

LIDIA SZWAJKOWSKA-MICHAŁEK, TOMASZ ROGOZIŃSKI, KINGA STUPER-SZABLEWSKA

Zawartość steroli w korze po procesie wysokotemperaturowego suszenia tarcicy w komorowych suszarkach konwekcyjnych

Sterol content in bark after high-temperature drying of wood in convection driers

ABSTRACT

Szwajkowska-Michalek L., Rogoziński T., Stuper-Szablewska K. 2019. Zawartość steroli w korze po procesie wysokotemperaturowego suszenia tarcicy w komorowych suszarkach konwekcyjnych. Sylwan 163 (7): 610-616. DOI: <https://doi.org/10.26202/sylvan.2019016>.

Bark is a waste material in the furniture industry. It is mainly used for mulching in gardens. To fulfil its task in that field, bark must be microbiologically clean. Ergosterol (ERG) is the main sterol of the fungal cell wall. The research aimed to assess the usefulness of ergosterol concentration analysis for its use in the wood industry in order to quickly assess the level of microscopic contamination of the bark after the drying process. We tested the bark of oak, beech, hornbeam, spruce and pine in terms of ERG concentration and endogenous sterols content. The highest concentration of ERG was obtained for bark of coniferous species (1483.0 and 227.6 mg/kg for spruce and pine respectively), while much lower was found for deciduous (27.4-127.7 mg/kg). No sterols were found in the bark of deciduous trees after the drying process, with the exception of campesterol which was detected only in bark of beech and hornbeam. However, they were found in samples of conifer bark at the level of 1.6-1.78 mg/kg. The bark of deciduous trees is safer in terms of microbiology, and thus can be used in various industries as a secondary raw material.

KEY WORDS

bark, contamination, UPLC analysis

ADDRESSES

Lidia Szwajkowska-Michalek ⁽¹⁾ – e-mail: lidiasz17@wp.pl

Tomasz Rogoziński ⁽²⁾, Kinga Stuper-Szablewska ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Katedra Chemii, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu; ul. Wojska Polskiego 75, 60-637 Poznań

⁽²⁾ Katedra Meblarstwa, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu; ul. Wojska Polskiego 38/42, 60-637 Poznań

Wstęp

Kora (łac. cortex) to zewnętrzna część pnia, która chroni łądygę drzew, krzewów i krzewinek. Jest ona martwą tkanką okrywającą łądygi i korzenie (tzw. martwica korkowa – rytidom), powstającą w wyniku wielokrotnych podziałów komórek miękiszu łyka. Miazga korkotwórcza (felogen) produkuje na drodze podziałów wzdłużnych nowe warstwy komórek na zewnątrz i do wnętrza, co tworzy perydermę. W trakcie przyrostu na grubość drzewa następuje wielokrotny proces two-

rzenia się nowych peryderm (od środka) i obumieranie peryderm na zewnątrz. Całość funkcjonuje jako rytidom, który stanowi skuteczną okrywą mechaniczną oraz ochronę chemiczną (nagromadzenie substancji chroniących przed patogenami i szkodnikami) i termiczną (korek wypełniony powietrzem) [Surmiński 1996; Antkowiak 1997].

W przemyśle meblarskim kora jest materiałem odpadowym. Uznaje się, że ze 100 m³ drewna pozyskuje się 10 m³ kory [Janowicz 2006]. Substancje występujące w korze, szczególnie glikozydy, alkaloidy, garbniki i barwniki, determinowały jej zastosowanie do celów leczniczych, garbowania skór oraz barwienia wełny i tkanin. Pod tym względem duże znaczenie miała kora wierzbowia, z której jeszcze niemal do połowy ubiegłego wieku otrzymywano salicynę [Kohlmünzer 1985; Szczukowski i in. 2002]. Kora dębu i świerku używana jest do pozyskiwania garbników. Kora dębu cechuje się wysoką aktywnością przeciwwolnorodnikową i przeciwdrobnoustrojową [Sroka, Franczyk 2008], znalazła więc zastosowanie w dermatologii jako środek o właściwościach wysuszających, ściągających i antyseptycznych [Lutomski 2002].

