

EDUKACJA PERMANENTNA ROLNIKÓW PODSTAWĄ W PRZECIWDZIAŁANIU ZANIECZYSZCZEŃ MIKOTOKSYNAMI W ZBOŻACH

PERMANENT EDUCATION OF FARMERS IN THE FIGHT AGAINST MYCOTOXINS POLLUTION IN CEREALS

Eliza Michalina Orłowska

Uniwersytet Szczeciński,
Wydział Biologii,
Katedra Biologii Komórki
ul. Wąska 13,
71-407 Szczecin
e-mail: eliorl@wp.pl

Abstract: Contemporary world requires representatives of all occupations to learn permanently. The achievements of medicine, biology, technology and other fields bring new information about human activities almost every day. One of the fields is agriculture, which is nowadays being used to gain the benefits of science to produce more and more crops. The contamination of food products with mycotoxins is a very big problem nowadays. Mushrooms are ubiquitously occurring organisms. They have both positive and negative impact on the environment. Their by-products of metabolic processes are mycotoxins. For cereal contamination can occur at every stage of production, so it is important to conduct permanent education among farmers and producers to minimize the risk of pollution.

Key words: mycotoxins, fungi, cereals, health, permanent education.

Wprowadzenie

Współczesny świat wymaga od przedstawicieli wszystkich zawodów permanentnego uczenia się. Osiągnięcia medycyny, biologii, techniki i innych dziedzin niemal każdego dnia przynoszą nowe informacje związane z ludzką działalnością. Jedną z dziedzin jest rolnictwo, które współcześnie posiłkuje się zdobyczami nauki m.in. by osiągać coraz większe plony. Ale nie tylko ilość ale też jakość jest bardzo ważna. Występowanie różnego rodzaju grzybów z zbożach może być przyczyną znacznego obniżenia ilości oraz jakości plonu. Grzyby w plonach mogą też nieść ze sobą inne bardziej bezpośrednie dla rolników i konsumentów zagrożenie jakim są mikotoksyny. Ważne jest to aby przeciwdziałać rozwojowi ich w plonach, aby chronić zdrowie dlatego jednym z założeń jest również prowadzenie edukacji w celu informowania dzięki czemu też zapobiegania zatruciu wśród rolników oraz konsumentów.

Porażenie zbóż grzybami jako przyczyna zanieczyszczenia mikotoksynami

Grzyby są jednymi ze starszych organizmów na świecie. Mają one bardzo pozytywny wpływ na środowisko, ponieważ biorą udział w rozkładzie żywności oraz są używane podczas produkcji artykułów spożywczych np.

sera lub też antybiotyków [5]. Jednak coraz więcej mówi się o zagrożeniach, jakie niosą ze sobą te organizmy [8]. Na skutek wtórnego procesu przemiany materii grzybów pleśniowych występujących na zbożach powstają toksyczne produkty, tak zwane mikotoksyny [15]. Nazwa mikotoksyny pochodzi od słów mycos-grzyb oraz toxicum-trucizna [2]. Zanieczyszczenia zbóż tego typu substancjami mają charakter naturalny. Grzyby są wszędzie obecne i nie da się ich do końca wyeliminować. Jednak można próbować zmniejszyć ich ilość w produktach spożywczych [16]. Toksyny te mają strukturę niskocząsteczkowych związków o słabej polarności. Ważną cechą miko toksyn jest to, że są one odporne i nie ulegają rozkładowi podczas procesu pasteryzacji, fermentacji i destylacji. Mikotoksyny ulegają degradacji podczas działania na nie roztworami alkalicznymi, oraz podczas ekspozycji na promienie UV [8, 22].

Substancje te są szkodliwe zarówno dla ludzi jak i zwierząt [15]. Mikotoksyny mogą występować w różnego rodzaju produktach spożywczych takich jak zboża i ich przetwory, mleko, owoce, kakao [22].

