

- ¹Katedra Higieny Zwierząt i Środowiska, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, ul. Akademicka 13, 20-950 Lublin, e-mail: bozena.nowakowicz@up.lublin.pl
- ²Katedra Podstaw Techniki, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, ul. Głęboka 28, 20-612 Lublin
- ³Studenckie Koło Naukowe Ochrony Środowiska, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

BOŻENA NOWAKOWICZ-DEBEK¹, ŁUKASZ WLAZŁO¹,
HALINA PAWLAK², HANNA BIS-WENCEL¹, JUSTYNA MARTYNA¹,
SYLWIA PALUCH³, KAROLINA MISZTAL³

Ozonowanie zbóż wykorzystywanych w żywieniu zwierząt

The ozone disinfection treatment of cereal grain used in animal nutrition

Streszczenie. Obowiązujące przepisy obligują producentów do wytwarzania pasz wysokiej jakości oraz dostosowania ich do zróżnicowanego zapotrzebowania żywieniowego zwierząt. Celem pracy była ocena wykorzystania ozonu do redukcji zanieczyszczeń mikrobiologicznych podczas przechowywania zbóż. Próbki ziaren grupy doświadczalnej poddano procesowi ozonowania, a próbę kontrolną stanowiło zboże niepoddane ozonowaniu. Uzyskane wyniki badań dezynfekcji ozonem potwierdzają jego wysoką aktywność wobec mikroorganizmów występujących na powierzchni ziaren zbóż. Na skuteczność zabiegu dezynfekcji ozonem wpływa rodzaj ziarna poddanego ozonowaniu i czas ekspozycji. Najwyższy wskaźnik redukcji bakterii uzyskano dla pszenżyta już po 45 minutach ozonowania, a grzybów pleśniowych i drożdży po 30 minutach. Uzyskane wyniki potwierdzają zasadność wykorzystania ozonu do dezynfekcji ziarna zbóż.

Słowa kluczowe: pszenica, pszenżyto, jęczmień, dezynfekcja, ozonowanie

WSTĘP

W ostatnich latach zwraca się coraz większą uwagę na bezpieczeństwo żywności, w tym jakość i bezpieczeństwo pasz podawanych zwierzętom. Obowiązujące przepisy obligują producentów do wytwarzania pasz wysokiej jakości oraz dostosowania ich do zróżnicowanego zapotrzebowania żywieniowego zwierząt. Pasze nie powinny zawierać pozostałości wpływających negatywnie na zdrowie zwierząt czy bezpieczeństwo produktów zwierzęcego pochodzenia [Zawadzki 2008, Biernasiak i in. 2012, Piotrowska 2012]. Czystość mikrobiologiczna surowców stała się wyznacznikiem ich jakości, tak jest również w przypadku zbóż. Skład mikroflory wpływa na trwałość, wartość technologiczną oraz bezpieczeństwo zdrowotne zarówno zboża, jak i jego przetworów. Jest to szczególnie istotne, gdyż w Polsce ponad 70% plonów zbożowych przeznacza się na pasze dla zwierząt. W ostatnich latach przykłada się coraz większą wagę do produkcji żywności

ekologicznej, gdzie ogranicza się lub całkowicie wyklucza użycie środków ochrony roślin. Mikroflorę zboża różnicuje się na mikroflorę polową (epifityczną), gdzie ziarno ulega zakażeniu w warunkach polowych, i mikroflorę wglębną, która rozwija się podczas przechowywania ziarna. Drobnoustroje epifityczne bytują zazwyczaj na powierzchni ziarna, rzadko w nie wnikają i uszkadzają. Do tej grupy zalicza się bakterie, drożdże i grzyby, których źródłem są gleba, pył, woda, nawozy organiczne czy odchody zwierząt. Bakterie zakażające ziarno na polu to m.in.: *Alcaligenes*, *Agrobacterium*, *Arthrobacter*, *Bacillus*, *Flavobacterium*, *Pseudomonas*, G(-) szczepy *Achromobacter*, *Acinetobacter*, *Azotobacter*, *Moraxella* oraz G(+) szczepy *Micrococcus*, *Mycobacterium*, *Streptococcus* i *Streptomyces*. Wśród izolowanych gatunków znajdują się również szczepy patogenne, stanowiące potencjalne zagrożenie dla zdrowia, takie jak *Clostridium perfringens*, *Clostridium botulinum*, *Escherichia coli*, *Salmonella* spp. Podczas prawidłowego magazynowania zboża, gdy jego wilgotność ulega zmniejszeniu, większość bakterii wymiera, a ich ilość redukuje się do 1000 jtk/g [Zawadzki 2008, Broda i Grajek 2009, Biernasiak i in. 2012].