Kora jako materiał pochodzenia naturalnego jest używana jako selektywny adsorbent zanieczyszczeń nieorganicznych i organicznych z roztworów wodnych [Seki i in. 1997; Jang i in. 2005; Ziółkowska 2008]. Wióry drzewne z miękkich drzew liściastych wykorzystuje się jako ściółkę w kurnikach [Stuper-Szablewska i in. 2014]. Jednak głównym zastosowaniem kory jest wykorzystanie jej do ściółkowania w ogrodach. Pozwala ona ograniczać rozwój chwastów, pomaga utrzymać wilgotność podłoża oraz obniża pH gleby [Szołtyk, Hilszczańska 2003]. Aby kora spełniła swoje zadanie, musi być czysta mikrobiologicznie. Najliczniejszą grupą grzybów zasiedlających i rozkładających drewno są gatunki należące do gromady *Basidiomycota* (podstawkowe). Posiadają one zdolność rozkładu drewna w lesie i poza lasem – drewna drzew żywych, zamierających i martwych oraz surowca drzewnego [Eriksson i in. 1990; Worrall i in. 1997; Łakomy 2004]. Z uwagi na bezpieczeństwo zdrowotne ludzi i zwierząt mających kontakt z korą bardziej istotny jest problem zanieczyszczenia jej grzybami mikroskopowymi, w szczególności rodzajów *Penicillium* i *Aspergillus*, które mają zdolność do produkcji toksyn, dlatego istotne jest oznaczenie ich zawartości [Hussein, Brasel 2001].

Jedną z metod oznaczania poziomu zanieczyszczenia bioflory mykobiontą jest analiza stężenia ergosterolu (ERG), będącego głównym steroidem ściany komórkowej grzybów. Metoda ta znalazła szerokie zastosowanie w różnych gałęziach przemysłu rolno-spożywczego [Schwadorf, Muller 1989; Schnürer, Jansson 1992; Dong i in. 2006; Perkowski i in. 2008; Stuper-Szablewska, Perkowski 2017], stosowano ją także w celu oceny poziomu zanieczyszczenia mykobiotą budynków inwentarskich, mieszkalnych itd. [Gutarowska, Żakowska 2002; Hippelein, Rügamer 2004; Szwajkowska-Michałek i in. 2010; Rogoziński i in. 2014]. Istotnym aspektem przemawiającym za celowością wyboru tej metody analitycznej do przedstawionych badań jest fakt, że ergosterol uznawany jest za chemiczny marker ilości grzybów mikroskopowych – zarówno martwych, jak i żywych [Mille-Lindblom i in. 2004]. W przypadku surowca o tak szerokim zastosowaniu jego czystość mikrobiologiczna jest niezwykle ważna. Proces suszenia w istotny sposób obniża ilość zanieczyszczeń mikrobiologicznych.

W celu zapewnienia jakości i bezpieczeństwa kora poddawana jest szeregowi zabiegów. Po ścięciu drzew i przetarciu pozyskanych z nich kłód na tarcicę surowiec drzewny jest suszony w celu zmniejszenia jego wilgotności do poziomu równowagi higroskopijnej z warunkami otoczenia odpowiadającymi środowisku, w którym będą użytkowane wyroby wytworzone z tego surowca. Dodatkowym celem suszenia jest pozbycie się grzybów i ich zarodników, które mogą zasiedlać martwe drewno, prowadząc do jego degradacji. Drewno w zakładach przemysłowych

suszone jest w postaci tarcicy lub półfabrykatów, przy użyciu suszarek do drewna. Wśród nich najszerzej wykorzystywane są suszarki komorowe ze sztucznym obiegiem powietrza. Suszenie drewna jest procesem długotrwałym, przebiegającym według programu ustalonego odpowiednio do wilgotności początkowej, oczekiwanej wilgotności końcowej, rodzaju oraz postaci drewna. Program ten określa przebieg zmian parametrów suszenia (najważniejsze z nich to wilgotność względna i temperatura powietrza suszącego) w czasie trwania procesu. To właśnie wysoka temperatura w procesie suszenia przyczynia się do zmian w drewnie czy korze [Glijer i in. 1984].