Problem zanieczyszczenia pożywienia mikotoksynami jest badany od wielu lat. Źródła wskazują na możliwość występowania tego problemu już w populacji Etrusków czy też w Atenach w V wieku przed naszą erą. Klątwa, która dotknęła badaczy grobowców Tutenchamona czy Kazimierza Jagiellończyka również jest związana z

mikotoksynami znajdującymi się w grobowcach. Archeolodzy przez dłuższy czas zostali narażeni na ekspozycję mikotoksyn w grobowcach, potem cierpieli na różnego rodzaju schorzenia w tym nowotwory, wylewy oraz zawały. O zatruciu sporyszem jest mowa w Starym Testamencie. Mikotoksyny spowodowały u św. Antoniego chorobę, której objawami był świąd skóry, martwice kończyn oraz halucynacje [8].

Mikotoksyny w zbożu

Zboże, w którym doszło do porażenia grzybami, nawet jeśli nie ma widocznych zmian chorobowych, jest najbardziej narażone na zanieczyszczenie mikotoksynami. Tego typu toksyny są najczęściej wytwarzane przez grzyby pleśniowe z rodzaju *Aspergillus*, *Penicillium* czy też *Fusarium*.

Dla grzybów z rodzaju *Aspergillus* charakterystyczne jest wytwarzanie alfatoksyny B, G oraz M [23]. Alfatoksyny to jedne z najbardziej szkodliwych mikotoksyn. Jest to rodzaj toksyn najczęściej spotykany w żywności pochodzenia roślinnego [8]. Zanieczyszczenia zbóż alfatoksynami występują na całym świecie, czemu dodatkowo sprzyja globalny handel roślinami [21]. Najczęściej przyczyną największego zanieczyszczenia zboża alfatoksynami jest nieprawidłowe przechowywanie [16]. Optymalną temperaturą dla rozwoju mikotoksyn jest 27°C. Przechowywanie zbóż w temperaturze mniejszej niż 12°C powinno zmniejszyć ryzyko zanieczyszczenia zbóż alfatoksynami [21].

Toksyny T2-HT-2-toksyna i zearalenon są wytwarzane przez grzyby z rodzaju *Fusarium*. Do wytworzenia tego rodzaju mikotoksyn przez grzyby występujące w ziarnie muszą być spełnione pewne warunki takie jak wysoka wilgotność powietrza oraz wysoka temperatura przekraczająca 20°C w trakcie kwitnienia pszenicy [15]. Toksyny T-2 oraz HT-2 są zaliczane do trichotecenów typu A. Czynnikiem, który powoduje rozwój tej toksyny to zbyt późny zbiór zbóż, szczególnie podczas chłodnej pogody. Mikotoksyna T-2 bardzo szybko może ulegać przemianom w HT-2, dlatego zawsze są oceniane łącznie [17].

Kolejną mikotoksyną jest pochodna kumaryny czyli ochratoksyna [8]. Ten rodzaj mikotoksyny jest wytwarzany w warunkach wysokiej wilgotności. W zależności od rodzaju grzyba, który wytwarza toksynę, występuje różnica w temperaturze optymalnej do powstania mikotoksyny. Dla grzybów z rodzaju *Aspergillus* ochratoksyna wytwarzana jest przy wysokiej temperaturze [15]. Dzięki odporności na wysoką temperaturę ten typ mikotoksyny jest termostabilny, dzięki czemu działanie wysoką temperaturą na mikotoksyny powoduje ich degradację tylko w 20% [1]. Natomiast w przypadku kilku szczepów z *Penicillium* temperatura ta jest niska i wynosi około 5°C [15]. Jeśli podczas przechowywania zbóż będzie zachowana nieodpowiednia wilgotność i temperatura magazynu, może dojść do powstania toksycznych mikotoksyn z grzybów występujących na zbożu [16]. Badania wykazały, że niema możliwości aby człowiek zaraził się drogą wtórną ochratoksyną, jest to spowodowane występowaniem specyficznej mikroflory

bakteryjnej w żołądku przeżuwaczy, która rozkłada tę toksynę [7].