Błędy przechowalnicze, wzrost wilgotności czy samonagrzewanie się zbóż może doprowadzić do namnożenia się żywych mikroorganizmów, w tym do nagłego rozwoju flory grzybiczej. Może to skutkować nagromadzeniem mikroorganizmów i ich metabolitów w materiale zbożowym. W związku z tym szuka się alternatywnych metod oczyszczania ziarna z zanieczyszczeń mikrobiologicznych, aby zapewnić zarówno zwierzętom, jak i konsumentom maksymalne bezpieczeństwo, natomiast producentom zmniejszenie kosztów produkcji i magazynowania ziaren [Broda i Grajek 2009, Biernasiak i in. 2012].

Celem pracy była ocena wykorzystania ozonu do redukcji zanieczyszczeń mikrobiologicznych podczas przechowywania wybranych ziaren zbóż (pszenica, pszenżyto i jęczmień).

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

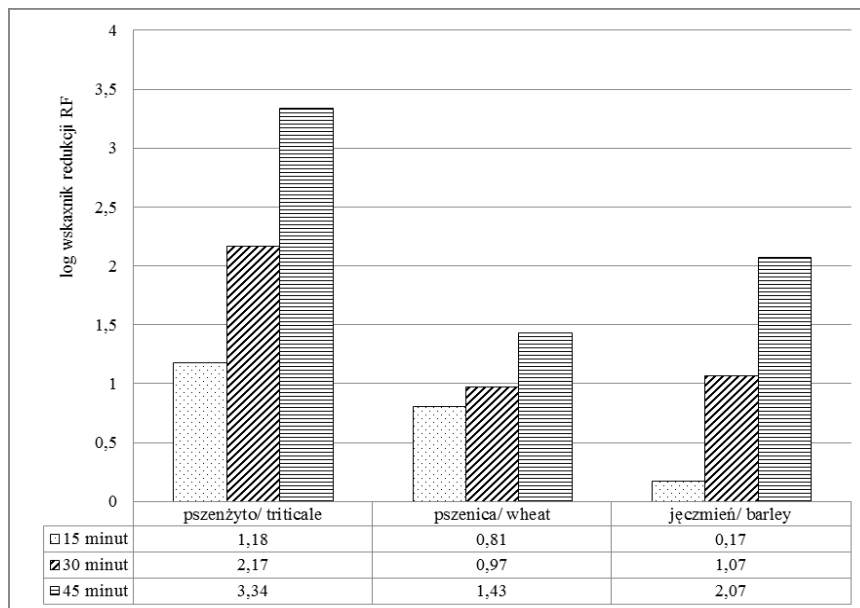
Materiał do badań stanowiło ziarno pszenicy, pszenżyta i jęczmienia. Próbkę zbiorczą o masie 500 g poddano ozonowaniu z użyciem generatora. Stężenie ozonu na wyjściu z generatora wg danych producenta wynosiło 2,8–3,2 G/h. Następnie odważono 3 próby po 20 ±0,1 g pszenżyta, pszenicy, jęczmienia i umieszczano je w sterylnym pojemniku. Próbę kontrolną stanowiło zboże niepoddane ozonowaniu. Przygotowane w ten sposób próbki umieszczano w butelkach zawierających jałowy płyn do rozcieńczeń i homogenizowano. Następnie wykonano z nich seryjne rozcieńczenia dziesiętne, które zostały użyte do wykonania posiewów na uprzednio przygotowane sterylne podłoża mikrobiologiczne. Posiewy wykonano na pożywce Sabouroda oraz agarze odżywczym dla każdego rodzaju ziarna z uwzględnieniem czasu ozonowania [PN-R-64791:1994]. Płytki do oznaczenia ogólnej liczby bakterii inkubowano odpowiednio w 37, 25 i 4°C, a do oznaczenia ogólnej liczby grzybów w temperaturze 25°C. Poszczególne kolonie grzybów zidentyfikowano z wykorzystaniem klucza do identyfikacji grzybów strzępkowych Watanabe [2010]. Oznaczenia wykonano w trzech powtórzeniach, a wyniki przedstawiono jako średnią, wyrażającą ilość bakterii i grzybów w postaci jednostek tworzących kolonie w odniesieniu do 1 g badanego materiału (jtk/g), a także logarytmiczny wskaźnik redukcji RF.

