

Katarzyna Anna Kluczyńska

Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu, Wydział Towaroznawstwa, Katedra
Przyrodniczych Podstaw Jakości
katarzyna.kluczynska@ue.poznan.pl

**ANTAGONISTYCZNE ODDZIAŁYWANIE
IZOLATÓW BAKTERII FERMENTACJI
MLEKOWEJ ZE ŚRODOWISKA NATURALNEGO
WOBEC TOKSYNOTWÓRCZYCH GRZYBÓW
Z RODZAJU *FUSARIUM***

Streszczenie: Celem badań było określenie wpływu naturalnych izolatów bakterii kwasu mlekowego na wzrost i rozwój grzybni powietrznej toksynotwórczych grzybów strzępkowych z rodzaju *Fusarium*, co w konsekwencji może prowadzić do zmniejszenia produkcji mikotoksyn. Szczególne zagrożenie dla zdrowia i życia ludzi, a także zwierząt, stanowią pleśnie z rodzaju *Fusarium*, *Aspergillus* i *Penicillium*, wytwarzające mikotoksyny. Są to wtórne metabolity grzybów, pośród których najgroźniejsze są fumonizyny, trichoteceny i zearalenon o właściwościach między innymi mutagennych i kancerogennych [D'Mello, Placinta i Macdonald 1999]. Pleśnie z rodzaju *Fusarium*, *Aspergillus* i *Penicillium* odpowiedzialne są za straty ekonomiczne upraw zboża, żywności, a także hodowli zwierząt [Heredia, Weasley i Garcia 2009; Seńczuk 2005]. Grzyby te powszechnie występują w uprawach, a produkowane metabolity przedostają się do pasz i żywności. Tymczasem według panujących we współczesnym świecie trendów konsument skłania się ku produktom naturalnym, a tym samym coraz mniej popularne staje się stosowanie chemicznych konserwantów. Zwalczanie grzybów strzępkowych jest niemałym wyzwaniem, dlatego na całym świecie poszukiwane są różne możliwości, w tym kontrola biologiczna. Obserwuje się większe zainteresowanie wykorzystaniem mikroorganizmów o właściwościach fungistatycznych. Bakterie wykazujące działanie hamujące rozwój pleśni chorobotwórczych mogłyby znaleźć szerokie zastosowanie w różnych gałęziach przemysłu, między innymi jako biokonserwanty w żywności i środki ochrony roślin.

Doświadczenia wykonane w Laboratorium Biochemii i Mikrobiologii Katedry Przyrodniczych Podstaw Jakości Wydziału Towaroznawstwa Uniwersytetu Ekonomicznego w Poznaniu potwierdziły fungistatyczne oddziaływanie bakterii kwasu mlekowego wobec badanych pleśni z rodzaju *Fusarium*.

Słowa kluczowe: bakterie mlekowe, mikotoksyny, pleśnie toksynotwórcze, właściwości fungistatyczne.

Klasyfikacja JEL: I12, I19, P46.

ANTAGONISTIC IMPACT OF LACTIC ACID BACTERIA ISOLATES FROM THE NATURAL ENVIRONMENT ON THE GROWTH OF TOXIGENIC FUNGI OF THE *FUSARIUM* GENUS

Abstract: The aim of this study is to determine the influence of lactic acid bacteria (LAB) isolates on the growth and degradation of the mycelium of selected toxin-producing fungi, which may lead to a reduction in the production of mycotoxins. Moulds of the *Fusarium*, *Aspergillus* and *Penicillium* genus pose a particular risk to the life and health of both people and animals because they produce mycotoxins. These are secondary metabolites of the fungi, the most dangerous of which include fumonisins, trichothecenes and zearalenone because of their mutagenic and carcinogenic properties. Toxigenic moulds are responsible for economic losses in crops, grain, food and livestock. These fungi are commonly found in crops, while the metabolites produced by them end up in animal feed and food. The modern trend among consumers is to choose organic products. As a result, chemical preservatives are becoming less and less popular and there is a greater interest in using microorganisms to reduce the growth of fungi. Bacteria exhibiting an inhibitory effect on the growth of pathogenic moulds could be widely used in various industries as biopreservatives and plant protection products.