Celem badań była ocena przydatności powyżej opisanej metody do wykorzystania jej w przemyśle drzewnym w celu szybkiej oceny poziomu zanieczyszczenia grzybami mikroskopowymi kory drzew po procesie suszenia. Proces suszenia dezaktywuje większość enzymów i związków bioaktywnych. Wśród nich w literaturze przedmiotu w śladowym stopniu opisane są sterole endogenne drewna, a w szczególności zagadnienia związane z procesem suszenia. Wcześniejsze badania wykazały związek zawartości steroli endogennych drewna z poziomem zanieczyszczeń grzybami. Obok analizy stężenia ERG postanowiono również przebadać zawartość steroli endogennych drewna w korze po procesie suszenia.

Material i metody

Przebadano korę 3 gatunków drzew liściastych (dąb, buk, grab) oraz 2 iglastych (świerk, sosna). Próbkę z każdego gatunku pobrano w 3 powtórzeniach. Po wysuszeniu korę zmielono za pomocą młyna tnącego (Pulverisette 19, Fritsch GmbH) i poddano analizie na zawartość ergosterolu i steroli (kampesterolu, desmosterolu, stigmasterolu i beta-sitosterolu).

Do analizy pobrano próby o masie około 10 g, z których po zmieleniu za pomocą młyna tnącego utworzono do dalszych badań próbki o masie 0,1 g. Próbkę umieszczono w zakręcanym probówkach do kultur o pojemności 17 cm³, w których przeprowadzono ekstrakcję steroli z jednoczesnym zmydleniem. Procesy te przebiegały pod wpływem promieniowania mikrofalowego. W tym celu do probówek dodano metanol (2 cm³) oraz 2-molowy wodny roztwór wodorotlenku sodu (0,5 cm³). Szczelnie zamknięte probówki do kultur dla bezpieczeństwa ulokowano w plastikowych butelkach, które z kolei umieszczono w kuchence mikrofalowej (Whirlpool model AVM 401/1/WH, 2450 MHz, 900W). Próby poddano wpływowi promieniowania mikrofalowego o mocy 350W w dwóch sesjach, po 20 sekund każda. Po schłodzeniu (około 15 min) próby zobjętniono za pomocą 1-molowego wodnego roztworu kwasu solnego (1 cm³). Następnie po dodaniu 2 cm³ metanolu przeprowadzono ekstrakcję beta-sitosterolu za pomocą pentanu (3×4 cm³). Ekstrakty pentanowe połączono w fiolce o pojemności 8 cm³ i odparowano do sucha w strumieniu azotu. Ekstrakty, aż do analizy, przechowywano w temperaturze -25°C. Przed analizą próbki rozpuszczono w 1 ml metanolu i filtrowano przez 13-milimetrowe filtry strzykawkowe o porach o średnicy 0,22 μm (filtry membranowe fluoropor).