WYNIKI I DYSKUSJA

W trakcie przechowywania ziarna dla zwierząt może dochodzić do wzrostu mikroflory przechowalniczej, a w efekcie do zmiany jego barwy i zapachu. Drobnoustroje podnoszą wówczas temperaturę składowanego zboża do wartości, która umożliwia im swobodny rozwój. W takich warunkach dochodzić może m.in. do hydrolizy tłuszczów zawartych w ziarnie (wzrost kwasowości tłuszczowej), zmian biochemicznych w zbożu (obniżenie wartości odżywczej) i powstania kwaśnego lub gnilnego zapachu. Skutkuje to pogorszeniem jakości surowca [Broda i Grajek 2009, Broda i Leja 2010].

Wyniki przeprowadzonych badań z wykorzystaniem ozonu do dezynfekcji ziaren wykorzystywanych do celów paszowych przedstawiono w tabelach 1–3 i na rysunkach 1–2. Ogólna liczba bakterii przed ozonowaniem kształtowała się na poziomie: dla pszenżyta – 4,7 log jtk/g, pszenicy – 3,9 log jtk/g, jęczmienia – 4,7 log jtk/g.

Skuteczność dezynfekcji zależy od stopnia redukcji mikroorganizmów. W przypadku bakterii redukcja powinna wynosić co najmniej 3 log, co odpowiada 99,9% efektywności biobójczej dezynfektanta [Röhm-Rodowald i in. 2008]. Taki rezultat otrzymano w przypadku pszenżyta już po 45 minutach ozonowania, a logarytmiczny wskaźnik redukcji RF wyniósł 3,34 log. Wynik uzyskany po takim czasie dla pszenicy (RF45 = 1,43) oraz jęczmienia (RF45 = 2,07) odpowiada skuteczności kolejno o co najmniej 90% i 99%. Z wyników tych można wnioskować, że wydłużenie czasu dezynfekcji ozonem ponad 45 minut skutkuje osiągnięciem wymaganej redukcji bakterii.

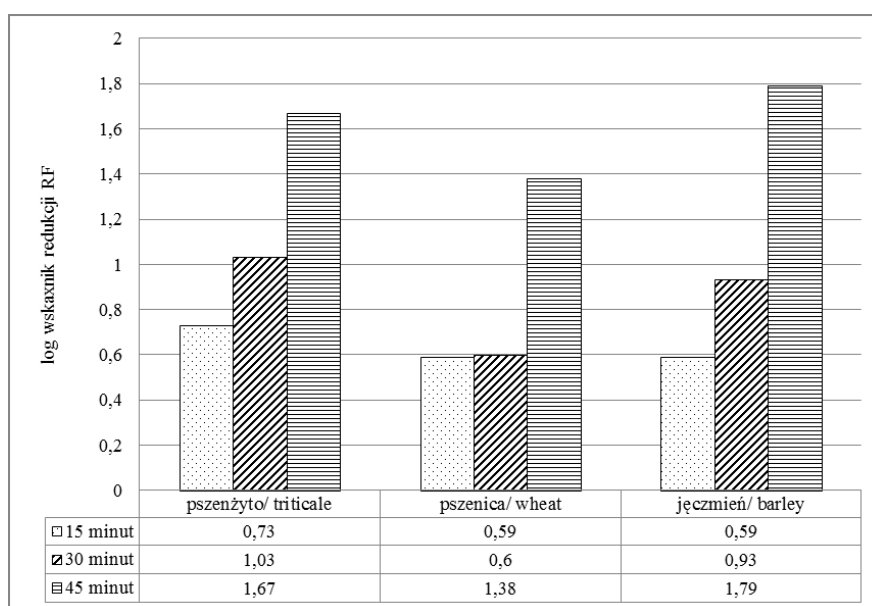


Rys. 1. Skuteczność dezynfekcji ozonem bakterii występujących na ziarnach zbóż
Fig. 1. Effectiveness of ozone disinfection on cereal grain bacteria

