

Mgr Maciej Sierakowski
Doktorant
Uniwersytet Kard. Stefana Wyszyńskiego
W Warszawie

Standardy jakości żywności zabezpieczeniem przed mikotoksynami

Wstęp

Ze szkodliwym działaniem metabolitów grzybowych ludzkość zmagają się od wieków. Od dawna znane były przypadki zatrucia ludzi i zwierząt powodowane spożyciem zapleśniałej żywności czy pasz. Na długo przed naszą erą, na Bliskim Wschodzie opisywano występowanie epidemii powodowanych mikotoksynami. Również wyginięcie Etrusków oraz pomór w Atenach w V wieku p.n.e. tłumaczy się zatruciem zearalenonem produkowanym przez grzyby z rodzaju *Fusarium* (Pittet, 1998, s. 480). Podobnie w średniowieczu, w niektórych regionach Europy, regularnie występowały epidemie zatrucia sporyszem – przetrwalnikami buławinki czerwonej (*Claviceps purpurea*) znajdującymi się w żytniej mące (Grajewski, 2006, s. 201). Podczas II wojny światowej na Syberii wystąpiły zatrucia produktami zbożowymi skażonymi toksynami grzybów z rodzaju *Fusarium*, produkujących oprócz zearalenonu również trichoteceny. Po II wojnie światowej w krajach bałkańskich zanotowano występowanie endemicznej nefropatii bałkańskiej, spowodowanej metabolitem grzyba z rodzaju *Aspergillus* – ochratoksyną A (Tamże, s. 201).

Innymi głównymi przyczynami skażenia produktów żywnościowych oraz surowców, z których się je wytwarza, są postępująca chemizacja środowiska naturalnego i wzmożenie produkcji żywności. Nie mniej ważnymi czynnikami mającymi wpływ na poziom zanieczyszczeń w surowcu, półprodukcie i produkcie końcowym są warunki zbioru i sposób przechowywania plonów. Także w trakcie procesów technologicznych, którym poddawane są produkty, możliwe jest pojawienie się nieprawidłowości prowadzących do ich zanieczyszczenia.

Zanieczyszczeniami biologicznymi żywności nazywamy żywe organizmy oraz ich metabolity, tj. substancje powstałe w wyniku czynności fizjologicznych tych organizmów i przedostających się do środowiska. Zaliczamy do nich szkodniki magazynowe, pasożyty, drobnoustroje oraz produkty ich aktywności, np. obumarłe cząstki, odchody czy enzymy. Grzyby i pleśnie oraz produkty ich przemiany materii, czyli mikotoksyny, są zaliczane do zanieczyszczeń biologicznych zbóż i ich przetworów. Obecność zanieczyszczeń biologicznych, chemicznych i fizycznych w płodach rolnych oraz żywności ma bezpośredni

wpływ na jakość tychże produktów, zwłaszcza na płaszczyźnie higieniczno-zdrowotnej.

1. Mikotoksyny występujące w produktach spożywczych – charakterystyka i występowanie

Mikotoksyny są wtórnymi metabolitami grzybów strzępkowych, znanych jako pleśnie, należących głównie do rodzajów: *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium* i *Stachybotrys*. Wachlarz ich występowania jest dość szeroki, zarówno pod względem rodzajów produktów rolnych jak i warunków klimatycznych. Obecność tych związków w paszach i żywności jest potencjalnym zagrożeniem dla zdrowia organizmów je spożywających, dlatego też produkty szczególnie narażone na ich rozwój, muszą być poddawana badaniom monitoringowym w celu zapewnienia bezpieczeństwa zdrowotnego konsumentów (Tamże, s. 202).

Współcześnie znamy ponad 300 różnego rodzaju mikotoksyn, a niektóre z nich należą do najsilniej działających trucizn dotychczas poznanych przez człowieka. Prowadzone prace badawcze obejmują grupę ok. 20 najbardziej rozpowszechnionych.

Aflatoksyny, w głównej mierze aflatoksyny B₁, B₂, G₁ i G₂, które występują w żywności pochodzenia roślinnego, są produkowane przez niektóre szczepy *Aspergillus flavus*, *A. parasiticus* oraz gatunki pokrewne *A. nomius*. Podzielone są one na dwie grupy: B i G, na podstawie koloru (niebieski, zielony), na jaki fluoryzują w świetle ultrafioletowym po adsorpcji na substracie w fazie stałej (Pittet, 1998, s. 481).

W produktach roślinnych najczęściej i w największych ilościach znajdują się metabolity B₁ i G₁ (Tamże, s. 481). Aflatoksyny, a w szczególności aflatoksyna B₁, są genotoksycznymi substancjami rakotwórczymi odpowiedzialnymi m.in. za powstawanie raka wątroby (Henry, Bosch, Troxell, Bolger, 1999, s. 6).

Największą podatność na zanieczyszczenie aflatoksynami mają kukurydza, nasiona bawełny, pistacje, orzeszki arachidowe i orzechy brazylijskie. Zanieczyszczenia mogą pojawić się już na etapie wegetacyjnym na polu (Pittet, 1998, s. 481).

Innym źródłem tychże mikotoksyn, aczkolwiek rzadszym, są orzechy włoskie, ziarna kakaowca i słonecznika, ryżu, zboża, migdały, przyprawy kuchenne tj. chilli i pierz oraz suszone owoce np. rodzyunki czy figi (Tamże, s. 482).

Aflatoksyny w najwyższym stężeniu, są wykrywane w produktach rolnych po zbiorach i są wynikiem pleśnienia produktów z powodu ich złego magazynowania. W tak przechowywanych surowcach aflatoksyny mogą osiągnąć stężenie na poziomie mg/kg. Sytuacji takiej można uniknąć dzięki szybkiemu suszeniu i odpowiedniemu magazynowaniu nieprzetworzonego surowca. Jednak w krajach należących do ciepłego i wilgotnego klimatu tropikalnego lub subtropikalnego np. w Afryce, Chinach, Brazylii czy niektórych stanach USA, występowanie tego rodzaju zanieczyszczeń jest zadziwiająco powszechne. Natomiast w krajach klimatu umiarkowanego chłodnego, m.in. w Polsce, skażenie rodzimych artykułów rolnych aflatoksynami zdarza się nieczęsto i dotyczy głównie importowanych produktów. Pośrednim zagrożeniem dla człowieka są mikotoksyny występujące w paszach

dla zwierząt, ponieważ przedostają się one do organizmu zwierzęcia i mają na nie szkodliwy wpływ. Mleko krowy, która karmiona była zanieczyszczoną paszą, posiada w składzie aflatoksyny M₁ i M₂, które to są tworzone przez aflatoksyny B₁ i B₂ oraz cechują się podobnym działaniem toksycznym. Przechodzenie do mleka osiąga poziom 1-3%. Jaja i mięso także mogą kumulować w sobie aflatoksynę B₁ (Czerwiecki, 1997, s. 293).