Experiments conducted in the Biochemistry and Microbiology laboratory in the Faculty of Commodity Science at the Poznań University of Economics confirmed the fungistatic influence of LAB on the growth of the analysed *Fusarium* moulds.

Keywords: lactic acid bacteria, mycotoxins, toxigenic moulds, fungistatic properties.

Wstęp

Bezpieczeństwo żywności i pasz jest jednym z najważniejszych kryteriów ich jakości. Zagrożenia mikrobiologiczne żywności są znaczącym problemem dzisiejszych czasów. Oprócz bakterii poważnym zagrożeniem dla zdrowia i życia zarówno ludzi, jak i zwierząt jest obecność w żywności i paszach grzybów strzępkowych, a w szczególności wytwarzanych przez nie mikotoksyn. Grzyby toksynotwórcze są wszechobecne na całym świecie. Niebezpieczeństwo spowodowane rozwojem tych pleśni wiąże się nie tylko z produkcją mikotoksyn, ale także z wydzielaniem związków lotnych, które

wykazują właściwości silnie aromatyczne i są szkodliwe dla ludzi. Ponadto grzyby strzępkowe zaliczane są do podstawowej grupy alergenów inhalacyjnych [Bogacka 2008; D'Mello, Placinta i Macdonald 1999]. Metabolity produkowane przez pleśnie stanowią duże zagrożenie, ponieważ oprócz powodowania strat pasz i żywności, są one silnie toksyczne, a niektóre nawet rakotwórcze. Przy długotrwałym narażeniu organizmu gospodarza na działanie mikotoksyn już małe ilości tych substancji mogą mieć właściwości kancerogenne, teratogenne, immunotoksyczne, neurotoksyczne czy też mutagenne. Powodowane jest to między innymi predyspozycjami do ich kumulowania w organizmie [D'Mello, Placinta i Macdonald 1999].

Powierzchnię żywności i płodów rolnych zasiedlają zróżnicowane gatunki drobnoustrojów. Najczęściej dochodzi do porażenia kukurydzy, orzechów czy też ziarna zbóż pleśniami z rodzaju *Fusarium*, *Penicillium* i *Aspergillus*. W warunkach sprzyjających rozwojowi grzyby strzępkowe uszkadzają rośliny od wewnątrz, pozwalając tym samym mikroflorze powierzchniowej na głębszą penetrację. Wysoki poziom szkód wyrządzanych przez te mikroorganizmy powodowany jest między innymi wytwarzaniem licznych konidów, co umożliwia grzybom obfite rozprzestrzenianie się z deszczem czy też wiatrem. Pleśnie powodujące skażenie poprzez produkcję mikotoksyn stanowią zagrożenie w trakcie: wzrostu rośliny, magazynowania, transportu i produkcji [Gołębiewska 1986; Schlegel 2005; Laitila i in. 2002; Acosta Aragon i in. 2011]. Spotęgowany wzrost grzybów strzępkowych odnotować można w sprzyjających warunkach klimatycznych, zwłaszcza podczas wilgotnej i ciepłej pogody. Produkcja mikotoksyn przez pleśnie następuje w warunkach stresu środowiskowego, gdy występują zmiany temperatur, dostępności tlenu, wilgotności, ale także w przypadku działania substancji agresywnych w stosunku do grzybów. Żeby skutecznie zapobiegać rozwojowi grzybów, stosowane są zabiegi prewencyjne. Jednak przeciwdziałanie rozwojowi grzybów strzępkowych czy też eliminacja mikotoksyn z pasz i żywności powinny przebiegać wielopłaszczyznowo [Gratz i in. 2004]. Nieznaczną skuteczność ma proces monitoringu badań skażenia ziarna i żywności przed zbiorem. Obiecujące wyniki właściwości fungistatycznych mikroorganizmów uzyskiwane są poprzez wprowadzanie dodatków ściśle wyselekcjonowanych szczepów bakteryjnych, między innymi bakterii fermentacji mlekowej czy też propionowej. Eliminacja wzrostu grzybów pleśniowych i dekontaminacja mikotoksyn może także nastąpić poprzez uzupełnianie pasz, kiszzonek paszowych czy też żywności o dodatki stymulujące rozwój odpowiedniej mikroflory [Acosta Aragon i in. 2011; Dalié, Deschamps i Richard-Forget 2010; Heredia, Weasley i Garcia 2009;