Tabela 1. Wpływ ozonowania na liczebność bakterii w zbożach
 Table 1. Effect of ozonation on the number of bacteria in the cereals

| Czas ozonowania Time of ozonation (min) | Ilość bakterii (log jtk) Number of bacteria (log cfu) | | |
|---|--|-------------------|--------------------|
| | pszenżyto triticale | pszenica wheat | jęczmień barley |
| 0 | 4,70 | 3,90 | 4,68 |
| 15 | 3,52 | 3,09 | 4,51 |
| 30 | 2,53 | 2,92 | 3,61 |
| 45 | 1,36 | 2,47 | 2,61 |

Minimalny poziom redukcji grzybów pleśniowych i drożdży powinien wynosić co najmniej 1 log, co stanowi 90% redukcji. Przed ozonowaniem koncentracja grzybów w badanych ziarnach zbóż wynosiła: pszenżyto – 5,43 log jtk/g, pszenica – 5,13 log jtk/g, jęczmień – 5,31 log jtk/g. Na rysunku 2 oraz w tabeli 2 przedstawiono wyniki badań zanieczyszczenia mikologicznego zbóż. Uzyskane wartości pokazują, jak kształtował się wskaźnik RF w przypadku redukcji grzybów po 15, 30 i 45 minutach dezynfekcji O₃.



Rys. 2. Skuteczność dezynfekcji ozonem grzybów występujących na ziarnach zbóż
 Fig. 2. Ozone disinfection against fungi occurring in cereal grains

Tabela 2. Wpływ ozonowania na liczebność grzybów pleśniowych i drożdży
Table 2. Effect of ozonation on the number of mold and yeast

| Czas ozonowania Time of ozonation (min) | Ilość grzybów pleśniowych i drożdży (log jtk) Number of mold and yeast (log cfu) | | |
|---|---|-------------------|--------------------|
| | pszenżyto triticale | pszenica wheat | jęczmień barley |
| 0 | 5,43 | 5,13 | 5,31 |
| 15 | 4,70 | 4,54 | 4,61 |
| 30 | 4,40 | 4,53 | 4,38 |
| 45 | 3,76 | 3,75 | 3,75 |

Tabela 3. Grzyby izolowane z próbek ziaren zbóż
Table 3. Fungi isolated from samples of cereal grains

| Rodzaj izolowanych grzybów Type of isolated fungi | Zboże/Grain | | |
|---|--|---|--|
| | pszenżyto triticale | pszenica wheat | jęczmień barley |
| Grzyby pleśniowe Molds | <i>Aspergillus niger</i> <i>Cladosporium</i> sp. <i>Fusarium</i> sp. <i>Penicillium</i> sp. <i>Pseudomycelium</i> <i>Ulocladium</i> sp. | <i>Aspergillus fumigatus</i> <i>Aspergillus</i> sp. <i>Cladosporium</i> sp. <i>Fusarium</i> sp. <i>Penicillium</i> sp. <i>Penicillium expansum</i> <i>Penicillium</i> sp. <i>Pseudomycelium</i> <i>Ulocladium</i> sp. | <i>Aspergillus flavus</i> <i>Aspergillus niger</i> <i>Cladosporium</i> sp. <i>Fusarium</i> sp. <i>Penicillium</i> sp. <i>Penicillium expansum</i> <i>Penicillium</i> sp. <i>Phoma</i> sp. <i>Pseudomycelium</i> <i>Ulocladium</i> sp. |
| Drożdże Yeast | <i>Rhodothorulla</i> drożdżaki | <i>Rhodothorulla</i> drożdżaki | <i>Rhodothorulla</i> drożdżaki |

