

Dr n. wet. inż. Magdalena POLAK – ŚLIWIŃSKA

Katedra Towaroznawstwa i Badań Żywności, Wydział Nauki o Żywności Uniwersytet Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie

Mgr inż. Mariusz ŚLIWIŃSKI

Instytut Innowacji Przemysłu Mleczarskiego Sp. z o. o., ul. Kormoranów 1, 11-700 Mrągowo

Dr inż. Beata PASZCZYK

Katedra Towaroznawstwa i Badań Żywności, Wydział Nauki o Żywności Uniwersytet Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie

Dr inż. Mariusz S. KUBIAK

Wyższa Szkoła Hotelarstwa i Gastronomii w Poznaniu, ul. Nieszawska 19, 61-022 Poznań

OCENA STOPNIA ZANIECZYSZCZENIA AFLATOKSYNĄ M_1 ŻYWNOŚCI TRADYCYJNEJ, REGIONALNEJ I KONWENCJONALNEJ NA PRZYKŁADZIE WYBRANYCH PRODUKTÓW SPOŻYWCZYCH®

The assessment of the degree of aflatoxin M_1 pollution in traditional, regional and conventional food on the example of selected food products®

*Fragment badań finansowanych ze środków na naukę w latach 2009-2011
jako projekt badawczy własny nr N N312 439837*

Słowa kluczowe: mikotoksyny, aflatoksyna M_1 (AFM_1), żywność tradycyjna, regionalna i konwencjonalna.

Celem badań zaprezentowanych w artykule była ocena stopnia zanieczyszczenia aflatoksyną M_1 żywności tradycyjnej, regionalnej i konwencjonalnej na przykładzie mleczarskich produktów spożywczych.

Materiał do badań stanowiły konwencjonalne, regionalne i tradycyjne produkty mleczarskie: mleka spożywcze i sery, które analizowano w 3 równoległych powtórzeniach w kierunku obecności AFM_1 .

Wszystkie badane mleka spożywcze wytworzone metodami konwencjonalnymi ($n=10$) były zanieczyszczone AFM_1 . Najwyższy jej poziom zanotowano dla mleka spożywczego 3,2% UHT w 1. roku badań – 0,053 $\mu\text{g/l}$, natomiast najniższe stężenie tego związku wykryto w mleku spożywczym 2% pasteryzowanym w 2. roku badań – 0,012 $\mu\text{g/l}$. W żadnym z produktów mleczarskich tradycyjnych i regionalnych nie wykryto AFM_1 , co świadczy o bezpieczeństwie zdrowotnym tych wyrobów.

Key words: mycotoxins, aflatoxin M_1 (AFM_1), traditional, regional and conventional food.

The aim of the work presented in this article was to assess the degree of contamination of food by aflatoxin M_1 in traditional, regional and conventional food an example of selected food products.

The material consisted of conventional, regional and traditional dairy products: milks and cheeses, which were analyzed in three parallel replicates in the destination of presence of AFM_1 .

All the analyzed dairy products made by conventional methods ($n = 10$) were contaminated AFM_1 . Highest level recorded for milk UHT 3.2% in the first year of the study – 0,053 $\mu\text{g/l}$ (sample no. 9), while the lowest average concentration of this compound was detected in pasteurized 2% milk in the second year of the study – 0,012 $\mu\text{g/l}$. In any traditional and regional dairy products, AFM_1 was not detected, which indicates on health safety of these products.

WSTĘP

W Unii Europejskiej produkty tradycyjne i regionalne postrzegane są w kategorii dziedzictwa kulturowego całego kontynentu, stanowiąc istotny element promocji Europy i jej poszczególnych krajów. W tym kontekście żywność naturalna, regionalna i tradycyjna wymusza samoorganizację producentów, uruchamiających produkcję, co pociąga za sobą współdziałanie różnych partnerów w zakresie promocji wysokiej jakości tych produktów oraz sprzedaży w dobrze pojętym interesie społecznym [30]. W Polsce są regiony,

które rozpoznaje się na rynku nie tyle dzięki atrakcyjnym walorom przyrody czy architekturze, lecz produktom wytwarzanym w danym regionie metodami tradycyjnymi. Reprezentują one obszar kraju, tworząc przez to markę regionu i będąc ważnym elementem jego atrakcyjności turystycznej [33]. Produkty posiadające znaki unijne cieszą się międzynarodowym uznaniem, są sprzedawane po znacznie wyższych cenach niż podobne produkty, które nie posiadają tego typu oznakowania, a w wielu przypadkach ich jakość i renoma są ważnymi atutami dla rozwoju regionu [14, 33].

