b, c, e), Renata Złotkowska^{1, 2} (a, d)

¹ Zakład Medycyny Społecznej i Profilaktyki, Wydział Zdrowia Publicznego w Bytomiu, Śląski Uniwersytet Medyczny. Kierownik dr hab. n med. P. Rozentryt

² Instytut Medycyny Pracy i Zdrowia Środowiskowego w Sosnowcu. Dyrektor dr hab. n. med. R. Złotkowska

^(a) koncepcja

^(b) opracowanie tekstu i piśmiennictwa

^(c) zebranie piśmiennictwa

^(d) merytoryczny nadzór nad ostateczną wersją

^(e) opracowanie wyników badań

STRESZCZENIE

Proces produkcji piwa wymaga wykorzystania surowca, jakim jest sód – najczęściej stosowany jest sód jęczmienny. Jednak, ziarno wykorzystywane do produkcji sόδu jęczmiennego jest zagrożone stałą obecnością mykotoksyn. Celem pracy było określenie stężenia mykotoksyn: deoksynivalenolu (DON, DON-3 Gls), ochratoksyny A (OTA), aflatoksyny B₁ w słodzie jęczmiennym, pochodzącym z dwóch browarów w Polsce. Oznaczeń dokonano w 46 próbkach w okresie 2011–2015 metodą wysokosprawnej chromatografii cieczowej HPLC, zgodną z normami akredytowanymi. Wyniki oznaczeń wykazały, że najwyższe stężenia w słodzie odnotowano dla deoksynivalenolu (DON, DON-3 Gls), jednak na poziomie nie przekraczającym najwyższego dopuszczalnego poziomu (NDP). Stężenie żadnej z mykotoksyn, zidentyfikowanych w słodzie jęczmiennym wykorzystywanym w polskim browarnictwie nie przekroczyła NDP. Wyniki pracy świadczą o fakcie, że zawartość mykotoksyn w słodzie jęczmiennym nie jest zagrożeniem dla jakości samego sόδu, ani dla zdrowia konsumentów piwa.

Słowa kluczowe: mykotoksyny, aflatoksyny, ochratoksyna A, sód jęczmienny

SUMMARY

The process of beer production requires the use of components such as malt. Barley malt is used most often for this production. However, the seeds that are used to produce barley malt are endangered due to the permanent presence of mycotoxins. The aim of the study was to assess the concentration of mycotoxins: deoxynivalenol (DON, DON-3 Gls), ochratoxin A (OTA), and aflatoxin B₁ in the barley malt that is used in two breweries in Poland. The measurements were performed on 46 samples that were collected between 2011–2015, using high-performance liquid chromatography (HPLC), which is in compliance with the standards of the accreditation norms. The results of the measurements showed that although the highest concentration of mycotoxins was found for deoxynivalenol (DON, DON-3 Gls), it was at a level that is below the highest acceptable level (NDP). None of the concentrations of mycotoxins that were found in the barley malt used in the Polish brewing industry exceeded the NDP. The results of the study support the conclusion that the content of mycotoxins in the barley malt is a threat neither to the barley malt itself, nor to the health of the consumers of beer.

