

KRZYSZTOF SOBIERSKI, MAREK SIWULSKI, JOLANTA LISIECKA,
IWONA SAS-GOLAK, AGNIESZKA JASIŃSKA, MAŁGORZATA NOWAK-SOWIŃSKA

Katedra Warzywnictwa Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu
ul. Dąbrowskiego 159, 60-594 Poznań
E-mail: sobierski@up.poznan.pl

PLEUROTUS ERYNGII – MAŁO ZNANY, WARTOŚCIOWY GATUNEK BOCZNIAKA

WSTĘP

W ostatnich kilkunastu latach obserwuje się dynamiczny rozwój produkcji grzybów jadalnych, tak w Polsce, jak i wielu rejonach Azji, Ameryki oraz Europy. Grzyby uprawne cenione są za stosunkowo wysoką zawartość witamin, mikrośladków, a także związków bioaktywnych. Szereg gatunków grzybów można zaliczyć do tzw. żywności funkcjonalnej, której znaczenie we współczesnych czasach szybko wzrasta. Gatunki boczniaka w stanie naturalnym występują w różnych siedliskach, można je spotkać w wielu strefach klimatycznych. Znaczne rozprzestrzenienie tych grzybów na kuli ziemskiej sprawiło, że powstały różne ekotypy, które często uznawane są przez badaczy jako odrębne gatunki. Największe znaczenie produkcyjne mają następujące gatunki: *Pleurotus ostreatus* (Fr.) Kumm., *P. pulmonarius* (Fr.) Quel., *P. columbinus* (Fr.) Quel., *P. cornucopiae* (Pers.) Rolland, *P. eryngii* (Fr.) Quel. oraz *P. sajor-caju*.

W naszym kraju obserwuje się dość duże zainteresowanie nowymi gatunkami grzybów. Jest to tendencja uniwersalna, występująca w wielu krajach Europy (OEI 2003). Następuje stopniowe urozmaicenie asortymentu grzybów oferowanych konsumentom poprzez wprowadzenie do uprawy nowych, atrakcyjnych gatunków. Gatunki te oprócz walorów smakowych charakteryzują się także często wysoką zawartością substancji bio-

logicznie czynnych, które mają wyjątkowo korzystny wpływ na zdrowie człowieka. Stosunkowo mało znanym gatunkiem jest boczniak mikołajkowy *Pleurotus eryngii*, którego owocniki zawierają szereg cennych związków stymulujących system immunologiczny człowieka (QUIMIO 2004, JEONG i współaut. 2010), a także charakteryzują się zawartością antyoksydantów (DUBOST i współaut. 2006, ALAM i współaut. 2011a) oraz polisacharydów o działaniu przeciwnowotworowym (JUNG i współaut. 2011). BAE i współaut. (2009) wykazali antynowotworowe działanie ubichinonu-9 pozyskanego z *P. eryngii* przeciwko komórkom leukemii. AKYUZ i KIRBAG (2009a) wykazali aktywność antybiotyczną wyciągu z *P. eryngii* w stosunku do wielu bakterii i grzybów, m.in. *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Candida albicans*. Badania ALAMA i współaut. (2011b) potwierdziły pozytywny wpływ dodatku do diety ekstraktu z boczniaka mikołajkowego na obniżenie stężenia cholesterolu we krwi. HAN i współaut. (2011) wykazali przeciwalergiczne i przeciwzapalne działanie ekstraktu z *P. eryngii*. Owocniki boczniaka mikołajkowego zawierają β -glukany, które mogą pełnić w diecie funkcję prebiotyków, stymulujących rozwój pożytecznych mikroorganizmów (SYNYTSYA i współaut. 2009).

CHARAKTERYSTYKA GATUNKU

Rodzaj bocznik zaliczany jest do królestwa grzyby (Fungi), gromady grzyby podstawkowe (Basidiomycota), klasy podstawczaki (Basidiomycetes), rzędu pieczarkowce (Agaricales), rodziny bocznikowatych (Pleurotaceae) (MÜLLER i LOEFFLER 1992). HILBER (1989) zalicza wymieniony rodzaj do rodziny gąskowatych (Tricholomataceae). Boczniki są typowymi gatunkami saprofitycznymi, które w warunkach naturalnych rosną najczęściej na martwych pniach, karpach drzew liściastych oraz kłodach. Niekiedy gatunki mogą rozwijać się na żywych drzewach, przeważnie w miejscu skaleczeń. W tym wypadku można określić ich rozwój jako pasożytniczy. Różne gatunki bocznika spotkać można na wszystkich kontynentach kuli ziemskiej za wyjątkiem Antarktydy (LELLEY 1972, NESPIAK 1974, ZIOMBRA 1988).