Wojtatowicz, Stempniewicz i Żarowska 2009]. W ostatnich latach obserwuje się wzrost zainteresowania biologicznymi metodami w ochronie roślin, między innymi wykorzystaniem mikroorganizmów posiadających właściwości fungistatyczne. Poszukuje się zatem drobnoustrojów wykazujących zdolność hamowania grzybów, które mogłyby konkutować z chemicznymi środkami ochrony roślin lub wspomagać ich działanie, prowadząc jednocześnie do ograniczenia stosowania związków chemicznych. Najczęściej aktywne mikroorganizmy izolowane są ze środowiska naturalnego [Piotrowska 2012; Dalié, Deschamps i Richard-Forget 2010].

Bakterie mlekowe stanowią grupę rozpowszechnionych mikroorganizmów, które są wykorzystywane na szeroką skalę jako naturalne środki o właściwościach konserwujących. Bakterie te posiadają status GRAS (*generally recognised as safe*), co oznacza, że są zaliczane do bezpiecznych dla zdrowia konsumenta, a to w dużym stopniu stanowiło podstawę ich wyboru do badań. Ponadto mikroorganizmy te cechuje zdolność do produkcji licznych metabolitów o właściwościach przeciwdrobnoustrojowych, takich jak kwasy organiczne, bakteriocyny i nadtlenek wodoru. Ponieważ nie wszystkie bakterie kwasu mlekowego mają te same cechy, obecnie na świecie prowadzone są liczne prace badawcze nad poszukiwaniem szczepów charakteryzujących się określonymi właściwościami, takimi jak szeroki zakres aktywności antagonistycznej względem patogennych mikroorganizmów, w tym grzybów strzępkowych [Muhialdin, Hassan i Sadon 2011; Dalié, Deschamps i Richard-Forget 2010; Laitila i in. 2002; Schlegel 2005].

1. Problem występowania mikotoksyn

Mikroorganizmy patogenne wraz z ich toksycznymi metabolitami są znaczącym problemem w aspekcie kontaminacji żywności i pasz. Istnieje kilka metod wykorzystywanych do redukcji rozwoju pleśni toksynotwórczych, a tym samym zwalczania wytwarzania mikotoksyn. Niestety, większość z nich nie spełnia oczekiwanych rezultatów. Dobre praktyki agronomiczne utrzymujące zboża i żywność w dobrostanie zmniejszają czynniki ryzyka, jednak jest to redukcja, a nie eliminowanie zawartości mikotoksyn w uprawach. Aby efektywnie zapobiegać wzrostowi grzybów, należy prowadzić zabiegi prewencyjne, nie jest to jednak łatwe, ponieważ na wzrost pleśni wpływ mają czynniki niezależne od człowieka. Zapobieganie i działania eliminujące lub ograniczające szkodliwość mikotoksyn należą do procesów bardzo skomplikowanych. Mikotoksyny należą do substancji niskocząsteczkowych, a także

ciepłostabilnych. Oznacza to, że procesy obróbki termicznej są nieskuteczne w ich usuwaniu. Słabą skuteczność ma monitoring badań skażenia przed zbiorem. Próby wyhodowania odmian zboża odpornego na porastanie grzybami toksynotwórczymi także nie przynoszą oczekiwanych rezultatów. Obiecujące wyniki natomiast można uzyskać poprzez wprowadzanie dodatków ściśle wyselekcjonowanych szczepów bakteryjnych przy produkcji na przykład kiszonek paszowych. Mikroorganizmy antagonistyczne mogą hamować rozwój grzybów, a tym samym zredukować zanieczyszczenie mikotoksynami płodów rolnych. Zmniejszanie ilości lub dostępności mikotoksyn poprzez dekontaminację kiszonek paszowych może nastąpić również w przypadku uzupełniania ich w dodatki stymulujące rozwój odpowiedniej mikroflory [Acosta Aragon i in. 2011; Laitila i in. 2002; Muhialdin, Hassan i Sadon 2011; Dalié, Deschamps i Richard-Forget 2010].