Ochratoksyna A (OTA), która jest najważniejszą z ochratoksyn, jest wytwarzana w klimacie umiarkowanym i chłodnym przez *Penicillium verrucosum*, a w klimacie gorącym i tropikalnym przez niektóre gatunki *Aspergillus*. Wykazuje działanie nefrokancerogenne oraz nefrotoksyczne. Pleśń produkowana przez *Penicillium verrucosum* jest związana w szczególności ze składowaniem zbóż i występuje pospolicie w krajach Europy Północnej i Kanadzie. *Aspergillus alutaceus* występuje powszechnie w ziarnach surowej kawy i ziołach oraz często w soi, orzechach arachidowych, kukurydzy i ryżu (Kuiper-Goodman, Scott, Watanabe, 1989, s. 7).

W 1993 roku OTA została sklasyfikowana przez Międzynarodową Agencję Badań nad Rakiem (IARC) jako związek prawdopodobnie cancerogeny dla człowieka.

Szacuje się, że obecnie w Europie co najmniej 50% dziennego pobrania ochratoksyny pochodzi ze zbóż i produktów zbożowych, głównie z chleba, mąki, musli. Mikotoksyna ta występuje naturalnie we wszystkich zbożach, w tym: pszenicy, owsie, życie, jęczmieniu, sorgu, kukurydzy i ryżu. W dużej mierze OTA skażone bywają piwo, kawa, czerwony sok winogronowy, czerwone wino, suszone owoce i czekolada (Majerus, 2006, s. 65).

Ochratoksyna A zasadniczo występuje w surowcach źle wysuszonych i nieodpowiednio składowanych, w złej temperaturze i wilgotności. Podawana zwierzętom w paszy, w szczególności trzodzie chlewnej, może kumulować się w ich mięsie, narządach i krwi. OTA bywa wykrywana w przetworach mięsnych wyprodukowanych z udziałem podrobów, natomiast wolnymi od niej są wołowina i mleko, gdyż zostaje ona wcześniej poddana rozkładowi w układzie pokarmowym zwierzęcia (Czerwiecki, 1997, s. 296).

Patulina jest produktem metabolizmu wielu rodzajów pleśni, tj. *Penicillium patulum*, *P. urticae*, *P. chrysogenum*, *P. roqueforti*, *Aspergillus clavatus*, *A. terreus* i *Byssosclamyces nivea*, które mogą znajdować się w zbożach, pieczywie i produktach mięsnych. Patulina często występuje w parze z cytryniną. Powszechnym gatunkiem pleśni jest *Penicillium expansum*, która skaża głównie jabłka. Jest wykrywana w owocach dotkniętych brązową zgnilizną (ang. *brown rot*) np. bananach, ananasach, winogronach, morelach, brzoskwiniach oraz sokach owocowych. Poziom szkodliwej substancji w tych artykułach spożywczych jest bardzo niski. Możliwe jest zniszczenie mikotoksyny w procesie fermentacji lub po dodaniu SO₂, z czego wynika, że wina jej nie zawierają (Moss, 1996, s. 17).

Ponadto patulina uszkadza genotyp przez inicjowanie rozrywania łańcucha DNA, dodatkowo dezaktywuje enzymy zawierające grupę SH.

Fumiozyna jest produkowana przez niedużą liczbę pleśni z rodzaju *Fusarium*, z których najważniejsze są *F. moniliforme* i *F. proliferatum*. Atakuje w zdecydowanej większości kukurydzę, a jej obecność stwierdzono w produktach wytwarzanych z ziaren

kukurydzianych np. mące i kaszy kukurydzianej, płatkach kukurydzianych i polencie (Miller, 1995, s. 29).

Aktualnie znane są trzy naturalnie występujące fumiozyny: B₁, B₂, B₃. W naturalnie zanieczyszczonej żywności oraz paszach, 70% całkowitej ilości stanowi fumiozyna B₁.

U człowieka zauważono statystyczną zależność między występowaniem fumiozyn a nowotworem przełyku. Przypuszcza się, że sprzyja także rozwojowi zmian nowotworowych w wątrobie (w połączeniu z trichotecenami i deoksyniwalenolem) (Tamże, s. 31).

Międzynarodowa Agencja Badań nad Rakiem (IARC), korzystając z dostępnych badań toksykologicznych, uznała toksyny *F. moniliforme* za potencjalnie kancerogenne dla człowieka.

Trichoteceny składają się z ponad 100 rodzajów mikotoksyn, wytwarzanych przez grzyby z rodzaju *Fusarium*, w szczególności *F. graminearum* i *F. culmorum*. Występują one w zbożach i produktach zbożowych. Wykazują różnorodne działania biologiczne: owadobójcze, cytotoksyczne, przeciwwirusowe oraz fitotoksyczne. Są odpowiedzialne za hamowanie biosyntezy białek w komórkach ssaków. Zatrucie trichotecenami można rozpoznać po objawach tj. biegunce, wymiotach, braku apetytu, zapaleniu przewodu pokarmowego, uszkodzeniu komórek nerwowych, systemu limfatycznego, mięśnia sercowego, jąder czy grasicy (Moss, 1996, s. 20).

Najważniejsze trichoteceny to: DON (deoksyniwalenol, inaczej womitoksyna), NIV (niwalenol), DAS (diacetoksyscirpenol) i toksyny HT-2 i T-2. Toksyny te rozwijają się w klimacie umiarkowanym i chłodnym (podobnie jak ochratoksyna) w zbożach i paszach. Tym co sprzyja pojawianiu się niepożądanych związków są: wilgotna jesień, wczesna zima z częstymi zmianami pogody, długotrwały okres chłodu, czas wegetacji i zniw przypadających w warunkach dużej wilgotności (Czerwiecki, 1997, s. 297).

DON wykrywany jest w znacznej ilości w kukurydzy, owsie, jęczmieniu i pszenicy z Europy, Japonii i Ameryki Północnej w mniejszej natomiast w ryżu, sorgu i życie. Zainfekowanie roślin ma miejsce jeszcze na polu, a konsekwencja tej sytuacji jest zmniejszenie plonów i pogorszenie ich jakości (Sudakin, 2003, s. 99). Zwierzęta spożywające zanieczyszczoną paszę mają typowe dla tej toksyny objawy zatrucia: biegunki, wymioty, osłabienia apetytu itp. Na szczęście, DON raczej nie przenosi się do produktów zwierzęcych (Tamże, s. 104).