W środowisku naturalnym bocznik występuje w lasach, ale także w ogrodach (EDWARDS 2000). Często spotykany jest w alejach oraz parkach (NILLSON i PERSSON 1978). Różne gatunki bocznika rozkładają substancję zawierającą celulozę, a także ligninę oraz hemicelulozę (KALBARCZYK i współaut. 1992, KEREM i współaut. 1992, SANJEEV i RAI 1992, VETTER 1992, MARTINEZ i współaut. 1994).

Bocznik mikołajkowy występować może na różnych roślinach. Nazwę swą zawdzięcza mikołajkowi polnemu *Eryngium campestre*, na którym występuje jako pasożyt fakultatywny (STAMETS 2000). Odmiana botaniczna tego gatunku, *Pleurotus eryngii* var. *elaeoselini*, występuje na *Elaeoselinum asclepium* subsp. *asclepium* (ZERVAKIS i współaut. 2000). W ostatnich latach opisano także gatunek *P. eryngii* var. *ferulae*, którego rośliną żywicielską jest *Ferula communis*. Jeszcze inną odmianę bocznika mikołajkowego opisano w Izraelu. Występuje ona tylko na gatunku *Ferula tingitana*. Szczegółowe badania genetyczne wykazały, że *P. eryngii* var. *tingitanus* jest spokrewniony z *P. eryngii* var. *ferulae*. Między wymienionymi wyżej populacjami wykazano istotne różnicowanie, między innymi dotyczące wielkości zarodników, a także cech grzybni (LEWINSOHN i współaut. 2002). Badania prowadzone przez RO i współaut. (2007) wykazały, że sekwencje DNA są w 99% identyczne u gatunków *P. eryngii*, *P. ostreatus* oraz *P. ferulae*.

W świetle najnowszych badań, gatunek *P. eryngii* tworzy kompleks, w obrębie którego

wyróżnia się: var. *eryngii* (DC.: Fr) Quel, var. *ferulae* Lanzi (syn = *Pleurotus fuscus* var. *ferulae*), var. *elaeoselini* Venturella et al., var. *tingitanus* Lewinsohn et al., var. *nebrodensis* (Inzenga) Sacc, var. *tuoliensis* C.J. Mou, *Pleurotus hadamardii* Costantin oraz *Pleurotus fossulatus* (Cooke) Sacc. (KAWAI i współaut. 2008, ALAM i współaut. 2009, RAVASH i współaut. 2010, RODRIGUEZ-ESTRADA i współaut. 2010, SZARVAS i współaut. 2011).

Kompleks *P. eryngii* występuje od wybrzeża atlantyckiego Francji i Maroka poprzez Europę Środkową (Niemcy, Węgry, Słowacja) i Południową (Włochy, Grecja) aż do afrykańskich wybrzeży Morza Śródziemnego (URBANELLI i współaut. 2003). Strefa występowania bocznika mikołajkowego rozciąga się na wschód aż do Kazachstanu i Indii (ZERVAKIS i współaut. 2001b). W dostępnej literaturze nie ma doniesień naukowych o występowaniu tego gatunku w stanie dzikim na terenie Polski.

P. eryngii jest grzybem prawie nieznanym w naszym kraju. Na znaczną skalę uprawiany jest w niektórych krajach europejskich, takich jak Włochy i Hiszpania, a także w Stanach Zjednoczonych (BALZAS i współaut. 1973; LELLEY 1974, 1991; ZADRAŽIL 1974a; HILBER 1982; GINTEROVA 1985; ROYSE i SANCHEZ-VAZQUEZ 1999), natomiast największym producentem są Chiny i inne kraje azjatyckie (ROYSE i SANCHEZ-VAZQUEZ 1999, CHANG i MILES 2004, WANG i współaut. 2010).