Biorąc pod uwagę zagrożenia mikrobiologiczne powodowane występowaniem grzybów strzępkowych, jednym z możliwych rozwiązań jest zastosowanie bakterii fermentacji mlekowej. Bakterie te, poddane odpowiedniej selekcji, mogą spełniać założone oczekiwania i przeciwdziałać rozwojowi pleśni toksynotwórczych, jak i ich metabolitów.

2. Materiał badawczy i metody badań

Materiał do badań stanowiło 45 izolatów bakterii fermentacji mlekowej, które pochodziły ze środowiska naturalnego. Bakterie namnażano i przechowywano z wykorzystaniem bulionu MRS (de Man, Rogosa i Sharp Broth, BIOCORP). Bakterie mlekowe hodowano w warunkach anaerobowych przez 48 godz. w temperaturze 37°C.

W pracy oceniono właściwości fungistatyczne bakterii mlekowych wobec grzybów toksynotwórczych z rodzaju *Fusarium*. Do badań wykorzystano cztery szczepy pleśni: *F. avenaceum*, *F. culmorum*, *F. graminearum* i *F. oxysporum* [Laitila i in. 2002]. Grzyby strzępkowe wykorzystane w doświadczeniach namnażano bezpośrednio przed wykonaniem badań, wykorzystując podłoże PDA (Potato Dextrose Agar wykonane z wywaru ziemniaczanego). Inkubacja przeprowadzana była w temperaturze około 20°C. Czas trwania inkubacji wynosił 10 dni.

Oznaczanie antagonistycznego oddziaływania izolatów bakterii mlekowych przeprowadzane było metodą studzienkową. W metodzie tej inokulum stanowiły zawiesiny zarodników poszczególnych pleśni z rodzaju *Fusarium* przygotowywane poprzez wytrząsanie w 0,85% roztworze NaCl. Następnie

metodą zalewową dokonywano posiewów z wykorzystaniem pożywki PDA na płytce Petriego o średnicy 90 mm. W kolejnym kroku z zestawionego podłoża jałowym korkoborem wycinano studzienki o średnicy 10 mm. Bakterie fermentacji mlekowej po 48 godz. inkubacji wprowadzano do studzienek w postaci posiewów hodowli w ilości 0,1 ml do każdej. Metodyka oznaczania antagonistycznych własności bakterii była określana na podstawie pracy J. Magnussona i J. Schnüera [2001]. Inkubacji dokonywano w warunkach tlenowych w temperaturze ok. 20°C przez okres 10 dni. Oznaczenia dokonywano w dwóch powtórzeniach. Odczyt wyników wykonywano poprzez zmierzenie średnicy stref zahamowanego lub ograniczonego wzrostu pleśni wskaźnikowych, uwzględniając studzienkę o średnicy 10 mm.

3. Wyniki badań i ich omówienie

Uzyskane wyniki badań antagonistycznego oddziaływania izolatów bakterii kwasu mlekowego pochodzących z naturalnego środowiska dowodzą ich hamującego wpływu względem wybranych toksynotwórczych pleśni. Na podstawie przeprowadzonych doświadczeń zaobserwowany został zróżnicowany wpływ badanych bakterii w stosunku do wzrostu wybranych czterech szczepów grzybów strzępkowych z rodzaju *Fusarium*. Wyniki fungistatycznego oddziaływania w wysokim stopniu zależne były od gatunku pleśni, ale także od rodzaju izolatu bakterii mlekowych. Pośród 45 zastosowanych bakterii wybrano i zestawiono wyniki 21 izolatów wykazujących najskuteczniejsze hamowanie rozwoju wybranych grzybów (tabela 1). Odnotowano zarówno mierzalny wpływ hamujący na wzrost wybranych pleśni (podany w milimetrach), jak i wyszczególniono strefy oddziaływania jedynie wobec grzybnii powietrznej (+). Wybór 21 szczepów do zestawienia podyktowany był wysoką skutecznością oddziaływania na wzrost badanych grzybów pleśniowych, pozostałe 24 szczepy bakterii wykazywały niską aktywność antagonistyczną. Wyniki przedstawione w tabeli 1 stanowią średnie z dwóch powtórzeń pomiarów średnicy stref zahamowanego lub ograniczonego wzrostu pleśni przy uwzględnieniu studzienki o średnicy 10 mm.