Toksyna HT-2 jest najbardziej niebezpieczną z trichotecenów. Produkują ją głównie pleśnie *Fusarium sporotrichoides* i *F. poae*. Uważa się, że miała ona wpływ na wybuch epidemii toksycznej aleukii żywieniowej. Epidemia ta miała miejsce podczas II Wojny Światowej i dotknęła tysiące ludzi na Syberii, dziesiątkując całe wsie. Wywołana była przez spożycie źle przechowywanego podczas zimy ziarna (Tamże, s. 106).

Obecnie, ze względu na odpowiednie magazynowanie produktów, dane na temat mikotoksyn wykazują, że występowanie HT-2 jest rzadkie.

Zearalenon (toksyna T-2) jest produkowana przez niektóre gatunki *Fusarium*, w szczególności *F. graminearum* i *F. culmorum*. Występuje głównie w kukurydzy i owsie oraz

ich przetworach, najczęściej w parze z trichotecenami. T-2 wykazuje małą toksyczność ostrą i ma działanie estrogenne.

Akumulacja zearalenonu może mieć miejsce jeszcze przed zbiorami, kiedy to w rosnącym zbożu powstaje *Fusarium*. Mnogie ilości toksyny znajdują się w zainfekowanej, wilgotnej kukurydzy, która przechowywana jest w warunkach zmiennej temperatury. Pojedyncze doniesienia wskazują na rzadkie występowanie T-2 w bananach, sorgo, soi, piwie czy orzechach włoskich (Majerus, 2006, s. 72).

Zearalenon jest potencjalnie niebezpieczny dla człowieka, ponieważ może przyczyniać się do rozwoju raka szyjki macicy i objawów sprzyjających przedwczesnemu dojrzewaniu u małych dziewczynek (Czerwiecki, 1997, s. 298).

Cytrynina produkowana jest przez wiele rodzajów pleśni z rodziny *Penicillium* i *Aspergillus*. Atakowany jest przez nią głównie ryż oraz ziarna zbóż i powstały z nich chleb. Toksyna ma właściwości kancerogenne, mutagenne, fitotoksyczne i teratogenne (Tamże, s. 39).

2. Szkodliwość mikotoksyn

Zasadniczą drogą dostawania się mikotoksyn do organizmu człowieka jest droga pokarmowa. Jednak zdarza się, że związki te mogą przedostać się także poprzez wdychanie skażonego powietrza, które znajduje się w zawilgoconych pomieszczeniach.

Szkodliwe działanie pleśni objawia się również przy ich niewielkiej koncentracji – na poziomie około jednego miligramu w kilogramie, tj. milionowej części masy produktu, lub jeszcze niższym.

Spożycie mikotoksyn wywołuje mikotoksykozy. W zależności od gatunku grzyba produkującego toksynę mówi się o aspergillotoksykozach (*Aspergillus sp.*), fuzariotoksykozach (*Fusarium sp.*), penicillotoksykozach (*Penicillium sp.*), itd. W naszych warunkach klimatycznych mikotoksykozy częściej zdarzają się u zwierząt niż u ludzi i rzadko kiedy mają ostry przebieg. Niestety, w wyniku gromadzenia się toksyn przez całe życie w ludzkich tkankach, znacznie groźniejsze i powszechniejsze są zatrucia przewlekłe. Zatrucia te mogą obejmować cały organizm - narządy, tkanki lub komórki. Ich przyczyny najczęściej upatruje się w spożyciu skażonej żywności. Dłuższe oddziaływanie mikotoksyn, które jest wynikiem ich gromadzenia się w organizmie, w skrajnych przypadkach może prowadzić do śmierci (Jarczyk, 2000, s. 5).

Mikotoksyny, w zależności od tego, który organ uszkadzają, można podzielić na: pulmotoksyny (wywołujące obrzęki płuc), dermatotoksyny (prowadzące do uszkodzeń skóry i błon śluzowych), nefrotoksyny (ich działanie obejmuje głównie nerki), kardiotoxyny (działają na serce i układ krwionośny), hepatotoksyny (atakujące wątrobę) oraz neurotoksyny (powodujące uszkodzenia centralnego układu nerwowego) (Grajewski, 2006, s. 203). Zagrożenia zdrowotne związane ze skażeniem żywności mikotoksynami zestawiono w tabeli 1.

Tabela 1: Zagrożenia zdrowotne związane ze skażeniem żywności mikotoksynami.

Działanie toksyny	Mikotoksyna
Rakotwórcze	aflatoksyna B ₁ , ochratoksyna A, sterigmatocystyna, grizeofulwina, fumiozyna B ₁ produkowana przez <i>Fusarium moniliforme</i>
Hepatooksyczne	aflatoksyny, strigmatocystyna, patulina
Neurotoksyczne	ochratoksyna A, cytrynina
Kardiotoksyczne	moniliformina
Neurotoksyczne	alkaloidy sporyszu, cireowirydyna
Immunotoksyczne	alfatoksyny, ochratoksyna A, trichoteceny
Teratogenne	aflatoksyny, patulina, ochratoksyna A
Dermatoksyczne	trichoteceny, zearalenon (toksyna T-2)
Estrogenne	zearalenon (toksyna T-2)
Wymiotne	deoksynowalenol
Krwotoczne	patulina, trichoteceny, zearalenon (toksyna T-2)

Źródło: Opracowanie własne na podstawie M. Piotrowska, *Wykorzystanie mikroorganizmów do usuwania mikotoksyn z żywności i pasz*, „Postępy Mikrobiologii”, t. 51. z. 2, s. 114.

Jeśli mamy do czynienia z mikotoksykozami, to z organizmu gospodarza nie można wyizolować patogennego grzyba. Podobnie sprawa wygląda w przypadku mikozy czyli grzybicy. Są to choroby wynikające z przedostania się i rozwoju grzyba w tkankach i komórkach gospodarza. W przypadku mikotoksykoz wywołują je konkretne toksyny grzybów pleśniowych i mówimy wtedy o aspergillozach (wywoływanych przez *Aspergillus sp.*), fuzariozach (wywołują je grzyby z rodzaju *Fusarium sp.*) czy penicillozach (w przypadku chorób wywoływanych przez *Penicillium sp.*), itd. Natomiast przykładami mikoz wywoływanych rozwojem grzybów w tkankach w organizmie ludzkim są choroby określane jako grzybice, np. grzybica skóry i grzybica płuc (tamże, s. 204).

Grzyby mogą również wywoływać alergię. Konidia i strzępki pleśni są czynnikami alergennymi wywołującymi stan zapalny. Badania epidemiologiczne wykazują, że grzyby z rodzajów *Alternaria* i *Cladosporium*, a w dalszej kolejności *Penicillium* i *Aspergillus* są najważniejszym źródłem alergenów pleśniowych. Alergeny wytwarzane przez grzyby *Alternaria alternata* są najczęstszą przyczyną uczuleń (Bogacka, 2008, s. 12).