Owocniki bocznika mikołajkowego są jasnobezowe, posiadają jadalny trzon, który jest umieszczony centralnie względem kape-



Ryc. 1. W pełni rozwinięte owocniki *Pleurotus eryngii*.

lusza (ZIOMBRA 1998a) (Ryc. 1). Należy podkreślić, że trzony innych gatunków boczniaka są niejadalne ze względu na łykowatą konsystencję (GAPIŃSKI i współaut. 1992). Cechy morfologiczne owocników, jak też ich barwa, zmieniają się pod wpływem warunków środowiska, pozostają jednak stałe i charakterystyczne dla odmiany (JANDAİK i KAPOOR 1974, CHANG i HAYES 1978, IMBERNON 1981, ZIOMBRA 1994). Według STAMETSA (2000) owocniki uzyskane w warunkach uprawy to-

warowej są przeważnie większe niż owocniki zebrane w stanowiskach naturalnych. Kapelusze *Pleurotus eryngii* osiągają średnicę od 3 do 12 cm. Są wypukłe, a w miarę ich rozwoju obserwuje się wklęsnięcie w środku kapelusza. Zarodniki boczniaka powodują niekiedy alergię układu oddechowego (ZADRAŽIL 1973, OLSON 1987, IMBERNON i współaut. 1991, LANG i współaut. 1993). Boczniak tworzy zarodniki elipsoidalne o wymiarach $8-11 \times 3-4 \mu\text{m}$.

SYSTEM ENZYMATYCZNY BOCZNIAKA MIKOŁAJKOWEGO

Jak podaje wielu autorów, boczniak mikołajkowy może być uprawiany na podłożach złożonych z lokalnych, łatwo dostępnych materiałów lignino-celulozowych (HASAN i współaut. 2010, MOONMOON i współaut. 2010). Gatunek ten może biodegradować te materiały dzięki wytwarzanemu kompleksowi enzymów. W skład systemu enzymatycznego wchodzi m.in. oksydaza arylalkoholowa AO oraz uniwersalna peroksydaza VP, która ma zdolność przeprowadzania reakcji utleniania, podobnie jak peroksydaza ligninowa i peroksydaza manganowa (HEINFLING i współaut. 1998, MESTER i FIELD 1998). Szczegółowy mechanizm degradacji lignin przez

peroksydazę podaje RUIZ-DUEÑAS i współaut. (1999), a także HEINFLING i współaut. (1998) oraz WARIISHI i współaut. (1988). Boczniak mikołajkowy wytwarza także lakkazę, różniącą się od lakkaz wytwarzanych przez inne grzyby sekwencją aminokwasów. Wytwarzane są dwie izoformy lakkazy, które utleniają związki fenolowe, a także aminy aromatyczne oraz hydroksyfenole i metoksyfenole (MUNOZ i współaut. 1997). Badania prowadzone w ostatnich latach wykazały, że obecność jonów miedzi Cu i manganu Mn w podłożu wywiera wpływ na produkcję lakkazy i peroksydazy u *P. eryngii* (STAJIC i współaut. 2006).

UPRAWA BOCZNIAKA MIKOŁAJKOWEGO

Wszystkie gatunki rodzaju *Pleurotus* można uprawiać ekstensywnie wykorzystując różne rodzaje drewna lub też intensywnie używając podłoża przygotowanego z materiałów pochodzenia roślinnego wzbogaconych dodatkami wysokobiałkowymi (ZIOMBRA 1993). Do uprawy ekstensywnej boczniaka nadaje się drewno większości gatunków drzew liściastych. Uprawa ekstensywna jest ściśle uzależniona od warunków atmosferycznych. Prowadzenie uprawy w klimatyzowanych pomieszczeniach umożliwia produkcję boczniaka przez cały rok i całkowicie uniezależnia ją od warunków zewnętrznych (ZIOMBRA 1988, ZAFAR 1989). Podłoża stosowane do uprawy boczniaka to najczęściej substraty przygotowane w oparciu o różne odpady powstające w produkcji rolnej, a także w przemyśle przetwórczym. W literaturze spotkać można receptury ponad 90 różnych rodzajów substratów używanych w tej produkcji (POPPE 2004).