Adres do korespondencji – Corresponding author: Magdalena Polak-Śliwińska, Uniwersytet Warmińsko – Mazurski w Olsztynie, Wydział Nauki Żywności, Katedra Towaroznawstwa i Badań Żywności, ul. Heweliusza 6, pokój 200, 10-726 Olsztyn, e-mail: m.polak@uwm.edu.pl

W Polsce opracowane zostały systemy wewnętrzne, uwzględniające lokalną specyfikę i możliwości w zakresie wytwarzania żywności wysokiej jakości (w tym krajowa Lista Produktów Tradycyjnych) [33]. Z drugiej strony jest żywność konwencjonalna, czyli żywność wytwarzana z użyciem środków chemicznych i modyfikacji genetycznych, pozwalających na uzyskanie jak najlepszych wskaźników wydajności gospodarstw rolnych i efektywności sprzedaży. Dostępność tej żywności w sieciach sprzedaży jest znacząca. Surowców do jej produkcji dostarcza konwencjonalne (intensywne) rolnictwo, którego dążeniem jest zwiększenie wydajności w produkcji poprzez stosowanie nawozów mineralnych i środków ochrony roślin oraz chemicznych środków stymulujących przyrost masy hodowanych zwierząt [14].

Duże zagrożenie bezpieczeństwa żywności regionalnej, tradycyjnej, jak też konwencjonalnej stanowią mikotoksyny.

Mikotoksyny są wtórnymi metabolitami grzybów toksynotwórczych głównie z rodzaju *Fusarium*, *Aspergillus* i *Penicillium* [10] zdolnych wzrastać na różnych podłożach, także w żywności [17, 20]. Doniesienia o pierwszych zatruciach spowodowanych mikotoksynami obecnymi w paszy pochodzą z Anglii, gdzie w 1960 roku nieokreślona wówczas jednostka chorobowa spowodowała śmierć tysięcy indyków, kaczek, cieląt i świń [6, 29]. Przyczyną, jak dowiedziono, było skarmianie zwierząt mąką zainfekowaną grzybem *Aspergillus flavus*, który jest jednym z głównych producentów aflatoksyn, co wywołało w konsekwencji śmierć zwierząt.

Aflatoksyne tworzone są głównie przez gatunki: *Aspergillus flavus* i *Aspergillus parasiticus*. Zanieczyszczają importowane arachidy, śruty arachidowe i śruty innych roślin oleistych oraz ziarno kukurydzy [4]. Są bardzo rozpowszechnione, szczególnie *A. flavus*, w glebie, w magazynach i w przechowywanych płodach rolnych oraz wykazują zdolność do wytwarzania 6 metabolitów oznaczonych literami: B₁, B₂, G₁, G₂, M₁ i M₂. Aflatoksyne B₂ i G₂ oraz M₁ i M₂ stanowią na ogół mały procent sumy aflatoksyn wytwarzanych przez dany szczep grzyba [4]. W klimacie umiarkowanym aflatoksyne nie stanowią zanieczyszczenia zbóż. W arachidach i śrutach arachidowych najczęściej występuje aflatoksyna B₁. Krowy karmione paszą zawierającą aflatoksynę B₁ wydalają z mlekiem jej pochodną, aflatoksynę M₁ [4, 5]. Żywienie krów kiszonkami o wysokiej jakości i stanie higienicznym zapewnia rolnikom produkcję mleka wolnego od mikotoksyn [16]. Ze względu na istnienie tzw. efektu *carry-over* mleko może stanowić źródło mikotoksyn dla ludzi spożywających zanieczyszczone toksynami produkty. Ponadto efekt ten jest od 3,3 do 3,5 razy większy w początkowej fazie laktacji zwierząt, przy czym choroby krów mlecznych mogą go dodatkowo zwiększać [16]. Reakcja zwierząt na obecność AFB₁ w diecie jest bardzo szybka. Po 2-3 dniach od spożycia zanieczyszczonej paszy przez zwierzę, AFM₁ wykrywane jest w mleku, co staje się problematyczne w kontekście ochrony zdrowia publicznego [16, 23, 32]. Badacze wskazują na potrzebę stosowania preparatów bakterii fermentacji mlekowej o zdolności hamowania rozwoju grzybów toksynotwórczych w kiszonkach, gdyż wzrost aktywności metabolicznej tych grzybów w kiszonym materiale roślinnym niejednokrotnie prowadzi do produkcji mikotoksyn [16, 24, 34-35]. Ponadto aflatoksyne, wykazują szereg oddziaływań na organizmy żywe, w tym oddziaływanie kancerogenne na

wątrobę, mogą być przyczyną nowotworów również innych narządów, na przykład płuc. Poza oddziaływaniami rakotwórczymi mogą wykazywać działanie immunosupresyjne [7] i teratogenne, a także powodować krwawienia [21, 28, 31].