3. Standardy bezpieczeństwa żywnościowego

Produkty zbożowe należą do jednej z podstawowych grup produktów spożywczych. W ich skład wchodzi: żyto, pszenica, owies, proso, jęczmień, gryka, ryż, kukurydza. Produkty te często poddawane są różnym procesom technologicznym mającym na celu przetworzenie ich i uzyskanie nowego produktu np. mąki, makaronu, kaszy czy pieczywa. Te natomiast stanowią podstawę w jadłospisie człowieka. Kolejnym elementem zbilansowanej diety jest mleko oraz jego pochodne czyli masło, sery, jogurty i tym podobne. Różnorodność produktów mlecznych zawdzięczamy działaniu enzymów i bakterii, a niekiedy również pleśni. Zaczęto zwracać uwagę na to, że w niektórych serach pleśniowych mogą powstawać toksyny, dlatego postuluje się przebadanie szczepów grzybów, które są używane do produkcji serów z przerostem pleśniowym (Młodecki, Piekarski, 1987, s. 259).

Ważną kwestią jest sposób w jaki przechowujemy owoce, warzywa i ich przetwory tj. soki, mrożonki, dżemy, konserwy. Istotnym jest zachowanie równowagi biologicznej tych produktów. Wiele z nich można przechowywać w stanie świeżym przez okres kilku miesięcy, przy stworzeniu odpowiednich warunków temperatury, wilgotności powietrza i stanu gazowego. Musimy jednak pamiętać, że świeże owoce i warzywa mają dużą tendencję do szybkiego psucia się i co ważne, pleśnienia. Pleśń natomiast jest niezaprzeczalnym źródłem mikotoksyn (Gawęcki, 2006, s. 80).

Każdy człowiek, mając na uwadze swoje zdrowie, powinien przykładać dużą wagę do jakości konsumowanych produktów, sprawdzać czy nie są one przypadkiem zainfekowane niepożądanymi mikroorganizmami lub pasożytami, które to mogą wywoływać różnego rodzaju choroby.

Niestety, nierzadko człowiek sam przyczynia się do powstawania szkodliwych związków w produktach żywnościowych. Przykładem może być złe przechowywanie zbóż przez rolników, którzy po zebraniu plonów przechowują ziarna w nieodpowiednich warunkach – w wilgotnych, niewietrzonych stodołach, w których chętnie rozwijają się grzyby pleśniowe. Następnie ziarno zawierające mikotoksyny służy jako produkt z którego piecze się chleb lub karmi nimi zwierzęta.

Rozwojowi grzybów pleśniowych sprzyja także transport wodny, podczas którego zboże może nie być odpowiednio zabezpieczone i przechowywane podczas transportu.

Nieodpowiedzialne składowanie żywności zagraża bezpieczeństwu żywnościowemu, co sprzyja powstawaniu wielu niebezpiecznych związków i zagraża człowiekowi poprzez działanie toksyczne oraz kancerogenne.

Bezpieczeństwo żywnościowe oznacza stan gospodarki, w której potrzeby żywnościowe wszystkich ludzi, uznane za społecznie akceptowane, mogą być społecznie zaspokojone (Gulbicka, 2009, s. 9). Aby taki stan był możliwy, ludność musi mieć świadomość i perspektywę zdrowego odżywiania się, którego warunkiem jest zbilansowane żywienie, a więc zgodne z zaleceniami nauki o żywieniu człowieka oraz spożywanie

bezpiecznej żywności, niezawierającej nadmiernej ilości skażeń mikrobiologicznych i zanieczyszczeń chemicznych, na ogół powodujących szkody dla zdrowia człowieka.

Na straży takiego stanu rzeczy powinno stać państwo przez ustanowienie prawa żywnościowego, jego modyfikowanie, wydawanie instrukcji, norm i zaleceń oraz prowadzenie kontroli ich respektowania przez producentów i dystrybutorów żywności (Tamże, s. 17).

Dwie wielkie organizacje zajmujące się kwestią żywności tj. Organizacja do Spraw Wyżywienia i Rolnictwa (FAO) i Światowa Organizacja Zdrowia (WHO) powołały Komisję Kodeksu Żywnościowego, której głównym osiągnięciem było opracowanie zasad światowego kodeksu żywnościowego (łac. *Codex Alimentarius*). Międzynarodowy Kodeks Żywnościowy FAO/WHO jest zbiorem jednolitych norm dla żywności, służącym przede wszystkim ochronie zdrowia konsumenta. Są to normy jakościowe głównych rodzajów żywności przetworzonej i półprzetworzonej oraz surowców trafiających do konsumenta (Tamże, s. 17). Zalecenia Kodeksu dotyczą higieny i jakości żywieniowej, przede wszystkim zaleceń i zakazów dotyczących skażeń mikrobiologicznych i zanieczyszczeń chemicznych oraz zaleceń odnośnie dodatków do żywności.

Poprawa jakości produktów żywnościowych jest w kręgu zainteresowania biotechnologii, czyli nauki wykorzystującej metody naukowe i inżynierskie do przetwarzania surowców za pomocą czynników biologicznych. Dzięki metodom biotechnologicznym można poprawić odporność plonów na szkodniki i choroby, a także ułatwić wyprodukowanie roślin odpornych na suszę i dających wyższe plony na mniej urodzajnej ziemi (Tamże, s. 161). Oznacza to, że można np. tak zmodyfikować ziarna kukurydzy aby nie były one atakowane przez niepożądane organizmy np. toksynotwórcze grzyby.

Istnieją jednak grupy konsumentów i ekologów wśród których zastosowanie biotechnologicznych osiągnięć uchodzi za kontrowersyjne. Dlatego też organizacje zajmujące się zdrowiem ustalają zasady i wytyczne dla zapewnienia bezpieczeństwa żywności pochodzącej z biotechnologii, mają też wkład w opracowanie kodeksu biotechnologii (ang. *Code of Conduct on Biotechnology*) (Tamże, s. 161).