Key words: mycotoxins, aflatoxins, ochratoxin A, barley malt

WPROWADZENIE

Piwo jest napojem alkoholowym, otrzymywanym w wyniku fermentacji brzojki piwnej, roztworu przygotowanego z wody i surowców (słód jęczmienny) oraz chmielu pod wpływem drożdży piwowarskich, czyli piwo to produkt otrzymywany w wyniku enzymatycznej hydrolizy skrobi (białek zawartych w ziarnach zbóż) i poddany fermentacji alkoholowej [1, 2]. Podstawowym surowcem do produkcji piwa jest słód, który powstaje w procesie słodowania jęczmienia (rzadziej pszenicy i żyta) [3, 4]. Celem słodowania jest uaktywnienie, produkcja i wykorzystanie działania enzymów z jęczmienia, czyli uaktywnienie zjawisk fizjologicznych i fizykochemicznych, które towarzyszą kiełkowaniu ziaren, a przede wszystkim wytworzenie w ziarnach maksymalnej ilości enzymów amylolitycznych, proteolitycznych i cytolitycznych oraz uzyskanie odpowiedniego rozluźnienia struktury wewnętrznej ziarna [5, 6]. W wyniku słodowania jęczmienia jarego powstaje słód browarny, czyli ziarno jęczmienia poddane kiełkowaniu do określonego stadium a następnie wysuszone. Jednak ziarno jęczmienia, jest z natury zanieczyszczone przez grzyby strzępkowe z rodzaju *Fusarium*, które pochodzą z otoczenia, owadów i zwierząt. Także pogoda i inne warunki naturalne wpływają na społeczność drobnoustrojów na ziarnach jęczmienia [3]. Konsekwencją zanieczyszczenia ziarna grzybami jest obecność w ziarnie jęczmienia mykotoksyn, które wpływają niekorzystnie i destrukcyjnie na wydajność samego jęczmienia, a co za tym idzie na jego dalszą jakość przenoszoną do sładu browarnego [7]. Stąd też konieczne jest prowadzenie stałego monitoringu zawartości mykotoksyn w jęczmieniu. Prowadzone w Europie i na świecie badania wykryły w jęczmieniu browarnym (słodowym) między innymi deoksynivalenol (DON, womitoksyna), niwalenol, trichoteceny (T-2 i HT-2) i diacetoksyscirpenol [8]. Badania na rynku europejskim (głównie w Czechach) wykazały, iż największe zagrożenie dla sładu jęczmiennego ma zanieczyszczenie deoksynivalenolem-3-glukozydem (DON-3-Glc). Ponieważ skutki DON i pokrewnych mykotoksyn w zakażonych ziarnach jęczmienia browarnego są dobrze skodyfikowane jako zagrożenie dla ludzi i zwierząt, przyjęto także surowe normy jakości dla DON w sładzie [9, 10].

Podkreśla się występowanie relatywnie wysokich poziomów DON-3-Glc w sładzie i piwie przygotowanym ze stosunkowo „czystego” jęczmienia, stąd też badania na rynku europejskim skupiają się głównie na występowaniu tej właśnie mykotoksyny w sładzie jęczmiennym [11].

Mykotoksyny wykazują wielokierunkowe działania na organizm człowieka. Powodują uszkodzenia wątroby, nerek, zakłócają funkcje przewodu pokarmowego i układu immunologicznego. Mogą wykazywać właściwości kancerogenne, mutagenne, cytotoksyczne, teratogenne, neurotoksyczne czy estrogenne. Mykotoksyny są jednym z możliwych istotnych czynników rakotwórczych raka wątrobowokomórkowego (HCC) [12]. Rak wątrobowokomórkowy (HCC) jest nowotworem złośliwym, o wysokiej częstości występowania w świecie. Rokowanie wyleczenia HCC jest bardzo niskie, gdyż pacjenci nie mogą być poddani zabiegowi chirurgicznemu. Ponadto komórki raka wątroby stawiają silny opór wobec standardowych leków chemioterapeutycznych.

Aflatoksyny to najbardziej znana grupa mykotoksyn są szeroko badane ze względu na ich rolę w leczeniu wątroby. Główne rodzaje to B₁, B₂, G₁ i G₂, a także M₁ i M₂, są metabolitami obecnymi w mleku ludzkim i zwierzęcym [13].

Z kolei ochratoksyna A (OTA) indukuje reaktywne formy tlenu i azotu, promuje powstawanie nowotworów, działa toksycznie na neurony i tym samym wpływa na rozwój chorób neurodegeneracyjnych. Stwierdzono jej związek z przyczynami chorób Parkinsona i Alzheimerza [14]. U ludzi ochratoksyny powodują endemiczną nefropatię, która została opisana w wielu badaniach. Badania epidemiologiczne wykazały, że w miejscach gdzie stwierdza się wysokie poziomy ochratoksyny A w żywności, jak również i we krwi populacji, jest wysoka częstość występowania nefropatii i nowotworów nerek [15]. Udowodniono, że OTA naturalnie znajduje się we wszystkich zbożach, w tym kukurydzy, jęczmieniu, pszenicy, sorgu, życie, owsie i ryżu [16, 17].