Celem artykułu jest przedstawienie wyników badań, dotyczących oceny stopnia zanieczyszczenia aflatoksyną M₁ żywności tradycyjnej, regionalnej i konwencjonalnej na przykładzie wybranych produktów mleczarskich, tj. mleka i serów.

MATERIAŁ I METODY

Material do badań

Material do badań stanowiły konwencjonalne, regionalne i tradycyjne produkty mleczarskie: mleko i sery zakupione w sklepach z tego typu żywnością na terenie Olsztyna, które analizowano w kierunku obecności AFM₁ w 3 równoległych powtórzeniach. Badania były prowadzone przez 2 lata. W grupie produktów konwencjonalnych analizie poddano 10 próbek mleka spożywczego różnych firm, w tym mleko pasteryzowane (n=6) i mleko UHT (n=4). W grupie produktów regionalnych analizowano mleko spożywcze (n=3) zakupione w regionie Warmii i Mazur opatrzone znakiem Dziedzictwo Kulinarne Warmia Mazury Powiśle, natomiast w grupie produktów mleczarskich tradycyjnych badaniom poddano 2. sery wpisane na Listę Produktów Tradycyjnych Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi w 2006 i 2007 roku oraz zsiadłe mleko wpisane w 2008 roku (tabela 1).

Przygotowanie wzorca AFM₁

Z roztworu podstawowego wzorca aflatoksyny M₁ (firma Romer Labs® BCR-423) o stężeniu 0,993 µg/ml sporządzono serię roboczych roztworów wzorcowych, które posłużyły do wykreślenia krzywej wzorcowej AFM₁.

Przygotowanie próbek mleka do oznaczenia AFM₁

Etap przygotowania próbki mleka oparto o normę PN-EN ISO 14501: 2009 [22]. Odważono 10 g próbki oraz dodano 50 ml wody o temperaturze 50°C i dokładnie wymieszano. Schłodzony do temperatury 20°C roztwór przeniesiono do kolby miarowej o pojemności 100 ml i uzupełniono wodą do znaku. Po dokładnym wymieszaniu próbkę wiorowano z przyspieszeniem 2000 g przez 20 minut. Do dalszej analizy pobrano 50 ml dolnej odfuszczonej warstwy próbki i przepuszczono przez kolumnkę powinowactwa immunologicznego AflaStarM₁TM firmy Romer Labs® podłączoną do systemu próżniowego, zachowując równomierną prędkość przepływu wynoszącą 2-3 ml/min. Złoże kolumnki przemyto 10 ml wody przy zachowaniu stałej objętości przepływu, a następnie osuszono. Aflatoksynę M₁ eluowano stosując 4 ml czystego acetonitrylu. Rozpuszczalnik odparowano za pomocą aparatu do zateżenia ekstraktów firmy Cobrabid z łaźnią wodną o temperaturze 30°C z jednoczesnym suszeniem w strumieniu azotu. Suchą pozostałość rozpuszczono w 75% roztworze acetonitrylu (500 µl). Tak przygotowaną próbkę poddano analizie HPLC z derywatywacją pokolumnową. Odczynnikiem do tworzenia pochodnej był wodny roztwór I₂ o stężeniu 100 mg/l.

Przygotowanie próbek sera do oznaczenia AFM₁

Przygotowanie próbek sera w kierunku oznaczenia AFM₁ było przeprowadzone w oparciu o metodykę opisaną przez Elgerbi i in. (2004) [8]. Próbkę 10 g sera pocięto na małe kawałki i mieszano przez 10 min. w blenderze z 80 ml dichlorometanu (Merck Chemicals) i 7 g ziemi okrzemkowej. Po przesączeniu, do próbki dodano 40 ml dichlorometanu i ponownie poddano sączeniu. Przesącza połączone i odparowano w wyparce obrotowej o temperaturze 40°C. Pozostałość rozpuszczono w 1 ml metanolu, 30 ml wody i 50 ml n- heksanu, po czym przeniesiono do rozdzielacza. Fazę wodną (dolną warstwę) oraz fazę organiczną (heksanową) przemyto dwukrotnie 10 ml wody, po czym zebrano fazę wodną. W kolejnym kroku zastosowano oczyszczanie ekstraktu na kolumnkach powinowactwa immunologicznego AflaStarM₁TM firmy Romer Labs[®]. Toksynę wyeluowano z kolumnienki stosując 1 ml acetonitrylu. Rozpuszczalnik odparowano za pomocą aparatu do zateżniania ekstraktów firmy Cobrabid. Pozostałość rozpuszczono w 75% roztworze acetonitrylu (500 µl). Tak przygotowaną próbkę poddano analizie HPLC z derywatyzacją pokolumnową. Odczynnikiem do tworzenia pochodnej był wodny roztwór I₂ o stężeniu 100 mg/l.