Niemniej ważny jest aspekt prawny, związany z jakością i bezpieczeństwem żywności. W odniesieniu do zagrożeń ze strony grzybów pleśniowych i produkowanych przez nie mikotoksyn powstało Rozporządzenie Komisji (Wspólnot Europejskich) Nr 856/2005 z dnia 6 czerwca 2005 roku, zmieniając rozporządzenie (WE) nr 466/2001, w odniesieniu do toksyn *Fusarium*. Ten rodzaj grzybów jest przyczyną tworzenia się zearalenonu, trichotecenów (deoksyniwelanol, DON) i fumonizyn. Komisja Wspólnot Europejskich ustaliła między innymi maksymalne dopuszczalne poziomy dla niektórych zanieczyszczeń w środkach spożywczych w tym dla toksyn wytwarzanych dla *Fusarium*. Zostało też ustanowione przez Komitet do Spraw Żywności:

- tymczasowe dzienne tolerowanie – TDI (ang. *Temporary Daily Intake*) w wysokości 1 $\mu\text{g}/\text{kg}$ masy ciała dla deoksyniwelanolu,

- tymczasowe TDI (t-TDI) w wysokości 0,7 µg/kg masy ciała/dzień dla niwelanolu,
- kombinowaną tymczasową TDI w wysokości 0,06 µg/kg masy ciała/dzień dla toksyn T-2 i HT-2,
- tymczasowe TDI (t-TDI) w wysokości 0,2 µg/kg masy ciała/dzień dla zearalenonu,
- TDI w wysokości 2 µg/kg masy ciała/dzień dla całości fumiozyny B₁, B₂, B₃ występujących oddzielnie lub w połączeniu.

Dla ochrony zdrowia publicznego istotne jest też ustanowienie maksymalnych dopuszczalnych poziomów dla nieprzetworzonych zbóż na poziomie biorącym pod uwagę aktualne narażenie człowieka w stosunku do tolerowanego pobrania toksyny, o której mowa, i które można rozsądnie osiągnąć w ramach dobrej praktyki na wszystkich etapach produkcji i dystrybucji. Należy również określić maksymalny dopuszczalny poziom:

- w odniesieniu do produktów zbożowych przeznaczonych dla ostatecznego konsumenta, w celu jego ochrony, jak również konieczne jest, możliwe do zastosowania ustawodawstwo,
- dla głównych składników żywności pochodzenia zbożowego w celu zapewnienia skutecznego wdrażania ustawodawstwa w interesie ochrony zdrowia publicznego.

W tabelach 2 - 7 przedstawiono wartości maksymalnego dopuszczalnego stężenia głównych mikotoksyn w produktach żywnościowych.

Tabela 2a: Maksymalne dopuszczalne poziomy zanieczyszczeń żywności aflatoksynami

Produkt	Maksymalny dopuszczalny poziom (µg/kg lub µg/l)		
	B ₁	B ₁ + B ₂ + G ₁ + G ₂	M ₁
Orzechy arachidowe, owoce suszone, produkty ich przetwarzania, przeznaczone do bezpośredniego spożycia lub użycia jako składniki środków spożywczych	2	4	-
Orzechy arachidowe, które muszą być sortowane lub będą poddawane innym fizycznym zabiegom przed przeznaczeniem do bezpośredniego spożycia lub użyciem jako składnik żywności	8	15	-
Orzechy i owoce suszone, które muszą być sortowane lub będą poddawane innym fizycznym zabiegom przed przeznaczeniem do bezpośredniego spożycia lub użyciem jako składnik żywności	5	10	-

Tabela 2b: Maksymalne dopuszczalne poziomy zanieczyszczeń żywności aflatoksynami (cd.)

Ziarno zboża, łącznie z gryką oraz produkty ich przetwarzania, przeznaczone do bezpośredniego spożycia przez ludzi lub użycia jako składnika środków spożywczych	2	4	-
Ziarno zboża, łącznie z gryką, a z wyłączeniem kukurydzy, które muszą być sortowane lub będą poddawane innym fizycznym zabiegom przed przeznaczeniem do bezpośredniego spożycia lub użyciem jako składnik żywności	2	4	-
Przyprawy: <i>Capsicum spp.</i> (suszone owoce, całe lub rozdrobnione, włączając chilli, pieprz cayenne i paprykę); <i>Piper spp.</i> (owoce, biały i czarny pieprz); <i>Zingibar officinale</i> (imbir); <i>Curcuma longa</i> (kurkuma)	5	10	-
Mleko (surowe, spożywcze, mleko do przetwórstwa)	-	-	0,05
Żywność dla niemowląt i małych dzieci i przetworzona żywność na bazie zbóż dla niemowląt i małych dzieci	0,1	-	-
Preparaty do początkowego i dalszego karmienia niemowląt, włączając mleko do początkowego i dalszego żywienia niemowląt	-	-	0,025
Żywność dietetyczna specjalnego przeznaczenia medycznego przeznaczona specjalnie dla niemowląt	0,1	-	0,025

Źródło: Opracowanie własne na podstawie J. Postpułowski, Uregulowania prawne dotyczące mikotoksyn w żywności, Mikotoksyny i grzyby pleśniowe – zagrożenia dla człowieka i zwierząt red. J. Grajewski, Bydgoszcz 2006, WUKW, s. 76.

Tabela 3a: Maksymalne dopuszczalne poziomy zanieczyszczeń żywności ochratoksyną A

Produkt	Maksymalny dopuszczalny poziom (µg/kg)
Ziarno zboża nieprzetworzone (łącznie z nieprzetworzonym ryżem i gryką)	5,0
Produkty otrzymane ze zboża (łącznie z przetworami zbożowymi i ziarnami zbóż przeznaczonymi do bezpośredniego spożycia przez ludzi)	3,0
Suszone owoce winogron (rodzynki, sułtanki)	10,0
Palone ziarna kawy i mielona kawa palona	5,0
Kawa rozpuszczalna instant	10,0
Wina (czerwone, białe i różowe) oraz inne wina i/lub napoje oparte na moszczu gronowym	2,0

Tabela 3b: Maksymalne dopuszczalne poziomy zanieczyszczeń żywności ochratoksyną A (cd.)

Sok winogronowy, moszcz gronowy przeznaczony do bezpośredniej konsumpcji przez człowieka	2,0
Żywność dla niemowląt i przetworzona żywność na bazie zbóż dla niemowląt i małych dzieci	0,50
Żywność dietetyczna specjalnego przeznaczenia medycznego dla niemowląt	0,50

Źródło: Opracowanie własne na podstawie J. Postpułowski, Uregulowania prawne dotyczące mikotoksyn w żywności, Mikotoksyny i grzyby pleśniowe – zagrożenia dla człowieka i zwierząt red. J. Grajewski, Bydgoszcz 2006, WUKW, s. 76.

Tabela 4: Maksymalne dopuszczalne poziomy zanieczyszczeń żywności patuliną

Produkt	Maksymalny dopuszczalny poziom (µg/kg lub µg/l)
Soki i nektary owocowe, szczególnie otrzymane z jabłek oraz sok owocowy będący składnikiem innych napojów, koncentrat soków owocowych po odtworzeniu zgodnie z instrukcją producenta	50,0
Napoje alkoholowe, cydr i inne fermentowane napoje otrzymane z jabłek lub zawierające sok jabłkowy	50,0
Produkty z jabłek stałe, włączając puree jabłkowe i kompot jabłkowy, przeznaczone do bezpośredniej konsumpcji	25,0
Sok jabłkowy i produkty jabłkowe stałe, włączając puree jabłkowe i kompot jabłkowy dla niemowląt i małych dzieci, oznaczone i sprzedawane jako przeznaczone dla niemowląt i małych dzieci	10,0
Inna żywność dla dzieci, niebędąca przetworami zbożowymi	10,0

Źródło: Opracowanie własne na podstawie J. Postpułowski, Uregulowania prawne dotyczące mikotoksyn w żywności, Mikotoksyny i grzyby pleśniowe – zagrożenia dla człowieka i zwierząt red. J. Grajewski, Bydgoszcz 2006, WUKW, s. 77.