Wpływ trichotecenów na zdrowie ludzi znane jest od dawna. Wiele form, które są patogenami roślin wytwarzają trichoteceny, które są toksyczne dla ludzi i zwierząt. Narażenie na działanie tych toksyn może powodować choroby immunologiczne, wymioty, zapalenie skóry oraz krwotoki. Na poziomie komórkowym trichoteceny odpowiedzialne są za hamowanie syntezy białka, redukcję aktywności enzymów, zaburzenia w przepuszczalności błon cytoplazmatycznych, zaburzenia w podziałach komórkowych, indukowanie obserwacji chromosomowych i zaburzenia w przebiegu cyklu komórkowego [18]. Głównymi przedstawicielami trichotecenów z grupy A są silne toksyny T-2 i HT-2, które wywołują zapalenie skóry. Grupę B trichotecen reprezentuje deoksynivalenol (DON). Trichoteceny C i D to grupa toksyn wielocyklicznych, które w doświadczeniach na kulturach komórek okazały się dziesięciokrotnie

silniejsze niż trichoteceny z grupy A. Pod względem toksykologicznym największą rolę odgrywa deoksyniwalenol. DON skutkuje wymiotami, brakiem apetytu, utratą masy ciała, biegunką oraz nekrozą (gangreną) pewnych tkanek, jak np. ścianki żołądkowo-jelitowej, szpiku kostnego lub tkanki chłonnej [18].

Celem niniejszego artykułu jest przedstawienie wyników badań dotyczących oceny stopnia zanieczyszczenia mykotoksynami słodów jęczmiennych, wykorzystywanych do produkcji piwa przez dwa browary w Polsce

MATERIAŁ I METODY

Materiał badany stanowiły słody jęczmienne ($n = 46$) pochodzące z dwóch browarów na terenie Polski, zlecone do analizy przez przedsiębiorców.

Okres badawczy obejmował lata 2011–2015, częstotliwość poboru była niesystematyczna. Próbkki zostały zbadane metodami akredytowanymi zgodnie z normą PN-EN ISO/IEC 17025:2005/Ap1:2007 – Ogólne wymagania dotyczące kompetencji laboratoriów badawczych i wzorcujących [19].

Oznaczanie zawartości aflatoksyny B₁ i sumy aflatoksyn B₁, B₂, G₁, G₂ dokonano zgodnie z normą badawczą PN-EN ISO 16050:2011 – metodą wysokosprawnej chromatografii cieczowej HPLC (high-performance liquid chromatography) z oczyszczaniem na kolumnie powinowactwa immunologicznego i z uzyskiwaniem pochodnej po rozdziale na kolumnie [20].

Badania poziomów zanieczyszczenia ochratoksyny A (OTA) przeprowadzono według normy PN-EN ISO 14132:2010 – metodą wysokosprawnej chromatografii cieczowej HPLC (high-performance liquid chromatography) z oczyszczaniem na kolumnie powinowactwa immunologicznego i detekcją fluorescencyjną [21].

Do oznaczenia toksyn *Fusarium* – deoksyniwalenolu (DON) oraz zearalenonu (ZEA) użyto metody wysokosprawnej chromatografii cieczowej HPLC (high-performance liquid chromatography) z oczyszczaniem na kolumnie powinowactwa immunologicznego, zgodnie z Wydawnictwem Metodycznym PZH 2005.

Granica oznaczalności dla słodów jęczmiennych wynosiła kolejno: 0,35 µg/kg dla ochratoksyny, 0,1 µg/kg dla aflatoksyny B₁, 0,4 µg/kg dla sumy aflatoksyn B₁, B₂, G₁, G₂ oraz 100 µg/kg dla deoksyniwalenolu.

Oceny dokonano poprzez porównanie zgodności wyników dla zbadanej próbki z maksymalnymi dopuszczalnymi poziomami przyjętymi w rozporządzeniu

Parlamentu Europejskiego i Rady nr 1881/2006 z dnia 19 grudnia 2006 r. zmieniającym rozporządzenie (WE) nr 466/2001 z dnia 8 marca 2001 r. oraz zmieniającymi je rozporządzeniami Komisji (WE): 1126/2007, 565/2008, 628/2008, 105/2010, 165/2010 (4) [22].