Warunki analiz HPLC

Do analiz chromatograficznych zastosowano chromatograf cieczowy firmy Perlan Technologies (Waldbronn, Niemcy) – Agilent Technologies seria 1200 z detekcją fluorescencyjną oraz aparat do derywatywacji aflatoksyn Pichering Laboratories PCX 5200 Post – Column Derivatives. Parametry rozdzielania chromatograficznego – kolumna chromatograficzna: Agilent Technologies Zorbax XDB C18 150 x 4,6 mm, 3,0 µm; faza ruchoma: acetonitryl + woda (75+25, v/v), elucja izokrytyczna; detektor fluorescencyjny (FLD) przy długości fali wzbudzenia: $\lambda_{ex} = 360$ nm i długość fali emisji: $\lambda_{em} = 440$ nm; temperatura pieca kolumny: 30°C; prędkość przepływu fazy ruchomej: 0,8 ml/min; objętość dozowana na kolumnę: 100 µl.

Interpretację jakościową i ilościową otrzymanych chromatogramów przeprowadzono na podstawie porównania czasu retencji i wielkości pola powierzchni pików aflatoksyny M₁ w roztworach wzorcowych o znanym stężeniu z czasem retencji i wielkością pola powierzchni pików tego analitu w próbkach rzeczywistych.

W oparciu o wzór (1) wg normy PN-EN ISO 14501:2009 [22] obliczono stężenie aflatoksyny M₁ w produkcie:

$$w = m_a \times (V_f / V_i) \times (1 / m_i) \times f \quad (1)$$

gdzie: m_a – masa aflatoksyny M₁, która odpowiada powierzchni pików w eluacie próbki [ng],

V_f – objętość końcowa eluatu [µl],

V_i – objętość eluatu dozowana do kolumny chromatograficznej [µl],

m_i – masa próbki do badań w 50 ml próbki,

f – współczynnik rozcieńczenia próbki.

Możliwość otrzymania wyników pomiaru analitycznego proporcjonalnych do stężenia analitu w próbce badanej w określonym zakresie stężeń (liniowość) wyrażono równaniem regresji $y=2,61x-0,42$, dla którego współczynnik

korelacji wynosił $R^2=0,999$. Granicę wykrywalności (LOD) wyznaczono dla próbek ślepych ($n=5$) jako sumę wartości średniej i 6 odchyłeń standardowych ($6 \cdot s$), natomiast granicę oznaczalności (LOQ) wyliczono jako sumę wartości średniej i $10 \cdot s$. Wyniki analiz próbek mleka wyrażono w µg/L, natomiast próbek sera w µg/kg. Odzysk metody wyznaczono na podstawie analizy próbek wzbogaconych ($n=5$) w oparciu o zależność $R=C_1/C_2 \cdot 100$ [%], przy czym C_1 – oznaczone stężenie analitu w badanej próbce i C_2 – rzeczywiste stężenie analitu w badanej próbce.

Metody statystyczne

Otrzymane wyniki opracowano statystycznie, wskazując różnice pomiędzy wartościami średniej testem Tukey'a przy poziomie istotności $p \leq 0.05$ (program Statistica 10.0)

WYNIKI I Dyskusja

Badania miały na celu wskazanie ewentualnego zagrożenia aflatoksyną M₁, jakie mogłyby wynikać z użytego surowca do produkcji tego rodzaju żywności. Miały dostarczyć tym samym informacji o jakości zdrowotnej tych produktów w odniesieniu do jednego z wtórnych metabolitów grzybów toksynotwórczych, wykrywanych najczęściej w różnych grupach produktów spożywczych szeroko dostępnej żywności konwencjonalnej.

Jak przedstawia tabela 1, **wszystkie badane próbki mleka spożywczego wytworzone metodami konwencjonalnymi były zanieczyszczone AFM₁**. Procentowy odzysk metody wyniósł 90%.