Tabela 5a: Maksymalne dopuszczalne poziomy zanieczyszczeń żywności deoksyniwalenolem

Produkt	Maksymalny dopuszczalny poziom (µg/kg)
Nieprzetworzone ziarno zbóż, inne niż pszenica durum, owies i kukurydza	1250
Nieprzetworzona pszenica durum i owies	1750
Nieprzetworzona kukurydza	1750
Mąka, włączając mąkę kukurydzianą, grys kukurydziany i kaszę kukurydzianą	750

Tabela 5b: Maksymalne dopuszczalne poziomy zanieczyszczeń żywności deoksyniwalenolem

Chleb, pieczywo, herbatniki, przekąski zbożowe i płatki śniadaniowe	500
Makaron (suchy)	750
Produktu zbożowe dla niemowląt i małych dzieci	200

Źródło: Opracowanie własne na podstawie J. Postpulowski, Uregulowania prawne dotyczące mikotoksyn w żywności, Mikotoksyny i grzyby pleśniowe – zagrożenia dla człowieka i zwierząt red. J. Grajewski, Bydgoszcz 2006, WUKW, s. 77.

Tabela 6: Maksymalne dopuszczalne poziomy zanieczyszczeń żywności zearalenonem

Produkt	Maksymalny dopuszczalny poziom (µg/kg)
Nieprzetworzone ziarno zbóż, inne niż kukurydza	100
Nieprzetworzona kukurydza	200
Mąka, wyłączając kukurydzianą	75
Mąka kukurydziana, grys kukurydziany i kasza kukurydziana, rafinowany olej kukurydziany	200
Chleb, pieczywo, herbatniki	50
Przekąski z kukurydzy i płatki kukurydziane	50
Przekąski z innych zbóż i płatki śniadaniowe	50
Produkty z kukurydzy dla niemowląt i małych dzieci	20
Inne produkty zbożowe dla niemowląt i małych dzieci	20

Źródło: Opracowanie własne na podstawie J. Postpulowski, Uregulowania prawne dotyczące mikotoksyn w żywności, Mikotoksyny i grzyby pleśniowe – zagrożenia dla człowieka i zwierząt red. J. Grajewski, Bydgoszcz 2006, WUKW, s. 77.

Tabela 7: Maksymalne dopuszczalne poziomy zanieczyszczeń żywności fumonizynami

Produkt	Maksymalny dopuszczalny poziom (µg/kg)
Nieprzetworzona kukurydza	2000
Mąka kukurydziana, grys kukurydziany i kasza kukurydziana, rafinowany olej kukurydziany	1000
Pozostałe produkty kukurydziane do bezpośredniej konsumpcji	400
Produkty z kukurydzy dla niemowląt i małych dzieci	200

Źródło: Opracowanie własne na podstawie J. Postpulowski, Uregulowania prawne dotyczące mikotoksyn w żywności, Mikotoksyny i grzyby pleśniowe – zagrożenia dla człowieka i zwierząt red. J. Grajewski, Bydgoszcz 2006, WUKW, s. 77.

Na toksyczność mikotoksyn w żywności mają wpływ:

- poziom (stężenie) danej mikotoksyny,
- ekspozycja i rodzaj populacji narażonej na toksynę,

- rozkład toksyny w zakażonym produkcie,
- dostępność metod analitycznych stosowanych do wykrywania i obliczania zawartości mikotoksyn pod kątem zakładanego limitu prawnego,
- przepisy prawne dotyczące norm dopuszczalnych w danym kraju.

Główne zasady prawa żywnościowego przedstawiono w Zielonej Księdze i Nowej Białej Księdze (Gawęcki, Mossor-Pietraszewska, 2006, s. 197). Dla ujednoczenia, sprecyzowania, a także, aby rozproszone dotychczas przepisy prawne dotyczące urzędowej kontroli zostały ujęte w jednym dokumencie, uwzględniającym wszystkie elementy łańcucha żywnościowego, ustanowiono prace nad stworzeniem i wprowadzeniem Ramowej Ustawy Żywnościowej. Zawierałaby ona dotychczas wydane dyrektywy, akty prawne, normy, zasady i systemy, które pozwalają zapewnić m.in. odpowiednią jakość i bezpieczeństwo żywności (Tamże, s. 197). Przykładowym systemem jest system zapewniający jakość produktu. Jest to struktura organizacyjna, procedury, procesy i zasady niezbędne do zarządzania jakością. Rolą tego procesu jest przede wszystkim kontrolowanie jakości produktów, dopilnowanie, aby nie wytwarzano ich z wadami (Tamże, s. 49).

Kolejny przykład systemu, charakterystyczny dla bezpieczeństwa żywności, to HACCP (ang. *Hazard Analysis and Critical Control Point*) – Analiza Zagrożeń i Krytyczny Punkt Kontrolny. Jest to system który identyfikuje, ocenia oraz kontroluje zagrożenia, które są istotne dla bezpieczeństwa żywności. Jego celem jest wykrywanie i eliminowanie wszelkich zagrożeń już na etapie produkcji, a nie po wytworzeniu produktu. Polega on na dokładnej analizie procesu powstawania produktu i na podstawie tej analizy określa się zagrożenia biologiczne, fizyczne i chemiczne. System jest podstawą do wskazania miejsc, surowców i operacji technologicznych, z którymi mogą się wiązać czynniki zagrażające zdrowiu (krytyczne) i które należy nadzorować (Tamże, s. 50).

Dla wprowadzenia systemu HACCP, muszą być zrealizowane dwie zasady: GMP i GHP.

GMP – jest to Zasada Dobrej Praktyki Produkcyjnej (ang. *Good Manufacturing Practice*). Jest to zbiór zasad, których wprowadzenie i przestrzeganie na wszystkich etapach produkcji lub obrotu ma zapewnić właściwą jakość zdrowotną, zgodnie z przeznaczeniem. Wszystko to ma prowadzić do wyprodukowania żywności bezpiecznej dla zdrowia człowieka. Dlatego też ważne jest, aby każdą czynność, każde zadanie wykonywać zgodnie z wymaganiami. Trzeba także dążyć do eliminowania zagrożeń fizycznych, mikrobiologicznych i chemicznych. „Wymagania te dotyczą: pomieszczeń produkcyjnych i pomocniczych, jakości surowców i materiałów pomocniczych, procedur mycia i dezynfekcji, higieny personelu, magazynowania i dystrybucji wyrobów (Tamże, s.50).