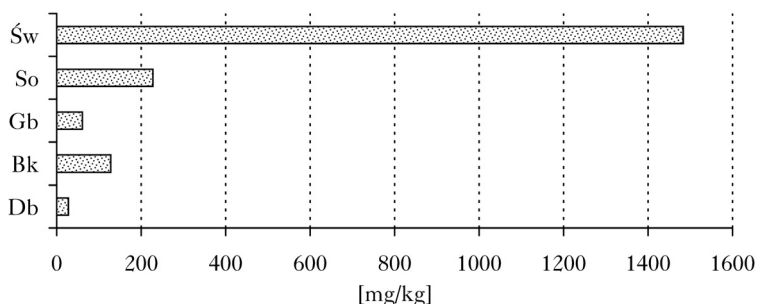
Analizę przeprowadzono za pomocą ultrasprawnego chromatografu cieczonego (Acquity UPLC, Waters) z absorbcyjometrycznym detektorem diodowym (Acquity PDA, Waters). Rozdział chromatograficzny odbywał się na kolumnie Acquity UPLC Shield RP 18 1,7 um 2,1×150 mm w temperaturze 50°C. Jako fazę wymywającą zastosowano mieszaninę metanolu, acetonitrylu i wody w stosunku 85:10:5 (v/v) przy przepływie 0,5 ml/min. Stężenie steroli mierzono za pomocą wzorca zewnętrznego o długości fali λ=210 nm (desmosterol, lanosterol, stigmasterol, β-sitosterol, kampesterol) i λ=282 nm (ergosterol). Identyfikacja związków odbywała się na podstawie porównania czasu retencji badanego piksu z czasem retencji standardu. Granica wykrywalności wynosiła 1 mg/kg.

Wyniki i dyskusja

Korę dębu, buka, grabu, świerka i sosny przebadano pod względem stężenia ERG oraz zawartość steroli endogennych. Wśród analizowanych gatunków kora świerku i sosny charakteryzowały się największym stężeniem ERG, wynoszącym odpowiednio 1483,0 oraz 227,6 mg/kg. Natomiast najniższe stężenie tego metabolitu, wynoszące 27,4 mg/kg, oznaczono dla kory dębu. Dla kory buka i grabu uzyskano stężenie ERG na poziomie odpowiednio 127,7 i 70,7 mg/kg (ryc. 1). Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że kora drzew liściastych charakteryzuje się niższym stężeniem ERG w porównaniu z drzewami iglastymi, co oznacza, że kora drzew iglastych jest bardziej zanieczyszczona grzybami niż kora drzew liściastych. Uzyskane wyniki wskazują więc, że do ściółkowania gleby bezpieczniejsze jest stosowanie kory drzew liściastych.

W literaturze znaleziono niewiele informacji o zawartości ERG w korze drzew. Gutarowska i Cichocka [2010] oznaczyły zawartość ERG w surowcach papierniczych z różnych etapów produkcji papieru z zakładu papierniczego w Polsce. Między innymi oznaczono zawartość ERG w korze (mieszanka sosny i brzozy) – wynosiła ona 1 mg/kg. Autorki porównały również metodę chemiczną oznaczania biomasy grzybowej z metodą hodowlaną na płytkach z podłożem MEA. Zawartość grzybów w próbach kory oznaczona jako liczba jednostek tworzących kolonie wynosiła $5,4 \times 10^5$ jtk/g, a wyizolowane grzyby to: *Cladosporium* sp., *Penicillium* sp., *P. chrysogenum*, *Trichoderma viride*, *Rhizopus nigricans* i drożdże. Oznaczanie ergosterolu ma jednak znaczną przewagę nad metodami hodowlanymi, ponieważ czas analizy jest krótki (2-3 godziny, w metodzie hodowlanej 5 dni) oraz umożliwia ono poznanie całkowitej ilości grzybów obecnych w analizowanej próbce – zarówno aktywnych, jak i nieaktywnych. Liczne badania w kierunku wyznaczenia korelacji między metodami mikrobiologicznymi, genetycznymi (test ELISA) i chemiczną (ERG) doprowadziły do jednoznacznych wniosków. Istotne korelacje między metodami wykazały, że metoda chemiczna może być z powodzeniem stosowana do oceny poziomu zanieczyszczenia badanego materiału mykobiota.