WYNIKI

Badania w latach 2011–2015 na powoływanych wcześniej 46 próbkach słodów pobranych w wybranych polskich browarach, wykazały obecność w słodzie ochratoksyny A, jednak w każdym badanym przypadku zawartości ochratoksyny A kształtowała się poniżej wartości wskazanej w granicy oznaczalności (tab. I).

Tabela I. Zawartość ochratoksyny A w próbkach słodów jęczmiennych w polskich browarach w okresie 2011–2015

Table I. The content of ochratoxin A in barley malt samples in Polish breweries in the period 2011–2015

Próbki	Wynik µg/kg ochratoksyna A	LOQ µg/kg	NDP µg/kg
2011			
9	< 0,35	0,35	5
1	< 0,25	0,25	5
2012			
6	< 0,35	0,35	5
4	< 0,25	0,25	5
2013			
2	< 0,35	0,35	5
4	< 0,25	0,25	5
2014			
3	< 0,35	0,35	5
5	< 0,25	0,25	5
2015			
2	< 0,35	0,35	5
10	< 0,25	0,25	5
Suma 46			

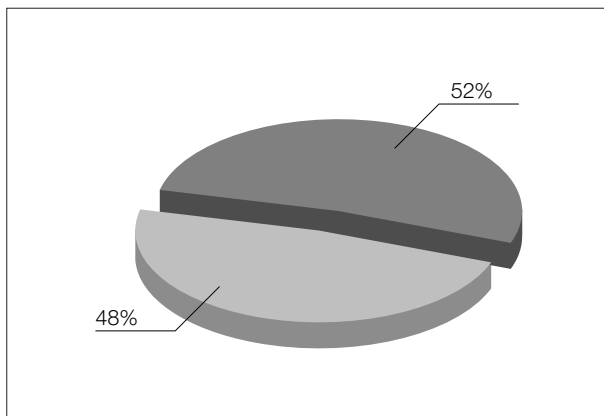
LOQ – granica oznaczalności

NDP – najwyższy dopuszczalny poziom

LOQ – limit of quantification

NDP – the highest acceptable level

Wyniki wskazują, iż w przypadku wszystkich próbek zawartość ochratoksyny A nie przekraczała granicy oznaczalności. W 22 próbkach słodów jęczmiennych oznaczono ochratoksynę A na poziomie niższym niż 0,35 µg/kg, zaś w 24 próbkach wynik ten wykazywał poziom niższy od 0,25 µg/kg.



Ryc. 1. Specyfikacja próbek sładów jęczmiennych według poziomu ochratoksyny A w latach 2011–2015 w wybranych browarach w Polsce (w $\mu\text{g}/\text{kg}$)

Fig. 1. Specification of barley malt samples according to Ochratoxin A level in 2011–2015 in selected breweries in Poland (in $\mu\text{g}/\text{kg}$)

Jak wynika z ryc. 1, w polskich browarach przeważają sład o niskiej zawartości ochratoksyny A czyli na poziomie niższym od $0,25 \mu\text{g}/\text{kg}$ – stanowiły one 52% całego badanego materiału. 48% badanego materiału stanowiły sład o zawartości ochratoksyny A powyżej $0,25 \mu\text{g}/\text{kg}$ ale poniżej $0,35 \mu\text{g}/\text{kg}$.

W przypadku ochratoksyny A istnieje ustawowo określona najwyższa dopuszczalna norma (poziom). Dla tej mykotoksyny NDP wynosi $5 \mu\text{g}/\text{kg}$. Żadna z próbek poddanych badaniu nie przekroczyła tego poziomu. Otrzymane wyniki przedstawione jako procent najwyższych dopuszczalnych norm (NDP) wskazują, że 22 próbki osiągnęły dopuszczalną normę w 7%, zaś 24 próbki w 5%.

Badania sładów jęczmiennych dotyczyły również wykrycia aflatoksyny w sładzie browarniczym. Badanie objęło analizę występowania aflatoksyny B_1 oraz sumy aflatoksyn B_1 , B_2 , G_1 i G_2 w tych samych 46 badanych próbkach. W przypadku aflatoksyny B_1 (tab. II) granica oznaczalności toksyny to $0,1 \mu\text{g}/\text{kg}$. Istnieje również określony przepisami NDP, który dla aflatoksyny B_1 wynosi $2 \mu\text{g}/\text{kg}$.