Deoksyniwalenol (DON) jest toksyną wytwarzaną w zbożu przed zbiorem. Przyczyną zanieczyszczeń są sprzyjające warunki pogodowe czyli długotrwałe chłody oraz duża wilgotność [3, 13].

Wpływ mikotoksyn na zdrowie człowieka

Mikotoksyny są najniebezpieczniejszymi związkami, które mają negatywny wpływ na nasze zdrowie. Mają one działanie ogólnoustrojowe. Negatywnie wpływają na nerki, wątrobę oraz powodują uszkodzenie serca i skóry. Toksyny te degradują układ nerwowy oraz przyczyniają się do powstawania nowotworów. U niektórych osób mogą być przyczyną obrzęku płucnego oraz źródłem niestabilności hormonalnej [25]. W przypadku człowieka są dwie możliwe drogi wnikania toksyny do organizmu. Pierwsza z nich jest drogą pierwotną, która polega na spożywaniu produktów skażonych mikotoksynami np. spożywanie pieczywa, kaszy lub otrębów [22]. Drogą pierwotną jest również inhalacja zarodników grzybów pleśniowych, w których mogą znajdować się mikotoksyny. Na jednym zarodniku może znajdować się nawet kilka różnych rodzajów mikotoksyn, które mogą doprowadzić do astmy oskrzelowej oraz atopowego zapalenia spojówek [8]. Drogą wtórną opiera się na spożyciu mięsa organizmów zwierzęcych, uprzednio zatrutych toksynami. Mikotoksyny w organizmie zwierzęcym najczęściej kumulują się w tkankach miękkich takich jak mięśnie, wątroba czy nerki. Mikotoksyny, które dostaną się do naszego organizmu drogą wtórną są mniej toksyczne dzięki przekształceniom chemicznym, które zachodzą w organizmie zwierząt [22].

Mikotoksyny są nie tylko toksyczne, mają także właściwości rakotwórcze, teratogenne i estrogenne. Ich wpływ na organizm można zauważyć nawet przy niewielkiej ilości spożytego zatrutego zboża [22]. Natomiast długotrwałe spożywanie zbóż, które są zanieczyszczone nimi może doprowadzić do chorób układu immunologicznego a nawet chorób nowotworowych. Spożywanie zbóż zakażonych trichotecenami może powodować działanie nie tylko genotoksyczne ale tak że immunotoksyczne. Trichoteceny wpływają również na czerwone krwinki, są one przyczyną ich hemolizy oraz hamują syntezę DNA i RNA oraz białek [20].

Aflatoksyny oraz Ochratoksyna A, które są wytwarzane przez grzyby z rodzaju *Aspergillus* oraz *Penicillium* są rakotwórcze [20]. Alfatoksyny mogą powodować nowotwór okrężnicy, nerek, języka i tchawicy [19]. Ostatnie doniesienia mówią, iż ochratoksyna ma również właściwości neurotoksyczne [8].

Zearalenon jest związkiem, który w budowie przypomina hormon dlatego też zaburza działanie hormonów w organizmie [4]. Mikotoksyna zearalenon ma działanie estrogenne przez co może powodować bezpłodność oraz hiperestrogenizm. Inne toksyny wytwarzane przez *Fusarium* mają działanie cytotoksyczne oraz immunosupresyjne [8].

Ochratoksyna A ma nie tylko działanie nefrotoksyczne lecz także nefrokancerogenne. Przyczyną tego jest jego kumulacja w nerkach. Ta toksyna ma również destruktywny wpływ na wątrobę oraz mięśnie [12].

Deoksyniwalenol (DON) powoduje zaburzenia układu pokarmowego (silne biegunki, wymioty) i wpływa na układ immunologiczny mając działanie alergizujące [24].