Stwierdzono, że limit stężenia ergosterolu w materiałach budowlanych (np. drewnie), na podstawie którego oszacowuje się stan zagrzybienia, wynosi 4 mg/kg materiału [Gutarowska, Żakowska 2002]. Natomiast za bezpieczną zawartość mikroflory grzybowej w zdrowym ziarnie zbóż przyjęto wartość stężenia ERG 3 mg/kg dla ziarna pszenżyta i pszenicy [Schnürer, Jonsson 1992; Stuper-Szablewska, Perkowski 2017]. Maupetit i in. [1993] określili zakres stężenia ERG od 1 do 9 mg/kg jako bezpieczny dla ziarna przeznaczonego do konsumpcji. Pasanen i in. [1999]



Ryc. 1.

Średnie stężenie ergosterolu w korze analizowanych gatunków
 Mean concentration of ergosterol in the bark of analyzed species
 Św – spruce, So – pine, Gb – hornbeam, Bk – beech, Db – oak

podali, że w czystej kulturze grzybowej średnie stężenie ERG wynosi około 1850 mg/kg (wartości różnią się nieznacznie w zależności od rodzaju i gatunku grzybów). W świetle danych literaturowych można wyciągnąć wniosek, że stężenie ERG w próbkach kory określone w niniejszym badaniu jest niskie w przypadku kory dębu i grabu, średnie dla kory sosny i duże dla kory świerka.

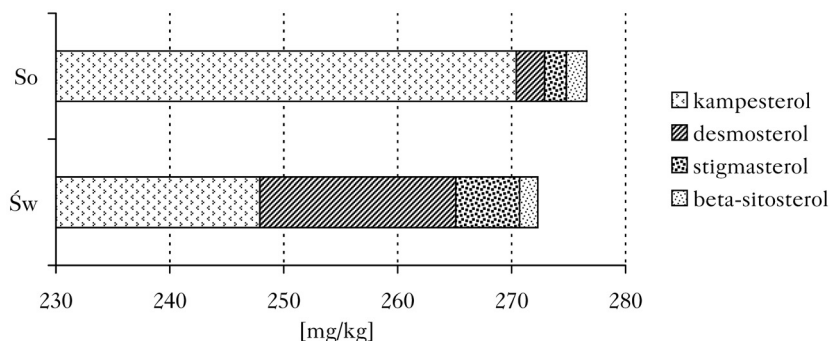
Istotnym składnikiem bioaktywnym kory drewna, związanym z gatunkami drewna [Edman i in. 2003] oraz ze stopniem zanieczyszczenia grzybami mikroskopowymi, są sterole endogenne drewna [Rogoziński i in. 2014].

W ramach niniejszej pracy przebadano stężenie czterech najważniejszych steroli. W korze drzew liściastych po procesie suszenia nie znaleziono ich (ryc. 2), z wyjątkiem kory buka i grabu, gdzie zidentyfikowano jedynie kampesterol. Znaleziono je natomiast w próbkach kory z drzew iglastych. W korze sosny i świerka kampesterol występował w najwyższym stężeniu (w porównaniu z pozostałymi sterolami). Beta-sitosterol występował w najmniejszym stężeniu w korze drzew iglastych: na poziomie od 1,6 do 1,78 mg/kg (ryc. 2).

Stężenie endogennych steroli drewna jest związane z poziomem zanieczyszczenia mykobiota, co obserwuje się w przebadanych próbach. Rola steroli w tkankach roślinnych podczas infekcji patogenami nie została dostatecznie wyjaśniona. Kora jest martwą tkanką, więc rola steroli nie może być dyskutowana w kontekście mechanizmów obronnych w roślinach. Podczas rozkładu drewna grzyby mikroskopowe degradują substancje rezerwowe. Substancje uwalniane podczas degradacji obejmują fitosterole zawarte w błonach komórkowych i ścianach komórkowych. Podatność organizmów roślinnych na infekcje mikrobiologiczne wiąże się ze stabilnością i nieprzepuszczalnością błon komórkowych, a sterole są niezbędnymi składnikami ścian komórkowych i błon komórkowych [Piispanen, Saranpää 2004]. Uwalniane z tkanek roślinnych w wyniku działania grzybów sterole zawarte w martwych komórkach są identyfikowalne. Im wyższe zanieczyszczenie grzybami, tym wyższa zawartość wolnych steroli endogennych drewna – wynikająca z ilości zniszczonych (rozłożonych) komórek drewna.