Badane próbki wykazały podobne wyniki. Każda próbka wykazała zawartość aflatoksyny B_1 na poziomie poniżej $1 \mu\text{g}/\text{kg}$, zatem można założyć, że były to wyniki ujawniające niższą od $1 \mu\text{g}/\text{kg}$ wartość. Odnosząc wyniki do tej wielkości NDP można bowiem stwierdzić, że wszystkie próbki zawierały aflatoksyny na poziomie nie przekraczającym ustalonego dopuszczalnego poziomu, co pozwala wnioskować, że aflatoksyny nie są mykotoksyną zagrażającą jakości sładów jęczmiennych ani produkowanemu z tego sładów piwu.

Tabela II. Zawartość aflatoksyny B_1 w próbkach sładów jęczmiennych w polskich browarach w okresie 2011–2015

Table II. The content of aflatoxin B_1 in barley malt samples in Polish breweries in the period 2011–2015

Próbki	Wynik $\mu\text{g}/\text{kg}$ aflatoksyna B_1	LOQ $\mu\text{g}/\text{kg}$	NDP $\mu\text{g}/\text{kg}$
2011			
10	< 1	0,1	2
2012			
10	< 1	0,1	2
2013			
6	< 1	0,1	2
2014			
8	< 1	0,1	2
2015			
12	< 1	0,1	2
Suma 46			

LOQ – granica oznaczalności

NDP – najwyższy dopuszczalny poziom

LOQ – limit of quantification

NDP – the highest acceptable level

Z kolei suma aflatoksyn B_1 , B_2 i G_1 , G_2 ujawnia, że w 22 badanych próbkach sładów jęczmiennych występował wynik mniejszy od $4 \mu\text{g}/\text{kg}$ (tab. III), przy granicy oznaczalności toksyny na poziomie $0,4 \mu\text{g}/\text{kg}$ i NDP ustalonym na poziomie $4 \mu\text{g}/\text{kg}$. W przypadku pozostałych próbek sładów jęczmiennych (24 próbki) ustalono, iż suma aflatoksyn kształtowała się poniżej granicy wykrywalności (LOD). Oznacza to, że suma aflatoksyn B_1 , B_2 , G_1 i G_2 kształtuje się powyżej granicy wykrywalności, jednak w sładzie jęczmiennym nie ujawniono ilości tych toksyn przekraczającej ustalony NDP. Wobec powyższego można stwierdzić, że ani aflatoksyna B_1 , ani też suma aflatoksyn B_1 , B_2 , G_1 i G_2 nie skażają sładów jęczmiennych do niebezpiecznego dla piwa i konsumujących go osób poziomu.

Jedną z głównych mykotoksyn identyfikowanych w sładzie jęczmiennym i to często na niebezpiecznie wysokich poziomach jest DON. Granica oznaczalności tej mykotoksyny wynosi $100 \mu\text{g}/\text{kg}$. Dla interpretacji wyników ważne jest także to, iż dla DON określony jest NDP na poziomie $1250 \mu\text{g}/\text{kg}$. Jak wynika z przeprowadzonego badania na 46 badanych próbkach w 40 przypadkach odnotowano poziom DON poniżej granicy oznaczalności. Jednak w sześciu próbkach poziom ten przekroczył $100 \mu\text{g}/\text{kg}$. W poniższej tabeli (tab. IV) przedstawiono poziom próbek przekraczające granicę oznaczalności.

Tabela III. Zawartość aflatoksyny B₁ i B₂, G₁ i G₂ w próbkach słołu jęczmiennego w polskich browarach w okresie 2011–2015

Table III. The content of aflatoxin B₁, B₂, G₁ and G₂ in barley malt samples in Polish breweries in the period 2011–2015

Próbki	Wynik µg/kg suma B ₁ , B ₂ i G ₁ , G ₂	LOQ µg/kg	NDP µg/kg
2011			
9	< 4	0,4	4
1	LOD	0,4	4
2012			
6	< 4	0,4	4
4	LOD	0,4	4
2013			
2	< 4	0,4	4
4	LOD	0,4	4
2014			
3	<4	0,4	4
5	LOD	0,4	4
2015			
2	< 4	0,4	4
10	LOD	0,4	4
Suma 46			