Tabela 1. Rodzaje mikotoksyn i ich działanie [25].

Mikotoksyna	Działanie
<i>Trichoteceny</i>	<ul style="list-style-type: none"> •Zaburzenia układu pokarmowego (ostre zatrucia, wymioty, krwawe biegunki, błądź skóry, spadek masy) •Zaburzenia działania układu immunologicznego •Zaburzenia płodności •Zaburzenia funkcji ośrodkowego układu nerwowego
<i>Zearalenon</i>	<ul style="list-style-type: none"> •Stany zapalne skóry, •Bezpłodność, •Zaburzenia laktacji •Powstawanie nowotworów •Hepatotoksyczny
<i>Fumonizyny</i>	<ul style="list-style-type: none"> •Aktywne procesy nowotworzenia (rak przewodu pokarmowego) •Hepatotoksyczny •Uszkadza neurony

Mikotoksyny w uprawach ekologicznych

Toksyny będące produktami przemiany materii grzybów są dużym wyzwaniem dla upraw ekologicznych. To właśnie w tego typu uprawach rolnicy najczęściej borykają się z problemem zanieczyszczenia zbóż a jest to spowodowane niestosowaniem środków chemicznych działających przeciwgrzybiczo. W uprawach ekologicznych pszenżyta największym problemem jest porażenie zboża przez grzyby z rodzaju *Fusarium*. Grzyby te w odpowiednich warunkach wytwarzają trichoteceny, które są bardzo toksyczne dla ludzi [10].

Czynniki wpływające na rozwój mikotoksyn w zbożu

Zanieczyszczenie mikotoksynami w dużym stopniu zależy od warunków środowiskowych, które zarówno mogą przyspieszać jak i hamować rozwój mikotoksyn w zbożu. Czynniki zewnętrzne, wpływające na rozwój mikotoksyn, nie są do końca poznane. Jednak wiadomo, że nawet niedobory lub nadmiary pewnych składników odżywczych lub też obecność innych grzybów mogą wpłynąć na rozwój toksyn. Aby skutecznie przeciwdziałać ich powstawaniu należy wiedzieć jakie czynniki wpływają na zanieczyszczenia zbóż trującymi toksynami. Najprostszą metodą walki z mikotoksynami jest stworzenie takich warunków, które będą zapobiegały wytwarzaniu ich przez grzyby [15]. Do zanieczyszczenia zbóż może dojść tak naprawdę na każdym etapie produkcji [22].

Priorytetowym elementem hodowli jest nawożenie. Jeśli robi się to w prawidłowy sposób można zminimalizować ryzyko zanieczyszczeń a co za tym idzie poprawić jakość plonu. Odpowiednie nawożenie potasowe i

fosforanowe zwiększa odporność roślin na porażenie chorobami [15]. Gęstość siewu ma również wpływ na występowanie chorób grzybiczych. Wraz z wzrostem gęstości siewu wzrasta wilgotność a wraz ze wzrostem wilgotności rośnie ryzyko rozwoju chorób.

Ważne są nie tylko warunki środowiskowe ale także odmiany, które chcemy hodować. Należy poszukiwać i stosować odmiany, które są bardziej odporne na porażenie chorobami grzybiczymi, a co za tym idzie, są mniej narażone na zanieczyszczenie toksynami. Obecnie dostępnych jest na rynku 18 odmian z dobrą oceną odporności na porażenie [15]. Bardzo skuteczną metodą usuwania mikotoksyn jest mycie ziarna wodą zawierającą chlor przez kilka godzin. W efekcie można usunąć większość zanieczyszczeń. Ważny jest również termin zbiorów, ponieważ niektóre czynniki chorobotwórcze atakują rośliny podczas okresu ich dojrzwania.

Istotne jest to aby podczas zniw zadbać o higienę pracy. Dbalność o czystość narzędzi i maszyn jest paradoksalnie bardzo ważne i może zapobiec niepożądanemu zakażeniu grzybami, a w następstwie tego zanieczyszczenie mikotoksynami [25].