Najefektywniej fungistatycznie oddziałującymi badanymi izolatami bakterii mlekowych były: KK01–KK03, KK08, KK10–KK12, KK15, KK17, KK19–KK22, KK24, KK31–KK33, KK39, KK43–KK45. Wyniki wykazują, że największą wrażliwość na metabolity bakterii fermentacji mlekowej pośród badanych mikroorganizmów wykazywały gatunki *Fusarium avenaceum* oraz *Fusarium oxysporum*. Wzrost tych pleśni wokół studzienek został

Tabela 1. Fungistatyczne oddziaływanie wybranych bakterii mlekowych wobec wzrostu wyselekcjonowanych pleśni z rodzaju *Fusarium* (mm)

Numer izolatu bakterii mlekowych	<i>Fusarium avenaceum</i>	<i>Fusarium culmorum</i>	<i>Fusarium graminearum</i>	<i>Fusarium oxysporum</i>
KK01	13,0	+	0,0	11,5
KK02	14,0	+	0,0	+
KK03	12,5	+	0,0	14,5
KK08	+	+	0,0	13,5
KK10	0,0	0,0	0,0	15,0
KK11	0,0	+	0,0	12,0
KK12	0,0	+	0,0	13,0
KK15	+	+	0,0	13,5
KK17	16,0	+	0,0	+
KK19	13,5	+	0,0	14,0
KK20	13,0	+	0,0	12,0
KK21	13,0	+	0,0	13,5
KK22	11,5	+	0,0	14,5
KK24	+	+	0,0	14,5
KK31	13,5	+	0,0	+
KK32	13,5	+	0,0	+
KK33	13,0	+	0,0	12,0
KK39	14,0	+	0,0	0,0
KK43	15,0	0,0	0,0	0,0
KK44	15,5	+	0,0	+
KK45	14,0	+	0,0	11,5

Legenda: „+” strefa zdegradowanego wzrostu grzybni powietrznej

Źródło: Badania własne.

zahamowany na zbliżonym poziomie. Izolaty bakterii mlekowych KK17, KK43, KK44 wykazały najsilniejszą aktywność antagonistyczną wobec pleśni *F. avenaceum*. Średnia wartość stref zahamowanego wzrostu wyszczególnionych trzech najaktywniej oddziałujących izolatów bakterii mlekowych wynosiła od 15,0 do 16,0 mm. W przypadku szczepu *F. oxysporum*, najwyższe właściwości fungistatyczne wykazywały izolaty bakterii fermentacji mlekowej KK03, KK10, KK22 oraz KK24. Wielkość stref zahamowania wzrostu tego szczepu pleśni w przypadku wyżej wymienionych czterech izolatów wynosiła od 14,5 do 15,0 mm.

W przypadku pleśni *F. culmorum* zaobserwowano wpływ degradujący grzybnię powietrzną, której funkcją jest rozmnażanie, co w konsekwencji może prowadzić do częściowego spowolnienia lub hamowania tego procesu. Zaobserwowano zarówno zmianę barwy, jak i struktury grzybni, spowolniony został również jej wzrost wokół studzienek. Nie zaobserwowano natomiast mierzalnych stref zahamowania wzrostu pleśni.

Niewrażliwy na działanie bakterii kwasu mlekowego okazał się gatunek *Fusarium graminearum*. Żaden z 45 badanych izolatów nie wpłynął hamująco na rozwój tego mikroorganizmu. Nie zaobserwowano również działania antagonistycznego na wzrost, barwę czy też strukturę grzybni powietrznej.