Najwyższy poziom AFM₁ zanotowano dla mleka spożywczego 3,2 % UHT w 1. roku badań – 0,050 µg/l (próbka nr 9), natomiast najniższy poziom w mleku spożywczym 2% pasteryzowanym w 2. roku badań – 0,012 µg/l (próbka nr 1). Wartości średnie różniły się istotnie przy $p \leq 0,05$. Z przeprowadzonych analiz wynika, że spośród 10. przebadanych próbek mleka, pochodzących od różnych producentów, najwyższy dopuszczalny poziom (NDP) obecności tej toksyny nie był przekroczony w żadnym badanym produkcie wobec NDP ujętego w aktualnie obowiązującym rozporządzeniu [26, 27]. W analizowanych próbkach poziom AFM₁ kształtował się od 0,019 µg/l do 0,028 µg/l w 1. roku badań i od 0,012 µg/l do 0,026 µg/l w 2. roku badań dla mleka pasteryzowanego oraz od 0,019 µg/l do 0,053 µg/l w 1. roku badań i od 0,019 µg/l do 0,033 µg/l w 2. roku badań dla mleka UHT przy różnej zawartości tłuszczu w produkcie, deklarowanej przez producenta. W wyniku analiz nie stwierdzono obecności tej toksyny w badanych próbkach mleka regionalnego, jak również w żadnym z produktów mleczarskich tradycyjnych poddanych badaniom. Świadczy to o bezpieczeństwie tych wyrobów (tabela 1).

W kiszonkach do skarmiania bydła rozwój grzybów toksynotwórczych może nastąpić nawet w ostatnich dniach terminu przydatności do spożycia przez zwierzęta. Jest to możliwe w wyniku słabego ubicia masy kiszzonej, uszkodzenia folii lub nieszczelności w przykryciu silosu, bądź niewłaściwej powierzchni wybierania kiszonki wobec liczby żywionych zwierząt (błędy w oszacowaniu potrzeb) [25]. Wewnątrz silosów lub balotów może dojść do rozwoju drobnoustrojów [12], co znacznie zmniejsza wartość odżywczą paszy, skutkuje produkcją alergicznych spor i/lub toksycznych metabolitów

Tabela 1. Średnie stężenie AFM₁ [μg/l] w badanym materialeTable 1. The average concentration of AFM₁ [μg/l] in the tested material

Rodzaj żywności	Nr próbki	Rodzaj produktu	1. rok badań	2. rok badań
			AFM ₁	AFM ₁
konwencjonalna	1	Mleko spożywcze 0,5 %, pasteryzowane	0,021 ^a ±0,007	0,012 ^a ±0,001
	2	Mleko spożywcze 0,5 %, pasteryzowane	0,022 ^a ±0,001	0,025 ^b ±0,001
	3	Mleko spożywcze 2,0 %, pasteryzowane	0,028 ^b ±0,005	0,024 ^b ±0,002
	4	Mleko spożywcze 2,0 %, pasteryzowane	0,019 ^a ±0,002	0,018 ^c ±0,001
	5	Mleko spożywcze 3,2 %, pasteryzowane	0,021 ^a ±0,001	0,020 ^c ±0,005
	6	Mleko spożywcze 3,2 %, pasteryzowane	0,024 ^b ±0,008	0,026 ^b ±0,002
	7	Mleko spożywcze 0,5 %, UHT	0,028 ^b ±0,006	0,024 ^b ±0,006
	8	Mleko spożywcze 2,0 %, UHT	0,037 ^c ±0,002	0,026 ^b ±0,002
	9	Mleko spożywcze 3,2 %, UHT	0,050 ^d ±0,0022	0,033 ^d ±0,008
	10	Mleko spożywcze 3,2 %, UHT	0,019 ^a ±0,004	0,019 ^c ±0,002
regionalna	1	Mleko spożywcze 2,0 %, pasteryzowane	nd	nd
	2	Mleko spożywcze 2,0 %, pasteryzowane	nd	nd
	3	Mleko spożywcze 3,2 %, pasteryzowane	nd	nd
tradycyjna	1	Ser naturalny Salami	nd	nd
	2	Ser welski	nd	nd
	3	Zsiadłe mleko	nd	nd