Nie należy zapomnieć, że na etapie przechowywania również może dojść do powstania mikotoksyn, dlatego ważne jest to, aby stworzyć warunki niesprzyjające temu zjawisku. Odpowiednia wilgotność podczas przechowywania ma bardzo duże znaczenie na ograniczenie powstawania mikotoksyn. Bezpiecznym poziomem jest wilgotność nie przekraczająca 14% oraz bardzo niska temperatura przechowywanych produktów [9].

Po dokończonych zniwach nie należy zapomnieć o resztkach poźniowych na polach, ponieważ mogą stać się one źródłem porażenia różnego rodzaju grzybami w następnym sezonie [25].

Usuwanie mikotoksyn z produktów spożywczych

Oczyszczenie zanieczyszczonego zboża z mikotoksyn do dopuszczalnego poziomu jest bardzo trudnym i skomplikowanym procesem i może on zachodzić na kilka różnych sposobów (oddzielenie zanieczyszczonych partii produktu, ekstrakcję mikotoksyn, inaktywowanie mikotoksyn). Metody usuwania mikotoksyn dzielimy na fizyczne, chemiczne oraz biologiczne [11].

Jedną z nowszych, opisanych technik fizykochemicznych, stosowanych do dezaktywacji toksyn w produktach spożywczych jest degradacja ich przy pomocy plazmy argonowej indukowanej mikrofalowo pod ciśnieniem atmosferycznym [11]. Metoda ta jest przede wszystkim szybka i skuteczna. W przeciągu 5 sekund może całkowicie zniszczyć niektóre rodzaje mikotoksyn [13]. Chemiczna metoda usuwania zanieczyszczeń polega na użyciu specyficznych substancji chemicznych, które prowadzą do detoksykacji produktów spożywczych. Bardzo skuteczną metodą usuwania mikotoksyn jest mycie ziarna wodą zawierającą chlor przez kilka godzin. W efekcie można usunąć większość zanieczyszczeń. Jednak wiele placówek uważa ją za dość kontrowersyjną, ponieważ po oczyszczaniu na produktach spożywczych mogą pozostać śladowe ilości chloru, szkodliwego dla ludzi [14].

Monitorowanie zanieczyszczeń zbóż mikotoksynami

Ważne jest aby kontrolować poziom mikotoksyn w produktach spożywczych. Szybkie wykrycie podwyższone-

go poziomu mikotoksyn w żywności oznacza natychmiastowe wycofanie produktu ze sprzedaży [22]. Dlatego też wprowadzono badania monitoringowe żywności na obecność mikotoksyn. Badania te polegają na obserwacji i pomiarach stężeń mikotoksyn. Badania są cyklicznie powtarzane dla określonych środków spożywczych [18].

W 2003 roku w wielu państwach ustalono dopuszczalne poziomy zanieczyszczeń mikotoksynami. Dzięki dużej wiedzy oraz świadomości, jak dużym zagrożeniem dla ludzi oraz zwierząt są mikotoksyny, dnia 12 lipca 2006 roku wprowadzono regulację prawną mówiącą o pobieraniu oraz odpowiednim analizowaniu produktów spożywczych na obecność mikotoksyn w UE [18].

Od 1 marca 2007 roku obowiązuje w Polsce akt prawny, który określał zakres zanieczyszczeń środków spożywczych mikotoksynami i był on rozporządzeniem Komisji (WE) Nr 1881/2006 z dnia 19 grudnia 2006, która określała najwyższe dopuszczalne poziomy niektórych zanieczyszczeń w środkach spożywczych (Dz. Urz. WE L 364z 20,122006).

Mikotoksyny w innych produktach spożywczych

Nie należy zapominać, że grzyby - sprawcy występowania mikotoksyn w zbożach, występują także na innych produktach spożywczych takich jak warzywa, owoce a nawet nabiał (tabela 2).