Wnioski

- ✦ Ilość mykobioty mierzonej stężeniem ERG zależy od gatunku drzewa, z którego pochodzi kora. Najwyższymi wartościami charakteryzowała się kora drzew iglastych (w szczególności świerkowa), a najmniejszymi – kora dębu.
- ✦ W korze przebadanych drzew wyższą zawartość steroli endogennych zaobserwowano u drzew iglastych.



Ryc. 2.

Zawartość steroli endogennych w korze drzew iglastych
 Endogenous sterols content in the bark of analysed conifers
 Św – spruce, So – pine

- ✚ Poziom zanieczyszczenia grzybami mikroskopowymi jest związany z zawartością steroli endogennych drewna.
- ✚ Kora drzew liściastych jest bezpieczniejsza pod względem mikrobiologicznym, a co za tym idzie może być bezpiecznie stosowana w różnych gałęziach przemysłu jako surowiec wtórny.

Literatura

- Antkowiak L. 1997. Wykorzystanie kory niektórych drzew i krzewów. Wyd. AR, Poznań
- Dong Y., Steffenson B. J., Mirocha C. J. 2006. Analysis of ergosterol in single kernel and ground grain by gas chromatography-mass spectrometry. *J Agric Food Chem* 54 (12): 4121-4125.
- Edman K., Löfstedt H., Berg P., Eriksson K., Axelsson S., Bryngelsson I., Fedeli C. 2003. Exposure assessment to α and β -Pinene, Δ 3-Carene and wood dust in industrial production of wood pellets. *Ann Occup Hyg* 47: 219-226.
- Eriksson K.-E. L., Blanchette R. A., Ander P. 1990. Microbial and enzymatic degradation of wood and wood components. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, London, Paris, Tokyo, Hong Kong.
- Glijer L., Matejak M., Osipiuk J. 1984. Theory and Technology of Wood Drying. PWN, Warszawa.
- Gutarowska B., Cichocka A. 2010. Zastosowanie metody oznaczania ergosterolu do szybkiej oceny zanieczyszczenia grzybami na różnych etapach produkcji papieru, *Przegląd Papierniczy* 66 (1): 45-47.
- Gutarowska B., Żakowska Z. 2002. Elaboration and application of mathematical model for estimation of mould contamination of some building materials based on ergosterol content determination, *Int. Biodeter. Biodegr.* 49 (4): 299-305.
- Hippelein M., Rügamer M. 2004. Ergosterol as an indicator of mould growth on building materials. *Int. J. Hyg. Environ. Health* 207: 379-385.
- Hussein H. S., Brasel J. M. 2001. Toxicity, metabolism, and impact of mycotoxins on humans and animals. *Toxicology* 167: 101-134.
- Jang A., Seo Y., Bishop P. L. 2005. The removal of heavy metals in urban runoff by sorption on mulch. *Environmental Pollution* 133: 117-127.
- Janowicz L. 2006. Biomasa w Polsce. *Energetyka* 8 (626): 601-604.
- Kohlmünzer S. 1985. Substancje naturalne i surowce farmakognostyczne. W: Kamińska M., Wiśniewska E. [red.]. *Farmakognozja*. PZWL, Warszawa.
- Lutomski J. 2002. Uznane roślinne środki dermatologiczne. The appreciated herbal medicinals for dermatologic uses. *Borgis – Postępy Fitoterapii* 3-4: 39-44.
- Łakomy P. 2004. Środowiskowe uwarunkowania zasiedlenia pniaków drzew liściastych przez wybrane gatunki grzybów saprotroficznych oraz grzyby rodzaju *Armillaria*. *Rocz. AR Pozn. Rozpr. Nauk.* 355.