nd – nie wykryto, poniżej granicy wykrywalności LOD=0,001 μg/l

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

Źródło: Badania własne

Source: The own study

pewnych gatunków grzybów. Naraża to w znacznym stopniu zdrowie ludzi i zwierząt [1, 11, 25]. Jeśli dochodzi do zanieczyszczenia paszy dla zwierząt aflatoksynami powinna być ona natychmiast wycofywana, szczególnie z uwagi na to, że pobrana wraz z paszą AFB₁ przechodzi do mleka, gdzie metabolizowana jest do AFM₁ [9]. Istotny jest fakt, że mikotoksyny, w tym aflatoksyny są odporne na warunki produkcji żywności, stąd ich obecność w surowcu jest bardzo niebezpieczna dla zdrowia potencjalnych konsumentów. Z badań własnych wynika, iż prawdopodobnie zanieczyszczone było surowe mleko użyte do produkcji poddanych analizie produktów mleczarskich konwencjonalnych, ponieważ wiadomym jest, że wysokie temperatury stosowane przy produkcji mleka spożywczego i mleka UHT nie wpływają na obniżenie zawartości mikotoksyny w produkcie. Występowanie AFM₁ w mleku i produktach mleczarskich jest powszechnym problemem w Europie, a także innych krajach świata. Analiza mleka pasteryzowanego i mleka UHT w Turcji wykazała obecność AFM₁ w tych produktach (59,3 %) na poziomie od < 0,01 do 0,05 μg/l [13]. Badania Kabak i Ozbey (2012) [15] polegające na analizie 40 próbek mleka UHT w kierunku występowania AFM₁, wykazały zanieczyszczenie 20% próbek tą toksyną na poziomie od <0,004 do 0,076 μg/l. Tylko dwie próbki mleka UHT były zanieczyszczone AFM₁ na poziomie przewyższającym limit ustanowiony przez Unię Europejską, czyli 0,05 μg/l. W Portugalii, Martins i Martins (2000) [18] analizowali 31 próbek mleka surowego i 70 próbek mleka UHT na obecność AFM₁, z których 25 próbek mleka surowego zawierało AFM₁ na poziomie od 0,005 – 0,05 μg/l, natomiast 59 próbek mleka UHT było zanieczyszczone AFM₁ na poziomie od 0,005 – 0,061 μg/l.

Cano-Sancho i in. (2010) [3] wykryli AFM₁ w 94,4 % (w 68 z 72) analizowanych próbek mleka UHT, pochodzących z Hiszpanii na poziomie od < 0,005 do 0,030 μg/l. W Iranie, AFM₁ była wykryta we wszystkich analizowanych próbkach mleka UHT (n = 49), z czego 83,67 % zawierało AFM₁ na poziomie znacznie przekraczającym limit ustanowiony przez UE [19]. We Włoszech, interesujące badania przeprowadził Cavallarin i in. (2014) [2], które dotyczyły przenoszenia AFM₁ z mleka do serów dojrzewających produkowanych 3 tradycyjnymi metodami. Sery były produkowane z mleka naturalnie i sztucznie zanieczyszczonego AFM₁ na poziomie 10, 50 i 200 ng/l. Badania wykazały, iż niezależnie od metody produkcji sera, jeśli w mleku użytym do produkcji poziom AFM₁ nie przekraczał limitu ustalonego przez UE, wyprodukowany ser spełniał kryterium bezpieczeństwa przyjęte przez UE wobec AFM₁ w tego rodzaju produktach.

Analiza serów tradycyjnych w badaniach własnych nie wskazała na obecność tego metabolitu, co sugeruje, iż użyty do ich produkcji surowiec był wolny od AFM₁.

Badania dokonane w Polsce i innych krajach obrazują fakt, że pomimo dużej świadomości niebezpieczeństwa związanego ze spożyciem produktów zanieczyszczonych aflatoksynami, a także powstawaniem nowych programów wpływających na bezpieczeństwo żywności, problem występowania tych związków w różnych produktach spożywczych wciąż istnieje. Liczba kontroli próbek paszy i produktów mleczarskich powinna wzrosnąć. Powinno się też dążyć do stałego uświadamiania hodowców i osób zaangażowanych w produkcję mleczarską o szkodliwym oddziaływaniu aflatoksyny M₁ na zdrowie ludzi i zwierząt.

PODSUMOWANIE

1. Przeprowadzona analiza wybranych produktów mleczarskich w kierunku występowania AFM₁ wykazała brak zagrożenia tą toksyną w produktach regionalnych i tradycyjnych.
2. Nie wykazano przekroczenia najwyższego dopuszczalnego poziomu (NDP) aflatoksyny M₁ w produktach konwencjonalnych, przy czym wszystkie analizowane mleka były zanieczyszczone tą toksyną.
3. Konieczne jest dążenie do wyeliminowania zanieczyszczonych partii produktów mleczarskich, zaś poziom AFM₁ w żywności powinien być tak niski, jak to tylko możliwe.