W przypadku grzybów pleśniowych i drożdży redukcję 90% uzyskano już po 30 minutach ozonowania ziaren pszenżyta ($RF_{30} = 1,03$). Po 45 minutach dezynfekcji pszenicy ($RF_{45} = 1,38$) i jęczmienia ($RF_{45} = 1,79$) otrzymano redukcję mieszczącą się w przedziale od 90% do 99%. Wyniki pokazują, iż dezynfekcja ozonem skutecznie eliminuje grzyby pleśniowe i drożdże z powierzchni ziaren zbóż w krótkim czasie – zaledwie 30 minut. Wyniki wyizolowanych kolonii grzybów pleśniowych i drożdży przed i po procesie ozonowania poddano identyfikacji i zamieszczono w tabeli 3.

Wyizolowana mikroflora w trakcie badań z próbek ziarna okazała się dość zróżnicowana pod względem gatunkowym, jednakże ilość i różnorodność grzybów pleśniowych przewyższała pod tym względem drożdże.

Dezynfekcja ozonem bakterii znajdujących się na zbożach okazała się skuteczna. Najlepszy efekt osiągnięto w przypadku pszenżyta po 45 minutach ozonowania. Logarytmiczny wskaźnik redukcji wynosił wymagane 3 log, czyli redukcję rzędu 99,9%. W przypadku jęczmienia redukcja po tym samym czasie wynosiła 99%, natomiast dla

pszenicy 90%. W badaniach uzyskano wyniki znacznie różnicujące gatunek badanych zbóż. Największą skuteczność dezynfekcji wśród badanych gatunków zbóż uzyskano dla pszenżyta, najmniejszą dla pszenicy.

Wyniki pokazują, iż redukcja grzybów pleśniowych występujących na powierzchni ziaren pszenżyta, pszenicy i jęczmienia wynosi ponad 90% w czasie od 30 do 45 minut. W przypadku pszenżyta już po 30 minutach dezynfekcji otrzymano wymaganą skuteczność, czyli redukcję, o co najmniej 1 log (90%), co w przypadku pozostałych zbóż osiągnięto po 45 minutach. Czynnikiem decydującym o skuteczności dezynfekcji był czas ekspozycji ziarna na działanie ozonu. Można wnioskować, iż wydłużenie czasu bądź podwyższenie stężenia O_3 prowadziłyby do zwiększenia skuteczności dezynfekcji.

Pomimo iż każde ze zbóż było opryskiwane preparatem przeciwegrzybicznym, podczas magazynowania nie udało się uniknąć ich zanieczyszczenia przez florę mikroorganizmów przechowalniczych. Prowadzenie skutecznej redukcji drobnoustrojów pozwala na wydłużenie czasu przechowywania zbóż, ograniczenie strat spowodowanych pleśnieniem czy samozagrzewaniem się zboża, minimalizuje psucie się przetworów zbożowych, a przede wszystkim wpływa korzystnie na bezpieczeństwo żywności i pasz.

Skuteczność dezynfekcyjną ozonu wobec zanieczyszczeń zboża grzybami przechowalniczymi potwierdzają również badania prowadzone w różnych ośrodkach naukowych [Allen i in. 2003, Mendez i in. 2003, Rozado i in. 2008, Nowakowicz-Dębek i in. 2011, 2012, 2013, Woźniak i in. 2016]. Według Allen i in. [2003] już 5-minutowa aplikacja gazowego ozonu (16 mg O_3 /g na min) na grzyby (zarodniki i fragmenty grzybni) występujące na jęczmieniu powoduje ich redukcję o 95%. Wiadomo, iż ozon w pewnych ilościach może niekorzystnie wpływać na siłę kiełkowania ziarniaków. Jednak zastosowane w badaniu dawki O_3 dezaktywujące grzyby mieściły się znacznie poniżej punktu krytycznego dla procesu kiełkowania. Kottapalli i in. [2005] osiągnęli efekt redukcji grzybów *Fusarium* sp. na ziarnach jęczmienia browarnego rzędu 36%, działając dawką 11 mg O_3 /g na min przez 15 minut. Naukowcy litewscy oceniali skuteczność dezynfekcyjną ozonu wobec grzybów przechowalniczych podczas suszenia pszenicy gazowym O_3 . Po skończonym procesie otrzymano wymagane zmniejszenie wilgotności ziarna oraz dwu-, a nawet trzykrotną redukcję koncentracji grzybów pleśniowych [Raila i in. 2006a, 2006b]. Nowakowicz-Dębek i in. [2013] wykazali natomiast, iż ozonowanie zmniejsza koncentrację grzybów w ziarnie pszenicy, zarówno całym, jak i mielonym. Już po półgodzinnej ekspozycji zredukowano liczbę mikroorganizmów. Okazało się również, iż dezynfekcja całego ziarna była skuteczniejsza niż zboża zmielonego.