- Maupetit P., Gatel F., Cahagnier B., Botorel G., Charlier M., Collet B., Dauvillier P., Laffiteau J., Roux G. 1993. Quantitative estimation of fungal infestation of feedstuffs by determining ergosterol content. 44th Annual Meeting of EAAP Aarhus, Denmark. 16-19.
- Mille-Lindblom C., Wachenfeldt E., Tranvik L. J. 2004. Ergosterol as a Measure of Living Fungal Biomass: Persistence in Environmental Samples after Fungla Death. *J. Microbiol. Meth.* 59 (2): 253-262.
- Pasanen A. L., Yli-Pietilä K., Pasanen P., Kalliokoski P., Tarhanen J. 1999. Ergosterol content in various fungal species and biocontaminated building materials. *Appl Environ Microbiol.* 65: 138-142.
- Perkowski J., Buško M., Stuper K., Kostecki M., Matysiak A., Szwajkowska-Michałek L. 2008. Concentration of ergosterol in small-grained naturally contaminated and inoculated cereals. *Biologia* 63 (4): 542-547.
- Piispanen R., Saranpää P. 2004. Seasonal and within-stem variations of neutral lipids in silver birch (*Betula pendula*) wood. *Tree Physiol.* 24: 991-999.
- Rogoziński T., Szwajkowska-Michałek L., Dolny S., Andrzejak A., Perkowski J. 2014. The evaluation of microfungus contamination of dust created during woodworking in furniture factories. *Med Pr* 65: 705-713.
- Schnürer J., Jansson A. 1992. Ergosterol levels and mould colony forming units in Swedish grain of food and feed grade. *Acta Agric. Scand., Sect. B. Soil and Plant Sci.* 42: 240-245.
- Schwadorf K., Muller H. M. 1989. Determination of ergosterol in cereals, mixed feed components, and mixed feeds by liquid chromatography. *J Assoc Off Anal Chem* 72 (3): 457-462.
- Seki K., Saito N., Aoyama M. 1997. Removal of heavy metal ions from solutions by coniferous barks. *Wood Science and Technology* 31: 441-447.
- Sroka Z., Francizek R. 2008. Antiradical and antimicrobial activity of plant extracts obtained from plant raw materials. *Adv Clin Exp Med.* 17 (3): 275-283.
- Stuper-Szablewska K., Perkowski J. 2017. Level of contamination with mycobiota and contents of mycotoxins from the group of trichothecenes in grain of wheat, oats, barley, rye and triticale harvested in Poland in 2006-2008. *Ann Agric Environ Med.* 24 (1): 49-55.
- Stuper-Szablewska K., Szablewski T., Cegielska-Radziejewska R., Ostrowska A., Matysiak A., Perkowski J. 2014. Zanieczyszczenie grzybami mikroskopowymi różnych rodzajów ściółki stosowanej w kurnikach. *ABiD* 2: 199-204.

- Surmiński J.** 1996. Kora – budowa anatomiczna, skład chemiczny, możliwości wykorzystania. Wydaw. AR, Poznań.
- Szczukowski S., Tworkowski J., Sulima P.** 2002. Kora wierzb krzewiastych źródłem glikozydów salicylowych. *Wiad. Ziel.* 1: 6-7.
- Szołtyk G., Hilszczańska D.** 2003. Rewitalizacja gleb w szkółkach leśnych. CILP, DGLP, Warszawa.
- Sz wajkowska-Michałek L., Stuper K., Łakomy P., Matysiak A., Perkowski J.** 2010. Contents of microscopic fungi in dusts coming from cereal analysis laboratories. *Ann Agric Environ Med.* 17: 101-106.
- Worrall J. J., Anagnost S. E., Zabel R. A.** 1997. Comparison of wood decay among diverse lignicolous fungi. *Mycologia* 89: 199-219.
- Ziółkowska D., Shyichuk A., Syrotynska I.** 2008. Sorption of cationic dyes onto barks and leaves of European trees. *Ars Separatoria Acta* 6: 69-79.