NDP –poziom najwyższy dopuszczalny

LOQ – granica oznaczalności

LOD – granica wykrywalności

NDP – the highest level

LOQ – limit of quantification

LOD – detection limit

DYSKUSJA

Mykotoksyny stanowią potencjalne zagrożenie dla zdrowia ludzi oraz zwierząt, i to wyłącznie jeśli zostaną spożyte w dużych ilościach. Problem bezpieczeństwa żywności pojawia się tylko w przypadku zanieczyszczenia zbóż na skalę masową. Sytuacja taka może być wynikiem niekorzystnych warunków pogodowych, a także nieprawidłowego przechowywania produktu [5]. Rodzaj i natężenie skażenia mykotoksynami determinują przede wszystkim warunki klimatyczne. Umiarkowany klimat polski wpływa na tworzenie się w produktach żywnościowych przede wszystkim: aflatoksyny, ochratoksyny, trichoteceny.

Z literatury przedmiotu wynika, że częstotliwość występowania konkretnych mykotoksyn zależy od rodzaju i zbioru zboża.

Dotychczasowa analiza kontroli zanieczyszczeń słołu wykazuje, iż badanie ziaren jęczmienia na obecność mykotoksyn nie zawsze umożliwia oszacowanie poziomu mykotoksyn w słodzie. Dla użytkowników technologicznych słołu potrzebna

Tabela IV. Zawartość DON w próbkach słołu jęczmiennego w polskich browarach w okresie 2011–2015

Table IV. DON content in barley malt samples in Polish breweries in the period 2011–2015

Próbki	Wynik µg/kg DON	LOQ µg/kg	NDP µg/kg
2011			
8	< 100	100	1250
1	201	100	1250
1	271	100	1250
2012			
8	< 100	100	1250
1	125	100	1250
1	386	100	1250
2013			
5	< 100	100	1250
1	115	100	1250
2014			
8	< 100	100	1250
2015			
11	< 100	100	1250
1	150	100	1250
Suma 46			

LOQ – granica oznaczalności

NDP –poziom najwyższy dopuszczalny

LOQ – limit of quantification

NDP – the highest level

jest stała kontrola jakości surowca. To co zostało stwierdzone wobec gotowego piwa badania potwierdziły też w odniesieniu do samego słołu. Pozorna wartość DON wzrastała w słodach palonych, zaś w słodach jasnych miała bardzo niski poziom, a nawet niektóre mykotoksyny nie ujawniały przekroczenia granicy wykrywalności metodą instrumentalną nawet w słodach palowych w temperaturze powyżej 200 stopni C. Badania wykazały, iż możliwe jest zwalczanie *Fusarium* w słodzie jęczmiennym.

Nie powinno się to jednak odbywać za pomocą metod chemicznych, gdyż obniża to jakość słołu. Polecane są rozwiązania związane z biologicznym kontrolowaniem *Fusarium* w słodowni (zaszczepienie jęczmienia z innych mikroorganizmów, bakterii, drożdży). Jednak najczęstszym sposobem kontroli pozostaje unikanie zainfekowanego jęczmienia. Otrzymane wyniki wskazują na obecność zawartości mykotoksyn we wszystkich badanych próbkach słołu, jednak na poziomie nie przekraczającym NDP. Wyniki te można porównać do uzyskanych przez Bolechova i wsp. [23], którzy potwierdzili, że wśród 52 badanych próbek jęczmienia i słołu nie wykryto aflatoksyn oraz ochratoksyny A. Z kolei