Dużym problemem związanym z grzybami przechowalniczymi są mikotoksyny, które stwarzają zagrożenie dla zdrowia ludzi i zwierząt. Dezynfekcja ozonem, niszcząc żywe formy grzybów, zabezpiecza ziarno przed kumulowaniem toksyn i niekorzystnych produktów przemiany materii grzybów. Unieczynnienie mikotoksyn w ziarnie jest procesem trudnym, ponieważ znajdują się we wnętrzu ziarniaków [Broda i Leja 2010, Piotrowska 2012]. W Egipcie przeprowadzono badania nad unieczynnieniem aflatoksyny B1 – wytwarzanej przez *Aspergillus flavus* – w zanieczyszczonym mikotoksyną ziarnie pszenicy. Okazało się, iż stężenie toksyny (20 mg/kg) po ozonowaniu przez 20 minut O_3 40 ppm zredukowało się nawet o 96%. Działanie ozonu w tym przypadku prowadziło do rozpadu cząsteczki aflatoksyny B1 bądź do zmian w jej strukturze, co skutkowało jej unieczynnieniem. Wykazano również, że kolonie *Aspergillus flavus* zanieczyszczające

pszenicę wykazują wrażliwość na dezynfekcyjne działanie ozonu [El-Desouky i in. 2012].

Otrzymane wyniki badań własnych wskazują, że ozonowanie zboża może znaleźć zastosowanie w jego dezynfekcji podczas magazynowania, zanim zostanie podane zwierzętom. Wykazano, iż silne właściwości utleniające ozonu skutecznie niszczą mikroflorę przechowalniczą. Daje to nadzieję na rozwiązanie dotychczasowych problemów w zakresie dezynfekcji zbóż. Przede wszystkim ozonowanie jest alternatywą dla metod chemicznych – mogą zostać zastąpione lub wspomagane przez naturalny i ekologiczny środek, jakim jest O₃. Ozon został prawnie dopuszczony do stosowania jako bezpieczny dla produktu i człowieka, dlatego warto rozważyć wdrożenie tej metody dezynfekcji do przemysłu zbożowego czy paszowego.

WNIOSKI

1. Uzyskane wyniki badań dezynfekcji ozonem potwierdzają jego wysoką aktywność wobec mikroorganizmów występujących na powierzchni ziaren zbóż.