Szerokim spektrum oddziaływania wobec badanych czterech szczepów pleśni wykazały się bakterie o numerach izolatów KK01, KK03, KK19, KK20, KK21, KK22, KK33, KK45. Izolaty te wykazały aktywność antagonistyczną wobec rozwoju trzech z czterech badanych grzybów strzępkowych. Zaobserwowano zarówno zahamowanie rozwoju poszczególnych pleśni, jak i degradujący wpływ na grzybnię powietrzną.

Podsumowanie i dyskusja

W świetle danych ze światowej literatury tematycznej informacje o antagonistycznym wpływie bakterii fermentacji mlekowej na toksynotwórcze grzyby strzępkowe, będące zanieczyszczeniem żywności i ziarna, zostały potwierdzone badaniami laboratoryjnymi. Doświadczenia dowodzą, że wiele wybranych izolatów bakterii mlekowych wykazywało fungistatyczną aktywność wobec badanych pleśni z rodzaju *Fusarium*. Wyniki zależały w znacznym stopniu od poszczególnych izolatów bakterii mlekowych oraz od gatunku grzyba. Najwyższą wrażliwością na działanie metabolitów produkowanych przez bakterie kwasu mlekowego charakteryzowały się gatunki *F. avenaceum* i *F. oxysporum*. Liczne publikacje podkreślają antagonistyczny wpływ bakterii fermentacji mlekowej. Niezależne doświadczenia potwierdzają hamujące oddziaływanie bakterii kwasu mlekowego względem wielu grzybów z rodzaju *Fusarium*, co jest zgodne z otrzymanymi wynikami badań. Wyniki badań antagonistycznego oddziaływania bakterii mlekowych wobec grzybów z rodzaju *F. oxysporum* są tożsame z efektem prac prowadzonych przez H.A. Hamed., Y.A. Moustafa i S.M. Abdel-Aziz [2011]. A. Laitila i in. [2002] w swoich badaniach ukazują aktywność fungistatyczną bakterii *Lactobacillus plantarum* wobec pleśni z rodzaju *Fusarium*. Doświadczenia te wykazują brak wrażliwości grzybów strzępkowych

F. graminearum na metabolity badanych bakterii mlekowych. Wyniki badań zawarte w tej publikacji potwierdzają określoną aktywność fungistatyczną izolatów bakterii mlekowych, a przeprowadzone badania – skuteczność wykorzystania bakterii fermentacji mlekowej jako czynnika hamującego wzrost grzybów strzępkowych, co w konsekwencji może zapobiegać wytwarzaniu mikotoksyn. Wyniki te, połączone z obecną wiedzą na temat umiejętności skutecznej detoksykacji mikotoksyn przez bakterie mlekowe, czynią tę grupę mikroorganizmów bardzo obiecującą jeśli chodzi o wykorzystanie w procesie eliminacji tych metabolitów [Laitila i in. 2002; Niderkorn, Boudra i Morgavi 2006; Dalié, Deschamps i Richard-Forget 2010; Hamed i in. 2011]. W pracy przeglądowej, D. Dalié, A.M. Deschamps i F. Richard-Forget [2010] wskazują na możliwości wykorzystania poszczególnych rodzajów bakterii mlekowych w kontekście ograniczania rozwoju zarówno pleśni, jak i samych mikotoksyn. Zestawienie tych autorów zawiera informacje na temat skutecznej detoksykacji i wiązania mikotoksyn przez bakterie kwasu mlekowego.

W dalszej perspektywie planowane są badania genetyczne mające na celu identyfikację szczepów bakterii mlekowych (KK) o najwyższej aktywności fungistatycznej. Wyselekcjonowane szczepy wykazujące najszerzy zakres działania antagonistycznego, scharakteryzowane pod względem aktywności biologicznej i zweryfikowane fenotypowo oraz genetycznie, będą mogły być materiałem do tworzenia i komponowania biopreparatów działających wielokierunkowo i obejmujących szeroki zakres możliwości praktycznego wykorzystania. Plany doświadczalne obejmują również badania określające zdolność do wiązania mikotoksyn przez badane bakterie. Wykonane testy pozwalają przypuszczać, że wyizolowane szczepy z kiszonek i sianokiszonek z powodzeniem mogą być stosowane jako biokomponenty do stworzenia multifunkcjonalnego preparatu dla zwierząt. Produkt taki cechowałyby właściwości zarówno fungistatyczne, jak i detoksykujące. Finalnym etapem badań będzie określenie aktywności antagonistycznej izolatów badanych bakterii *in situ*.