LITERATURA

- [1] AMIGOT S.L., C.L. FULGUEIRA, H. BOTTAI, J.C. BASILICO. 2006. "New parameters to evaluate forage quality". *Postharvest Biol. Technol.* 41: 215-224.
- [2] CAVALLARIN L., S. ANTONIAZZI, D. GIACCONE, E. TABACCO, G. BORREANI. 2014. "Transfer of aflatoxin M₁ from milk to ripened cheese in three Italian traditional production methods". *Food Control* 38: 174 – 177.
- [3] CANO-SANCHO G., S. MARIN, A. J. RAMOS, J. PERIS-VICENTE, V. SANCHIS. 2010. "Occurrence of aflatoxin M₁ and exposure assessment in Catalonia (Spain)". *Revista Iberoamericana de Micología* 27: 130-135.
- [4] CHEŁKOWSKI J. 1985. Mikotoksyny, wytwarzające je grzyby, mikotoksyny i mikotoksykozy. SGGW, Warszawa. Wersja on-line :www.cropnet.pl/download
- [5] CHEŁKOWSKI J., K. GROMADZKA, Ł. STĘPIEŃ, L. LENC, M., F. BERTHILLER. 2012. „*Fusarium* species, zearalenone and deoxynivalenol content in preharvest wheat heads from Poland”. *World Mycotoxin Journal* 5:133 – 141.
- [6] DAHM H., K. REDLAK. 2001. Mikotoksyny w: *Drobnoustroje środowiska glebowego, aspekty fizjologiczne, biochemiczne, genetyczne*. Toruń: Wydawnictwo Adam Marszałek: 25 – 36.
- [7] DWORECKA-KASZAK B. 2008. Mikotoksyny. (w:) *Mikologia weterynaryjna*, Warszawa: Wydawnictwo SGGW: 245-283.
- [8] ELGERBI A.M., K.E. AIDOO, A.A.G. CANDLISH, R.F. TESTER. 2004. "Occurrence of aflatoxin M₁ in randomly selected in North African milk and cheese samples". *Food Addit. Contam.* 21: 592 - 597.
- [9] ELGERBI A.M., K. E. AIDOO, A.A.G. CANDLISH, A.G. WILLIAMS 2006. "Effects of lactic acid bacteria and bifidobacteria on levels of aflatoxin M₁ in milk and phosphate bufor". *Milchwissenschaft* 61(2): 197-199.
- [10] GAJĘCKI M. 2000. "Zearalenone – undesirable substances in feed". *Pol. J. Vet. Sci.* 5(2): 117 – 122.
- [11] GARON D., E. RICHARD, L. SAGE, V. BOUCHART, D. POTTIER, P. LEBAILLY. 2006. "Mycoflora and multimycotoxin detection in corn silage. Experimental study". *J. Appl. Food Chem.* 54: 3479-3484.
- [12] GRAJEWSKI J. 2006. Mikotoksyny i grzyby pleśniowe. Zagrożenia dla człowieka i zwierząt. Bydgoszcz: Wydawnictwo Uniwersytetu Kazimierza Wielkiego.
- [13] GÜRBAY A., S. AYDIN, G. GIRGIN, A. B. ENGIN, G. ŞAHİN. 2006. "Assessment of aflatoxin M₁ levels in milk in Ankara, Turkey". *Food Control* 17: 1-4.
- [14] JABŁOŃSKA – URBANIAK T. 2012. *Rolnictwo i gospodarka żywnościowa w Polsce*. Warszawa: Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi.
- [15] KABAK B., OZBEY F. 2012. "Aflatoxin M₁ in UHT milk consumer in Turkey and first assessment of its bioaccessibility using an in vitro digestion model". *Food Control* 28: 338 – 344.
- [16] KAPTUROWSKA A.U., K.J. ZIELIŃSKA, K.M. STECKA. 2012. „Ocena jakości mleka surowego w powiązaniu z jakością kiszonych pasz objętościowych w wybranych gospodarstwach ekologicznych”. *J..Res.. Appli. Agric Engng.* 57(3): 194 – 197.
- [17] LUNING P.A., W.J. MARCELIS, W.M.F. JONGEN. 2005. *Zarządzanie jakością żywności*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowo-Techniczne.
- [18] MARTINS M. L., H. M. MARTINS. 2000. "Aflatoxin M₁ in raw and ultra high temperature-treated milk commercialized in Portugal". *Food Addit. Contam.* 17: 871-874.
- [19] MOVASSAGH M. H. 2011. "Presence of aflatoxin M₁ in UHT milk in Tabriz (Northwest of Iran)". *J..Food Safety.* 31: 238 - 241.
- [20] PATEL S., C.M. HAZEL, A.G.M. WINTERTON, E. MORTBY. 1996. "Survey of ethnic foods for mycotoxins". *Food Addit. Contam.*, 13: 833 – 841.
- [21] PIOTROWSKA M., Z. ŻAKOWSKA. 2008. *Mikotoksyny w żywności, zagrożenia zdrowotne*. (w:) *Mikrobiologia techniczna, Mikroorganizmy w biotechnologii, ochronie środowiska i produkcji żywności*, red. Libudzisz Z., Kowal K., Żakowska Z., Warszawa: Wydawnictwo PWN: 289-303.
- [22] POLSKA NORMA PN-EN ISO 14501:2009 Mleko i mleko w proszku: oznaczanie zawartości aflatoksyny M₁: oczyszczanie metodą chromatografii powinowactwa immunologicznego i oznaczanie metodą wysoko-sprawnej chromatografii cieczowej.
- [23] PRANDINIA., G. TANSINI, S. SIGOLO, L. FILIPPI, M. LAPORTA, G. PIVA. 2009. "On the occurrence of aflatoxin M₁ in milk and dairy products". *Food Chem Toxicol.* 47: 984–991.
- [24] PURWIN C., Ł. ŁANIEWSKA-TROKENHEIM, I. WARMIŃSKA- RADYKO, J. TYWOŃCZUK. 2006. „Jakość kiszzonek – aspekty mikrobiologiczne, zdrowotne i produkcyjne”. *Med. Wet.* 62: 865-869.
- [25] RICHARD E., N. HEUTTE, L. SAGE, D. POTTIER, V. BOUCHART, P. LEBAILLY, D. GARON. 2007. "Toxicogenic fungi and mycotoxins in mature corn silage". *Food Chem. Toxicol.* 45: 2420–2425.