GHP – jest to Dobra Praktyka Higieniczna (ang. *Good Hygienic Practice*), którą wyodrębnia się z systemu GMP. Główną ideą GHP jest „określenie higienicznych aspektów GMP (na przykład: wymagania sanitarne dla pomieszczeń, zasady przepływu surowców i produktu gotowego, wymagania odnośnie do projektu maszyn i urządzeń, zasady higieny

osobistej pracowników), które muszą być spełnione, aby zapewnić bezpieczeństwo żywności (Tamże, s. 50).

System HACCP, dzięki swoim zasadom składowym (GMP i GHP), sprawdza się także przy produkcji mającej na uwadze wykluczenie mikotoksyn z żywności.

Ważnym systemem, który związany jest głównie z jakością żywności, to system zarządzania jakością według norm ISO serii 9000. Odnosi się on do wszystkich dóbr materialnych i uwzględnia kontrole wszystkich atrybutów jakości produktu na każdym etapie jego wykonania, począwszy od projektowania, przez produkcję, do zagospodarowania odpadów (Tamże, s. 51).

Z bezpieczeństwem żywnościowym związany jest także proces technologiczny, podczas którego ma miejsce przetwarzanie i utrwalanie surowca. Według definicji jest to ciąg procesów podstawowych, wzajemnie ze sobą powiązanych i następujących po sobie w określonej kolejności, od pobrania surowca do otrzymania gotowego produktu (Tamże, s. 52).

Na proces technologiczny składają się z trzy fazy:

Czyszczenie surowca – celem jest usunięcie zanieczyszczeń, co zwiększa bezpieczeństwo zdrowotne produktu, ułatwia jego utrwalanie oraz zapobiega uszkodzeniu urządzeń. Zanieczyszczenia mają zróżnicowany charakter, są to na przykład zanieczyszczenia mineralne, nasiona chwastów, drobnoustroje, zanieczyszczenia chemiczne.

Przetwarzanie – celem jest uszlachetnienie surowca, dzięki zwiększeniu jego wartości odżywczej oraz uzyskaniu określonych cech sensorycznych, jak również wartości użytkowej produktu. W tej fazie procesu technologicznego wiele cech surowca ulega zmianom. Zalicza się do nich „zmianę stopnia rozdrobnienia (na przykład zmniejszenie cząstek podczas rozdrabniania), obniżenie temperatury (na przykład chłodzenie lub zamrażanie), powstawanie określonych związków chemicznych (na przykład fermentacja), usunięcie wody (na przykład suszenie).

Utrwalania żywności – celem jest doprowadzenie produktu do stanu, który zapewnia, przez określony czas, utrzymanie jego jakości powyżej poziomu wyznaczonego przez nieszkodliwość produktu i wymagania konsumenta. Faza ta ma znaczenie dla eliminacji potencjalnego zagrożenia mikotoksynami, ponieważ odpowiednie zabezpieczenie i przechowywanie surowca są gwarancją jego ochrony przed tymi niepożądanymi związkami (Tamże, s. 53).

Należy jednak zwrócić uwagę na fakt, że zanieczyszczenie produktów rolnych może występować na każdym etapie produkcji, rozpoczynając od wzrostu roślin na polu, ich obróbkę, transport, magazynowanie czy przechowywanie gotowego produktu (Gadzała-Kopciuch, Buszewski, 2005, s. 5).

Ważnym elementem bezpieczeństwa żywnościowego jest stosowanie na opakowaniach produktów spożywczych informacji o przydatności produktu do spożycia.

Konsumenci nierzadko zastanawiają się, czy żywność będąca przeterminowaną o jeden dzień na pewno nie nadaje się do zjedzenia. Trzeba pamiętać, że artykuły spożywcze

to w większości produkty krótkoterminowe, które powinno się skonsumować w możliwie najkrótszym czasie, ewentualnie poddać je procesowi utrwalania dla przedłużenia ich przydatności.

Dlaczego tak się dzieje? Otóż produkty spożywcze zawierają duże ilości wody, która jest dogodnym środowiskiem dla rozwoju różnych drobnoustrojów. Mogą także wytworzyć się mikotoksyny, o obecności których świadczy pleśń np. na nieswieżym chlebie czy serze.

Nabywając produkty spożywcze należy zwracać uwagę na dwa terminy podawane na etykiecie: „najlepiej spożyć przed i tu data” oraz „najlepiej spożyć do i tu data”.

Pierwszy stosowany jest przy produktach, w których zachodzące zmiany nie stanowią zagrożenia dla zdrowia konsumenta i wtedy określa się datę minimalnej trwałości, czyli datę, do której prawidłowo przechowywany lub transportowany środek spożywczy zachowuje pełne właściwości fizyczne, chemiczne, mikrobiologiczne i sensoryczne (na opakowaniu umieszcza się wówczas oznaczenie „najlepiej spożyć przed i później podana jest data” (Gawęcki, Mossor-Pietraszewska, 2006, s. 57).

Drugiego terminu używa się w przypadku, gdy dany produkt szybko się psuje i w wyniku długiego przechowywania staje się niebezpieczny dla zdrowia człowieka. W takiej sytuacji stosuje się termin przydatności do spożycia, czyli termin, po którego upływie środek spożywczy nie powinien być spożyty (przy takich produktach pisze się na opakowaniach „należy spożyć do i później data”) (Tamże, s. 57).

Niezaprzeczalnie mikotoksyny są substancjami szkodliwymi i niebezpiecznymi, ale można znaleźć ich zalety. Jedną z nich jest stosowanie powstałych enzymów do produkcji żywności.

Enzymy pektynolityczne powstają w znacznej mierze z zastosowaniem pleśni z rodzaju *Aspergillus* (źródło aflatoksyn) i *Rhizopus*. Enzymy te, często w połączeniu z celulozami, wykorzystuje się do maceracji owoców przed tłoczeniem soków, w celu zwiększenia wydajności ekstrakcji oraz do klarowania mętnych soków jabłkowych, cytrusowych, porzeczkowych, grejpfrutowych” (Tamże, s. 122).

Grzyby *Aspergillus*, oprócz pleśni, wytwarzają enzymy celulolityczne, które znalazły wykorzystanie w przemyśle owocowo-warzywnym do klarowania soków, zwiększania wydajności ekstrakcji oraz do poprawiania strawności warzyw w konserwach (Tamże, s. 122).