Bibliografia

- Acosta Aragon, Y.A., Rodrigues, I., Hofstetter, U., Binder E.M., 2011, *Micotoxins in Silages: Occurrence and Prevention*, Iranian Journal of Applied Animal Science, vol. 1, no. 1, s. 110.

- Bogacka, E., 2008, *Alergia na grzyby pleśniowe: diagnostyka i leczenie*, Polski Merkuriusz Lekarski XXIV, Suplement 1, s. 11–14.
- D'Mello, J.P.F., Placinta, C.M., Macdonald, A.M.C., 1999, *Fusarium Mycotoxins: A Review of Global Implications for Animal Health, Welfare and Productivity*, Animal Feed Science and Technology, vol. 80, s. 183–205.
- Dalié, D.K.D, Deschamps, A.M., Richard-Forget, F., 2010, *Lactic Acid Bacteria – Potential for Control of Mould Growth and Mycotoxins: A Review*, Food Control, vol. 21, iss. 4, s. 370–380.
- Gołębiewska, J., 1986, *Mikrobiologia rolnicza*, Państwowe Wydawnictwa Rolnicze i Leśne, Warszawa, s. 235–237.
- Gratz, S., Mykkänen, H., Ouwehand, A.C., Juvonen, R., Salminen, S., El-Nezami H., 2004, *Intestinal Mucus Alters the Ability of Probiotic Bacteria to Bind Aflatoxin B₁ in vitro*, Applied and Environmental Microbiology, vol. 70, no. 10, s. 6306–6308.
- Hamed, H.A., Moustafa, Y.A., Abdel-Aziz, S.M., 2011, *In vivo Efficacy of Lactic Acid Bacteria in Biological Control against Fusarium oxysporum for Protection of Tomato Plant*, Life Science Journal, vol. 8, no. 4, s. 462–468.
- Heredia, N., Wesley, I., García, S., 2009, *Microbiologically Safe Foods*, John Wiley & Sons, New Jersey.
- Laitila, A., Alakomi, H.-L., Raaska, L., Mattila-Sandholm, T., Haikara, A., 2002, *Antifungal Activities of Two Lactobacillus plantarum Strains against Fusarium moulds in vitro and in Malting of Barley*, Journal of Applied Microbiology, no. 93, s. 566–576.
- Magnusson, J., Shnürer, J., 2002, *Lactobacillus Coryniformis Subsp. Coryniformis Strain Si3 Produces a Broad-Spectrum Proteinaceous Antifungal Compound*, Applied and Environmental Microbiology, vol. 67, no. 1, s. 1–5.
- Muhialdin, B.J., Hassan, Z., Sadon, S. Kh., 2011, *Biopreservation of Food by Lactic Acid Bacteria Against Spoilage Fungi*, Annals. Food Science and Technology, vol. 12, iss. 1, s. 45–57.
- Niderkorn, V., Boudra, H., Morgavi, D.P., 2006, *Binding of Fusarium Mycotoxins by Fermentative Bacteria in vitro*, Journal of Applied Microbiology, vol. 101, iss. 4, s. 849–856.
- Seńczuk, W., 2005, *Toksykologia współczesna*, Wydawnictwo Lekarskie PZWL.
- Schlegel, H.S., 2005, *Mikrobiologia ogólna*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Piotrowska, M., 2012, *Wykorzystanie mikroorganizmów do usuwania mikotoksyn z żywności i pasz*, Postępy Mikrobiologii, t. 51, nr 2, s. 109–119.
- Wojtatowicz, M., Stempniewicz, R., Żarowska, B., 2009, *Mikrobiologia żywności, Teoria i ćwiczenia*, Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu, Wrocław.