PODŁOŻA UPRAWOWE

Boczniak mikołajkowy, podobnie jak inne gatunki boczniaka, może być uprawiany na bardzo różnych podłożach. W krajach europejskich, w tym także w Polsce najczęściej stosowanymi substratami do uprawy boczniaka są słomy zbóż (LELLEY 1991, ZIOMBRA 1993). Słoma zbóż jest w naszym kraju materiałem łatwo dostępnym i stosunkowo tanim (GAPIŃSKI i ZIOMBRA 1988). ZIOMBRA (1999) podkreśla, że słoma użyta jako podłoże w uprawie powinna być zdrowa, bez oznak czernienia i spleśnienia. Według ZIOMBRY (1998a) słoma pszenna stanowi dla boczniaka mikołajkowego lepsze podłoże do uprawy niż słoma żytnia. Autorka ta wykazała także, że słoma pszenna sprzyja szybszemu rozpoczęciu plonowania *Pleurotus* sp. niż słoma żytnia (ZIOMBRA 2002).

Szereg autorów poleca do uprawy boczniaka mikołajkowego także inne podłoża, jak np. trociny bukowe, brzozy, olszowe, to-

polowe, a także korę bukową (ZIOMBRA i GAPIŃSKI 1986) oraz wszelkie włókna roślinne zawierające duże ilości celulozy (JU 1994). MARTINEZ-CARRERA (1989) oraz PANI i PANDA (1997) zalecają do uprawy boczniaka mikołajkowego podłoże przygotowane na bazie słomy jęczmiennej lub owsianej. EDER (1990) wykazał przydatność do uprawy tego gatunku słomy gryki. W Japonii uprawę boczniaka mikołajkowego prowadzi się na słomie ryżowej (BEETZ i KUSTUDIA 2004). Wielu autorów zaleca także różne mieszanki materiałów jako podłoże do uprawy boczniaka mikołajkowego, jak np. trociny drzew wymieszane z sieczką ze słomy oraz z drobnymi gałązkami (GAPIŃSKI i ZIOMBRA 1987), a także słomę kukurydzianą zmieszaną z otrębami ryżowymi (TERASHITA i współaut. 1997). KIRBAG i AKYUZ (2008) wykazali przydatność do uprawy boczniaka mikołajkowego podłoża złożonego z bardzo różnych materiałów powstających w produkcji rolniczej, jak słoma pszena, odpady bawełny oraz otręby ryżowe. AKYUZ i YILDIZ (2008) stwierdzili przydatność do uprawy boczniaka mikołajkowego podłoża złożonego ze słomy pszennej i sojowej oraz otręb ryżowych. Badania AKYUZ i KIRBAG (2009b) potwierdziły wpływ podłoża na wartość odżywczą owocników, m.in. zawartość białka i tłuszczu. Badania ZIOMBRY (2002) wykazały, że dobre plonowanie omawianego gatunku można uzyskać na podłożu ze słomy pszennej z trocinami sosnowymi, których udział nie przekracza 20%. W uprawie wykorzystać można także materiały odpadowe powstające w trakcie przerobu bawełny, a także prowadzić uprawę na łuskach nasiennych różnych roślin oraz odpadach przemysłu cukrowego (SUN i YU 1989).

Plonowanie boczniaka można zwiększyć poprzez wzbogacenie podłoża ze słomy lub trocin dodatkami wysokobiałkowymi (ROYSE 1997). Przeważnie stosuje się dodatki organiczne, które stanowią źródło azotu wykorzystywanego przez boczniaka w trakcie uprawy (UPADHYAY i współaut. 2003). W towarowej produkcji boczniaka mikołajkowego dobre efekty uzyskano wzbogacając podłoże brzeczką lub peptonem. Dodatki te przyspieszały wzrost grzybni tego gatunku (ZHUYUAN 2002).

W literaturze światowej można znaleźć wiele receptur podłoży, które wzbogacone zostały różnymi dodatkami zwiększającymi plonowanie boczniaka mikołajkowego (AZIZOLLAH i współaut. 2005, CHOI i współaut. 2009, RODRIGUEZ-ESTRADA i współaut. 2009).