Fumonizyny B₁ występowały w 1 próbce, przy czym ich zawartość była niższa niż granica oznaczalności. Uzyskana w analizie zawartość DON jest zbliżona do danych przedstawionych w literaturze przez Piacentini i wsp. [24], gdzie DON wykryto w około 18% próbek na poziomie od 0,2 µg/kg do 15,1 µg/kg (średnia 3,4 µg/kg), a fumonizynę B₁ stwierdzono w 5 próbkach na poziomie od 0,001 µg/kg do 0,013 µg/kg. Obecność DON, również w swoich badaniach odnotowała Belakova i wsp. [25], wykazali oni, że najwyższy poziom DON wynosił (97,3%), a T-2 i HT-2 (44%). Jednak zawartość ta nie przekroczyła najwyższego dopuszczalnego limitu 1250 µg/kg. Wyniki uzyskane z prowadzonych badań w dwóch browarach w Polsce w latach 2011–2015 w kierunku zanieczyszczenia słodu mykotoksynami są podobne jak w innych państwach i w głównej mierze wynikają z zanieczyszczenia już na poziomie uprawy i magazynowania zbóż, zaś wielkości mykotoksyn nie zagrażają zdrowiu konsumenta. Należy zatem przypuszczać, iż produkty żywnościowe dostępne na krajowym rynku w świetle przeprowadzonych badań w większości spełniają obowiązujące normy dotyczące zanieczyszczeń żywności mykotoksynami.

WNIOSKI

Badania słodu jęczmiennego w polskich browarach na zawartość mykotoksyn pozwalają wnioskować, iż:

- w pobranych próbkach słodu wykryto obecność fumonizyny B₁ i B₂, ochratoksynę A, aflatoksyny B₁ i DON,
- żadna z pobranych próbek nie wykazała zawartości ochratoksyny A, aflatoksyny B₁, B₂ i DON powyżej najwyższego dopuszczalnego poziomu,
- najbardziej niekorzystny jest udział DON w próbkach słodu – w 6 przypadkach przekroczył on znacznie granice oznaczalności, jednak w najgorszym przypadku poziom ten stanowił niecałe 31% NDP.
- należy zatem przypuszczać, iż słydy jęczmienne w świetle przeprowadzonych badań w większości spełniają obowiązujące normy dotyczące zanieczyszczeń żywności mykotoksynami.

Nie można zakładać w stu procentach, że uzyskane w wybranych browarach wyniki będą pokrywać się z wynikami u pozostałych producentów piwa. Można jednak zakładać, że specyfika hodowli jęczmienia i produkcji słodu (oraz produkcji piwa) wykazałaby podobny poziom mykotoksyn także w innych, nie objętych badaniem browarach.