Do esteraz rozkładających triglicerydy wyższych kwasów tłuszczowych należą enzymy lipolityczne. Są one produkowane przy pomocy grzybów strzępkowych, głównie z rodzaju *Rhizopus*, *Aspergillus*, *Mucor*. Do tej pory wykorzystywane były głównie w serowarstwie do przyspieszania dojrzewania i poprawiania aromatu serów. Obecnie stosuje się je także „do regulowania składu kwasów tłuszczowych w triglicerydach, co ma znaczenie w kształtowaniu wartości odżywczej margaryn (Tamże, s. 124).

Wpływ na bezpieczeństwo żywnościowe ma także sposób konserwacji surowców. W czasach, kiedy człowiek prowadził wędrowny tryb życia szczególnie duże kłopoty powodowało przechowywanie żywności przez cały rok w tych krajach, w których wegetacja

warunkuje zbiory tylko raz w roku (Wolański, 2006, s. 349). Z biegiem czasu odkryto suszenie – na wietrze lub przy ogniu, potem doszły zabiegi solenia i fermentacji, z czasem mrożenie, produkowanie koncentratów, dodawanie konserwujących środków chemicznych, produkowanie konserw w puszkach - hermetycznych i wysterylizowanych (Tamże, s. 349).

Zakończenie

Literatura naukowa nieustannie porusza problem mikotoksyn w spożywanych przez ludzkość produktach. Mikotoksyny towarzyszą człowiekowi od tysięcy lat i są rzeczywistym zagrożeniem dla jego zdrowia. Ich obecność w żywności, zarówno pochodzenia roślinnego jak i zwierzęcego, świadczy o niskiej jakości higieniczno-zdrowotnej tych produktów. Istotnym jest, aby pamiętać, że do skażenia mikotoksynami może dojść na każdym etapie łańcucha żywieniowego: od momentu wzrostu roślin, przez proces przetwórczy, po konsumpcję. Aby zapobiegać powstawaniu toksyn trzeba przestrzegać odpowiednich zasad zarówno w momencie zbierania, transportowania i składowania produktów. Należy zwracać uwagę na zawilgocenie i zdolność do samozagrzewania się surowca, szczególnie podczas transportu wodnego. Mikotoksyny są związkami, których nie da się w zupełności wyeliminować z pożywienia, jednak da się ograniczyć ich ilość dzięki przestrzeganiu zasad dobrej praktyki rolniczej i przemysłowej.

W polskich warunkach klimatycznych najważniejszymi producentami mikotoksyn są grzyby z rodzajów: *Aspergillus*, *Penicillium* i *Fusarium*, które produkują najgroźniejsze mikotoksyny, do których należą aflatoksyna, ochratoksyna, trichoteceny, fumonizyny i zearalenon. Należy zwracać uwagę na produkty importowane, bo te mogą zawierać kolejne rodzaje pleśni. Spożycie toksyn jest przyczyną zatruc, nierzadko ciężkich, zwanych mikotoksykozami, a długie kumulowanie się toksyn w organizmie może prowadzić do śmierci.

Mikotoksyny odznaczają się dużą odpornością na czynniki zewnętrzne, np. pieczenie czy obróbkę cieplną przez gotowanie. Z tego powodu produkty nimi skażone winny być eliminowane z rynku oraz powinien być prowadzony stała kontrola ich zawartości w żywności.

Bibliografia:

- Bogacka E., Alergia na grzyby pleśniowe: diagnostyka i leczenie, „Polski Merkuriusz Lekarski”, 2008 t. 24. supl. 1. nr 11, s. 12.
- Czerwiecki L., Mikotoksyny w żywności jako czynnik zagrożenia zdrowotnego, „Żywność, Żywnienie a Zdrowie”, 1997 nr 4, s. 293-300.
- Gadzała-Kopciuch R., Buszewski B., Mikotoksyny – czego możemy spodziewać się od pleśni, „Anlityka”, 2005 nr 2, s. 4.
- Gawęcki J., Mossor-Pietraszewska T., (red.), „Kompendium wiedzy o żywności, żywieniu i zdrowiu”, Warszawa 2006, s. 49-197.

- Grajewski J. (red.), „Mikotoksyny i grzyby pleśniowe. Zagrożenie dla człowieka i zwierząt”, Bydgoszcz 2006, s. 201-204.
- Gulbicka B., „Bezpieczeństwo żywnościowe krajów rozwijających się”, Warszawa 2003, s. 9-161.
- Henry S.H., Bosch G.X., Troxell T.C., Bolger P.M., Reducing Liver Cancer – global Incidence of Aflatoxin, „Science”, 1999 vol. 286, s. 6.
- Jarczyk A., „Mikotoksyny zawarte w paszach zagrożeniem dla zdrowia i produktywności zwierząt”, Referat plenarny na LXV Zjazd Naukowy PTZ w Olsztynie 2000, Przegląd Hodowlany, nr 9, s. 5.
- Kuiper-Goodman T., Scott P.M., Watanabe H., Risk Assessment of the Mycotoxins Ochratoxin A, „Biomedical and Environmental Science”, 1989 vol. 2, s. 7.
- Majerus P., Toksyny grzybów pleśniowych jako cel badawczy organów urzędowego nadzoru artykułów spożywczych, „Mikotoksyny i grzyby pleśniowe – zagrożenia dla człowieka i zwierząt”, red. J. Grajewski, Bydgoszcz 2006, s. 65-72.
- Miller J.D., Fungi and Mycotoxins in Grain – Implications for Stored Products Research, „Journal of Stored Products Research”, 1995 vol. 31, s. 29-31.
- Młodecki H., Piekarski L., „Zagadnienia zdrowotne żywności. Zarys bromatologii. Podręcznik dla studentów farmacji”, Warszawa 1987, s. 259.
- Moss M.O., Mycotoxins, „Mycological Research”, 1996 vol. 100, s. 17-20.
- Pittet A., Natural Occurrence of Mycotoxins in Food and Feeds, „Revue of Medicine and Veterinary”, 1998 vol. 149, s. 481-482.
- Postpułowski J., Uregulowania prawne dotyczące mikotoksyn w żywności, „Mikotoksyny i grzyby pleśniowe – zagrożenia dla człowieka i zwierząt”, red. J. Grajewski, Bydgoszcz 2006, s. 76-77.
- Rozporządzenie Komisji (Wspólnot Europejskich) Nr 856/2005 z dnia 6 czerwca 2005 roku, zmieniając rozporządzenie (WE) nr 466/2001, w odniesieniu do toksyn Fusarium.
- Sudakin D.L., Trichothecenes in the environment: relevance to human health, „Toxicol”, 2003 vol. 143, s. 99-106.
- Wolański N., „Ekologia człowieka. Podstawy ochrony środowiska i zdrowia człowieka. Ewolucja i dostosowanie biokulturowe. Tom 2”, Warszawa 2006.