Badania prowadzone w ostatnich latach wykazały, że ziarno sojowe wprowadzone jako dodatek do podłoża zwiększało plonowanie boczniaka mikołajkowego (RODRIGUEZ-ESTRADA i ROYSE 2006). Dodatkami wpływającymi korzystnie na plonowanie mogą być także kultury bakteryjne. Dodatek szczepu *Pseudomonas* sp. P7014 do podłoża, w którym rozwijała się grzybnia boczniaka mikołajkowego, przyspieszał wzrost grzybni oraz skracał czas prowadzenia uprawy o około 5 dni (KIM i współaut. 2008). Dodatek do podłoża uprawowego miedzi w ilości 150 mg na 1 gram podłoża sprzyjał rozwojowi w podłożu *Pseudomonas tolaasii* (RODRIGUEZ-ESTRADA i ROYSE 2006).

PRZYGOTOWANIE PODŁOŻA DO UPRAWY

Słoma przeznaczona do uprawy powinna być pocięta na sieczkę o długości 1,5–2 cm według HELTAYA (1991) i EDERA (1990) lub też na sieczkę o długości 3–5 cm według HOUDEAU i współaut. (1991). Pociętą słomę należy odpowiednio nawilżyć poprzez moczenie w wodzie przez 24–48 godzin (HOUDEAU i współaut. 1991), a następnie tak nawilżoną poddać pasteryzacji. Celem procesu pasteryzacji jest uzyskanie podłoża selektywnego, które stwarza optymalne warunki do wzrostu grzybni boczniaka (CAILLEUX i DIOP 1978) oraz wpływa na uzyskanie wysokiego plonu (ZIOMBRA 1986, GAPIŃSKI 1995). W trakcie procesu pasteryzacji w podłożu zachodzi szereg zmian, m. in. rozwijają się intensywnie promieniowce termofilne, które mają zdolność wytwarzania antybiotyków, hamujących rozwój drobnoustrojów szkodliwych dla boczniaka. Długość okresu pasteryzacji jest różnicowana, zależy od temperatury, w któ-



Ryc. 2. Uprawa *Pleurotus eryngii* w butelkach na podłożu z trocin.

rej jest prowadzona oraz od rodzaju podłoża. ZIOMBRA (1998a) zaleca temperaturę pasteryzacji 60°C dla słomy żytniej, a dla kory i trocin powyżej 96°C (ZIOMBRA i GAPIŃSKI 1994).

Po zakończeniu pasteryzacji podłoże powinno być schłodzone do temperatury około 25°C, a następnie dokładnie wymieszane z grzybnią (JU 1994). Takim podłożem napełnia się worki foliowe (Gapiński 1995) lub butelki polipropylenowe (KWON i KIM 2004) (Ryc. 2). Worki użyte do uprawy *Pleurotus eryngii* powinny mieć średnicę od 30 do 40 cm, gdyż wtedy zostaje zachowany optymalny stosunek pomiędzy objętością podłoża a powierzchnią zbioru owocników (GAPIŃSKI 1995).

INKUBACJA GRZYBNI I PLONOWANIE

Długość okresu inkubacji zależy od odmiany, rodzaju podłoża, temperatury oraz ilości grzybni użytej do inokulacji i trwa od 14 do 21 dni (KALBERER 1992). Pierwsze owocniki pojawiają się po 30–35 dniach od zaszczepienia podłoża grzybnią (Gapiński 1995). Okres od zaszczepienia podłoża grzybnią do wytworzenia owocników zależy od rodzaju podłoża, a także długości okresu pasteryzacji i waha się w szerokich granicach od 28 do 45 dni (ZIOMBRA 1998a). Po przerośnięciu podłoża przez grzybnię, co następuje według STAMETSA (2000) po 18–21 dniach, podłoże należy przenieść do pomieszczenia uprawowego. Boczniak mikołajkowy daje przeważnie dwa rzuty owocników co 14 dni. Plonowanie trwa około 45 dni (STAMETS 2000). W uprawie intensywnej 90% plonu zbiera się w pierwszym i drugim rzucie (ROYSE i ZAKI 1991).