PIŚMIENICTWO

- [1] Rogers C.M., Veatch D., Covey A. et al.: Terminal acidic shock inhibits sour beer bottle conditioning by *Saccharomyces cerevisiae*. *Food Microbiol.* 2016; 57: 151-8.
- [2] Wasiak Ł.: Zarys technologii piwa – proces produkcyjny. *Journal of NutriLife*, 2012: 10.
- [3] Wasiak Ł.: Zarys technologii piwa – surowce. *Journal of NutriLife*, 2012: 09.
- [4] Joanna H., Tomasz P.: Nietypowe słydy piwowskie – przegląd prace naukowe uniwersytetu ekonomicznego we Wrocławiu nr 92. *Nauki Inżynierskie i Technologiczne* 2: 2010.
- [5] Liszewski M., Błażewicz J., Zembold-Guła A. et al.: Effect of nitrogen fertilization method on barley malt extractivity. *Fragmenta Agronomica. Rocznik* 2012; 29 (1): 93-104.
- [6] Zembold-Guła A., Kozłowska K., Szwed Ł. I wsp.: Wartość stodowicza ziarna jęczmienia w zależności od stanu odżywienia roślin azotem. [w:] *Jakość i prozdrowotne cechy żywności*. Wojtatowicz M., Kawa-Rygielska J. [red.] Wyd. UP Wrocław 2010: 57–64.
- [7] Inoue T., Nagatomi Y., Uyama A. et al.: Degradation of Aflatoxin B1 during the Fermentation of Alcoholic Beverages. *Toxins (Basel)*. 2013; 5(7): 1219–1229.
- [8] Hietaniemi V., Rämö S., Yli-Mattila T. et al.: Updated survey of *Fusarium* species and toxins in Finnish cereal grains. *Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess.* 2016; 33(5): 831-48.
- [9] European Food Safety Authority (EFSA) (2013) Deoxynivalenol in food and feed, occurrence and exposure. *EFSA J* 11(10): 3379. <http://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/3379.htm>. Accessed 20 Jul 2016.
- [10] Bokulich N.A., Bamforth Ch.W.: The Microbiology of Malting and Brewing. *Microbiol. Mol Biol Rev*, 2013; 77(2): 157-172.
- [11] Michlmayr H., Varga E., Malachova A. et al.: 3 Glycoside Hydrolase from *Bifidobacterium adolescentis* Hydrolyzes - Glucosides of the *Fusarium* Mycotoxins Deoxynivalenol, Nivalenol, and HT-2 Toxin in Cereal Matrices. *Appl Environ Microbiol.* 2015; 81(15): 4885-4893
- [12] Matsuda Y., Wakai T., Masayuki Kubota M. et al.: Mycotoxins are conventional and novel risk biomarkers for hepatocellular carcinoma. *World J Gastroenterol* 2013; 19(17): 2587-2590.
- [13] Matsuda Y., Ichida T., Fukumoto M., Hepatocellular carcinoma and liver transplantation: clinical perspective on molecular targeted strategies. *Med Mol Morphol* 2011; 44: 117-124.
- [14] Zhang X., Boesch-Saadatmandi C., Lou Y. et al.: Ochratoxin A induces apoptosis in neutral cells. *Genes Nutr* v 2009; 4 (1): 41-48.
- [15] Reddy L., Bhoola K.: Ochratoxins – Food Contaminants. *Impact on Human Health. Toxins (Basel)* 2010 Apr 2(4): 771-779.
- [16] Castellanos-Onorio O., Gonzalez-Rios O., Guyot B. et al.: Effect of two different roasting techniques on the ochratoxin A (OTA) reduction in coffee beans (*Coffea arabica*). *Food Control* 2011; 22: 1184-1188.
- [17] Coronel M.B., Marin S., Cano-Sancho G. et al.: Exposure assessment to ochratoxin A in Catalonia (Spain) based on the consumption of cereals, nuts, coffee, wine, and beer. *Food Additives & Contaminants: V* 2012; Part A, 29: 979-993.
- [18] McCormick S.P., Stanley A.M., Nicholas A. et al.: Trichothecenes: From Simple to Complex Mycotoxins. *Toxins (Basel)* 2011; 3(7): 802–814.

- [19] PN-EN ISO/IEC 17025:2005/Ap1:2007 – Ogólne wymagania dotyczące kompetencji laboratoriów badawczych i wzorcujących.
- [20] PN-EN ISO 16050:2011 – metodą wysokosprawnej chromatografii cieczowej HPLC (high-performance liquid chromatography) z oczyszczaniem na kolumnie powinowactwa immunologicznego i z uzyskiwaniem pochodnej po rozdziale na kolumnie.
- [21] PN-EN ISO 14132:2010 – metodą wysokosprawnej chromatografii cieczowej HPLC (high-performance liquid chromatography) z oczyszczaniem na kolumnie powinowactwa immunologicznego i detekcją fluorescencyjną.
- [22] Rozporządzeniu Parlamentu Europejskiego i Rady nr 1881/2006 z dnia 19 grudnia 2006 r. zmieniającym rozporządzenie (WE) nr 466/2001 z dnia 8 marca 2001 r. oraz zmieniającymi je rozporządzeniami Komisji (WE): 1126/2007, 565/2008, 628/2008, 105/2010, 165/2010 (4) [22].
- [23] Bolechovaa M., Benesovab K., Belakovab S. et al.: Determination of seventeen mycotoxins in barley and malt in the Czech Republic. Food Control, 2015 Jan; 47: 108–113.
- [24] Piacentini K.C., Geovana D., Savi, Pereira M. E.V. et al.: Fungi and the natural occurrence of deoxynivalenol and fumonisins in malting barley (*Hordeum vulgare* L.). Food Chemistry. 2015; 187: 204–209.
- [25] Běláková S., Benešová K., Čáslavský J., et al.: The occurrence of the selected fusarium mycotoxins in Czech malting barley. Food Control. 2014; 37: 93–98.

Adres do korespondencji:

*Beata Dobosz
Śląski Uniwersytet Medyczny
Zakład Medycyny Społecznej i Profilaktyki
Wydział Zdrowia Publicznego
41-902 Bytom, ul. Piekarska 18
e-mail: bdkd@wp.pl*