- [26] **ROZPORZĄDZENIE KOMISJI (WE) NR 1881/2006** z dnia 19 grudnia 2006 r. ustalające najwyższe dopuszczalne poziomy dla niektórych zanieczyszczeń w środkach spożywczych.
- [27] **ROZPORZĄDZENIE KOMISJI (UE) NR 165/2010** z dnia 26 lutego 2010 r. zmieniające rozporządzenie (WE) nr 1881/2006, ustalające najwyższe dopuszczalne poziomy niektórych zanieczyszczeń w środkach spożywczych w odniesieniu do aflatoksyn.
- [28] **SALEEMULLAH A.I., A. K. IQTIDAR, S. HAMIDULLAH. 2006.** „Aflatoxin contents of stored and artificially inoculated cereals and nuts”. *Food Chemistry* 98: 699- 703.
- [29] **SELWET M. 2010.** „Negatywne aspekty występowania niektórych mikotoksyn w paszach”. *Wiadomości Zootechniczne, R. XLVIII* 1: 9–13.
- [30] **SEWERYN R. 2009.** Marka produktów regionalnych narzędziem promocji turystycznej obszarów wiejskich. w: Palich P. [red.] *Monografia pt. Marka wiejskiego produktu turystycznego*. Gdynia: Wydawnictwo Akademii Morskiej w Gdyni: 107-115.
- [31] **STĘPIEŃ M., B. SOKÓŁ- LESZCZYŃSKA, M. ŁUCZAK. 2007.** „Mykotoksyny, produkty spożywcze a zdrowie człowieka”. *Post. Mikrobiol.* 46(2): 167 - 177.
- [32] **VAN EGMOND H.P. 1989.** Aflatoxin M₁: occurrence, toxicity, regulation. *Mycotoxins in dairy products*. Elsevier Applied Science, London and New York, 11 - 55.
- [33] **WINAWER Z., H. WUJEC. 2010.** Tradycyjne i regionalne produkty wysokiej jakości we Wspólnej Polityce Rolnej. Warszawa: Przewodnik dla producentów.
- [34] **ZIELIŃSKA K., K. M. STECKA, A. SUTERSKA, A. MIECZNIKOWSKI. 2007.** „Wpływ ekologicznej technologii kiszenia runi łąkowej na hamowanie rozwoju pleśni wytwarzających mikotoksyny”. *Problemy Inżynierii Rolniczej* 1(55): 61 – 70.
- [35] **ZIELIŃSKA K., R. GRZYBOWSKI, K. M. STECKA, A. SUTERSKA, A. MIECZNIKOWSKI. 2008.** „Wpływ stosowania preparatu bakteryjno – mineralno – witaminowego w procesie kiszenia runi łąkowej na jakość mleka w gospodarstwach ekologicznych”. *J. Res. Appl. Agric. Engng.* 53(4): 153-158.