2. Na skuteczność dezynfekcji wpływ ma rodzaj ziarna poddanego ozonowaniu i czas ekspozycji.

3. Dla grzybów pleśniowych i drożdży wymagany wskaźnik redukcji uzyskano w krótszym czasie niż w przypadku bakterii.

PIŚMIENNICTWO

- Allen B., Wu J., Doan H., 2003. Inactivation of fungi associated with barley grain by gaseous ozone. *J. Environ. Sci. Health B.* 38 (5), 617–630.
- Biernasiak J., Piotrowska M., Ślizewska K., Libudzisz Z., 2012. Charakterystyka mikrobiologiczna i mikotoksyczna komponentów pasz. *Prz. Zboż. Młyn.* 6, 13–16.
- Broda M., Grajek W., 2009. Mikroflora ziaren zbóż i metody redukcji skażenia mikrobiologicznego. *Post. Nauk Roln.* 2, 19–30.
- Broda M., Leja K., 2010. Zanieczyszczenia mikrobiologiczne i szkodniki ziaren zbóż. *Prz. Zboż. Młyn.* 1, 25–27.
- El-Desouky T.A., Sharoba A.M.A., El-Mansy H.A., Naguib K., 2012. Effect of ozone gas on degradation of aflatoxin b1 and *Aspergillus flavus* fungal. *J. Agr. Process. Technol.* 18 (1), 13–19.
- Kottapalli B., Wolf-Hall C.E., Schwarz P., 2005. Evaluation of gaseous ozone and hydrogen peroxide treatments for reducing *Fusarium survival* in malting barley. *J. Food Prot.* 68 (6), 1236–1240.
- Mendez F., Maier D.E., Mason L.J., Woloshuk C.P., 2003. Penetration of ozone into columns of stored grains and effects on chemical composition and performance. *J. Stored Prod. Res.* 39, 33–44.
- Nowakowicz-Dębek B., Bis-Wencel H., Bojarczyk M., Ondrasovicova O., Wlazło Ł., Wnuk W., 2011. Ozonization of the residential buildings after a flood in south-eastern Poland, *Ekologia A Veterinarna Medicina* 8, UVLF v Košiciach, 22–23 September 2011, s. 209.
- Nowakowicz-Dębek B., Bojarczyk M., Krukowski H., Misztal-Majewska B., Wlazło Ł., Trawińska B., 2013. Ozone disinfection of feed wheat. *Annales UMCS, sec. EE, Zootechnica* 31 (1), 43–48.

- Nowakowicz-Dębek B., Krukowski H., Bis-Wencel H., Trawińska B., Bojarczyk M., Pawłowski B., Mario Myer U., 2012. Wpływ ozonowania na redukcję grzybów pleśniowych w ziarnie pszenicy. Kongres PTWN, Wrocław.
- Piotrowska M., 2012. Wykorzystanie mikroorganizmów do usuwania mikotoksyn z żywności i pasz. *Post. Mikrobiol.* 51 (2), 109–119.
- PN-R-64791:1994. Pasze – wymagania i badania mikrobiologiczne.
- Raila A., Lugauskas A., Stepanavicius D., Railiene M., Steponaviciene A., Zvicevicius E., 2006a. Application of ozone for reduction of mycological infection in wheat grain. *Ann. Agric. Environ. Med.* 13, 287–294.
- Raila A., Stepanavicius D., Railiene M., Steponaviciene A., Zvicevicius E., 2006b. Investigation of physical prevention means to reduce mycological contamination of grain surface. *Ekologija* 3, 88–95.
- Rozado A.F., Faroni L.R.A., Urruchi W.M.I., Guedes R.N.C., Paes J.L., 2008. Ozone application against *Sitophilus zeamais* and *Tribolium castaneum* on stored maize. *Rev. Bras. Eng. Agric. Ambient.* 12 (3), 282–285.
- Röhm-Rodowald E., Jakimiak B., Podgórska M., 2008. Zasady rejestrowania, opiniowania i badania preparatów dezynfekcyjnych. *Prz. Epidemiol.* 62, 661–688.
- Watanabe T., 2010. *Pictorial Atlas of Soil and Seed Fungi: Morphologies of Cultured Fungi and Key to Species*, 3rd ed., CRC Press.
- Woźniak A., Nowakowicz-Dębek B., Sępniewska A., Wlazło Ł., 2016. Effect of ozonation on microbiological and chemical traits of wheat grain. *Plant Soil Environ.* 62, 12.
- Zawadzki K., 2008. Nowe rozwiązania poprawiające czystość mikrobiologiczną ziarna. *Prz. Zboż. Młyn.* 1, 14.

Summary. The current rules oblige manufacturers to provide high-quality manufactured feeds and adapt them to varying nutritional requirements of animals. The aim of the study was to evaluate the use of ozone to reduce microbial contamination during the storage of cereals. The samples of the experimental group were ozonated and the control was corn without ozone. The results of ozone disinfection studies confirm its high activity against microorganisms that occur on the surface of cereal grains. The effectiveness of the ozone disinfection treatment is influenced by the type of ozonated grain and exposure time. The highest reduction rate of bacteria was obtained for triticale after 45 minutes of ozone, while for mold and yeast after 30 minutes. The results confirm the possibility of using ozone to disinfect cereal grain.

Key words: wheat, triticale, barley, disinfection, ozonation