Tabela 2. Przegląd mikotoksyn występujących w innych produktach spożywczych [8].

Mikotoksyna	Występowanie w produktach spożywczych
Aflatoksyna	Orzechy, zboże, nasiona roślin strączkowych, przyprawy, mleko, rodzynki, piwo
Ochratoksyna	Zboże, warzywa, kukurydza, fasola, soja, orzechy, soki owocowe
Patulina	Kiełbasy, pieczywo, owoce, soki owocowe, pieczywo
Zearalenon	Kukurydza, pszenica, fasola, ryż
Fumonizyny	Kukurydza, mąka, kasza, płatki kukurydziane
Niwalenol	Pszenica, fasola
Deoksywalenon	Zboża
Kwas byssochlaminowy	Soki owocowe
Kwas kladosporynowy	Zboże
Luteoskiryna	Ryż żółty
Maltoryzyna	Kiełki słodowe
Kwas penicylinowy	Ryż, mąka, kukurydza, fasola, salami, sery
Psoralen	Warzywa zwłaszcza selery
Rubatoksyna	Zboże
Sterigmatocystyna	Mąka, przetwory owocowe, przyprawy
Cytrynina	Ryż, mąka, fasola

Podsumowanie

W celu profilaktyki zanieczyszczeń mikotoksynami prowadzone jest wiele programów edukacyjnych w Europie Zachodniej oraz Ameryce Północnej. Warsztaty

edukacyjne są przeznaczone zarówno dla rolników jak również dla innych producentów żywności. Zadaniem tych szkoleń jest dokształcanie rolników w kwestiach ograniczających zanieczyszczenia takich jak odpowiednie przechowywanie, nawożenie oraz higiena pracy [6].

Bibliografia

1. Berry, L., The pathology of mycotoxins, *Pathol*, 154, 1988, pp. 301-311.
2. Błażej, J., Metabolity grzybów toksykotwórczych i ich znaczenie, *Zeszyt Nauk AR im. Hugona Kołłątaja w Krakowie*, 388, 2001, s. 51-54.
3. Buśko, M., Góral, T., Cichy, H., Matysiak, A., Perkowski, E., Akumulacja deoksyniwalenol i ergosterolu w ziarnie pszenżyta porażonym przez *Fusarium culmorum*, *Agricultura*, 4, 2006, s. 21-28.
4. Creppy, E., Update of survey, regulation and toxic effects of mycotoxins in Europe, *Toxicol. Lett*, 127, 2002, pp. 19-28.
5. Czerwiecki, L., Mykotoksyny w ziarnie zboż i co dalej? *Przegląd zbożowo-młynarski*, 8, 2005, s. 25-27.
6. Grajewski, J., Twarużek, M., Zdrowotne aspekty oddziaływania grzybów pleśniowych i mikotoksyn, *Alergia*, 3, 2004, s. 45-49.
7. Jarczyk, A., Jędrychowski, L., Wróblewska, B., Jędruczek, R., Relation between ochratoxin A content in cereal grain and mixed meals determined by the ELISA and HPLC methods and attempt to evaluate their usability for monitoring studium, *Pol.J. Food Nutr. Sci.*, 1, 1999, pp. 53-64.
8. Jarzynka, S., Dąbkowska, M., Netsvyetayeva, I., Swoboda-Kopeć, E., Mikotoksyny - niebezpieczne metabolity grzybów pleśniowych, *Medycyna Rodzinna*, 4, 2010, s. 113-119.
9. Korbas, M., Horoszkiewicz-Janka, J., *Znaczenie i możliwości ograniczenia szkodliwych metabolitów pochodzenia grzybowego*, *Postępy w Ochronie Roślin*, 2, 2007, s. 141-148.
10. Mazurkiewicz, J., Solarska, E., Kuzdraliński, A., Muszyńska, M., Wpływ sposobu nawożenia nawy stepowanie toksyn fusaryjnych w pszenicy ozimej, *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, 4, 2010, s.15-17.
11. Michalik, T., Rusin, T., Kisała, J., Nowe trendy w metodach usuwania mikotoksyn z produktów żywnościowych i pasz, *Materiały Jubileuszowej V Ogólnopolskiej Młodzieżowej Konferencji Naukowej Młodzi naukowcy - praktyce rolniczej*, 2009, s. 62-64.
12. Pardo, E., Martin, S., Sanchis, V., Ramos, A., Prediction of fungal growth and ochratoxin A production by *Aspergillus ochraceus* on irradiated barley grain as influence by temperature and water activity, *International Journal of Food Microbiology*, 95, 2004, pp.79-88.
13. Park, B.J., Takatori, K., Sugita-Konishi, Y., Kim, I., Lee, M., Han, D., Chung, K., Hyum, S., Park, J., Degradation of mycotoxins using microwave - included argon plasma at atmospheric pressure, *Surface and Coating Technology*, 201, 2007, pp. 5733-5737.
14. Piva, G., Galvano, F., Pietri, A., Piva, A., Detoxification methods of aflatoxins A review, *Nur. Res.*, 5, 1993, pp. 1-7.
15. Podolska, G., Czynniki wpływające na zanieczyszczenie zbóż mikotoksynami, *Wieś Jutra*, 2, 2013, s. 31-32.
16. Pokrzywa, P., Cieślak, E., Topolska, K., Ocena zawartości w wybranych produktach spożywczych, *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, nr 3, 2007, s.136-146.
17. Postupolski, J., Rybińska, K., Ledzion, E., Kurpińska-Jaworska, J., Szczęsna, M., Karłowski, K., Badania monitoringowe w zakresie oznaczania poziomu toksyn T-2 i HT-2 w przetworach zbożowych, *Rocznik PZH*, 4, 2008, s. 429-435.
18. Rybińska, J., Postupolski, J., Ledzion, E., Kurpińska-Jaworska, J., Szczęsna, M., Programy monitoringowe realizowane przez państwową inspekcję sanitarną w zakresie zanieczyszczenia wybranych środków spożywczych mikotoksynami, *Rocznik PZH*, 1, 2008, s.1-7.
19. Saleemullah, A., Aflatoxin contents of stored and artificially inoculated cereals and nuts, *Food Chemistry*, 98, 2006, pp. 699-703.
20. Solarska, E., Kuzdraliński, A., Wójcik, W., Targoński, Z., Mykotoksyny w pszenicy ozimym uprawianym w ekologicznym systemie produkcji, *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, 4, 2010, s.102-107.
21. Soroka, P.M., Cyprowski, M., Szadkowska-Stańczyk, I., Narażenie zawodowe na mikotoksyny w różnych gałęziach przemysłu, *Medycyna Pracy*, 4, 2008, s. 333-345.
22. Stanisławczyk, R., Rudy, M., Świątek, B., Występowanie mikotoksyn w zbożach i przetworach zbożowych znajdujących się w placówkach handlowych Województwa Podkarpackiego, *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 6, 2010, s. 58-66.

23. Sweeney, M., Dobson, A., Mycotoxin production by *Aspergillus*, *Fusarium* and *Penicillium* Species, *Food Microbiol*, 43, 1991, pp. 141-158.
24. Tomczak, M., Wiśniewska, H., Stępień, Ł., Kosecki, M., Chełkowski, J., Goliński, P., Deoxynivalenol, nivalenol and monilidoemin in wheat *Smales* whit head blight symptoms in Poland(1998-2000), *European Journal of Plant Pathology*, 108, 2002, pp. 625-630.
25. Wolny-Koładka, K., Grzyby z rodzaju *Fusarium* - występowanie, charakterystyka i znaczenie w środowisku, *Kosmos –problemy nauk biologicznych*, 4, 2014, s. 623-633.