Zbiór owocników przeprowadza się tak, aby linia cięcia była możliwie blisko podłoża. Wycina się całe skupiska owocników, aby stworzyć młodemu owocnikowi możliwość dalszego rozwoju. ZIOMBRA (1998a) zaleca dokonywać zbioru owocników, gdy brzegi kapeluszy uprzednio podwinięte, przechodzą do pozycji poziomej.

CZYNNIKI WPŁYWAJĄCE NA PRZEBIEG UPRAWY I PLONOWANIE BOCZNIAKA MIKOŁAJKOWEGO

Do czynników wpływających na przebieg uprawy boczniaka mikołajkowego należą: temperatura, wilgotność powietrza, wilgotność i odczyn podłoża oraz intensywność oświetlenia, a także skład gazowy atmosfery. Zapewnienie odpowiednich parametrów podczas uprawy warunkuje prawidłowy jej

przebieg oraz uzyskanie wysokiego plonu owocników dobrej jakości (STAMETS 2000).

TEMPERATURA

W literaturze znaleźć można różne dane odnośnie temperatury zapewniającej dobry wzrost grzybni boczniaka mikołajkowego. ZERVAKIS i współaut. (2001a) podają optymalną temperaturę jako 25°C. CHANG i HAYES (1978) i KALBERER (1992) określają tę temperaturę w zależności od odmiany boczniaka w przedziale 22–28°C. Badania prowadzone w kraju (ZIOMBRA 1996) wykazały, że optymalna temperatura wzrostu grzybni boczniaka mikołajkowego wynosiła 24°C. GAPIŃSKI (1995) stwierdził, że optymalna temperatura powietrza w okresie rozrastania się grzybni powinna wynosić 18–20°C. Zbyt niska, tj. poniżej 22°C, jak też zbyt wysoka, tj. powyżej 28°C, temperatura wpływa hamująco na wzrost grzybni (ZIOMBRA 1996). Obumieranie grzybni boczniaka mikołajkowego powoduje dłużej utrzymująca się temperatura w granicach 34–35°C. CZAKAJ i współaut. (2006) wykazali, że taka temperatura obniża wydajność biosyntezy enzymów i aktywizuje konkurencyjne grzyby pleśniowe, których formy przetrwalne nie zostały zniszczone w trakcie pasteryzacji.

Plonowanie boczniaka mikołajkowego zachodzi w szerokim zakresie temperatur wynoszącym od 15 do 21°C (ZIOMBRA 1998b). Część odmian boczniaka plonuje w niskich temperaturach poniżej 15°C, natomiast wiele z nich plonuje w wyższych temperaturach (GYURKÖ 1972). W wyższych temperaturach owocniki niektórych odmian boczniaka mogą być gorszej jakości (GINTEROVA 1985, ZIOMBRA 1991). Ze względu na stosunkowo duże wymagania cieplne w okresie plonowania, uprawę boczniaka mikołajkowego można z powodzeniem prowadzić latem (ZIOMBRA 1998a), bowiem optymalna temperatura dla plonowania wynosi od 18 do 20°C (CAILLEUX i DIOP 1978, ZIOMBRA 1999).

WILGOTNOŚĆ PODŁOŻA

Wilgotność podłoża ma istotne znaczenie dla wzrostu grzybni oraz plonowania wszystkich gatunków boczniaka. Wzrost grzybni gatunków rodzaju *Pleurotus* przebiega optymalnie w podłożu o wilgotności od 68 do 72%. Zarówno zbyt wysoka wilgotność podłoża, powyżej 75%, jak też zbyt niska, poniżej 70%, powoduje obniżenie tempa wzrostu grzybni (GEISSLER 1976, LELLEY i SCHMAUS 1976, HADAR i współaut. 1993). Wilgotność

podłoża zalecana przez różnych badaczy uzależniona jest od jego rodzaju. HADAR i współaut. (1993) zaleca optymalną początkową wilgotność podłoża z bawełny na poziomie 70%. FAN i współaut. (2006) stwierdzili, że najszybszy wzrost grzybni bocznika mikołajkowego oraz najwyższy stopień rozkładu związków lignino-celulozowych następował przy wilgotności początkowej odpadów powstałych w procesie produkcji kawy wynoszącej 60–65%. Wyższa wilgotność podłoża powodowała zahamowanie wzrostu grzybni oraz zmniejszała aktywność wytworzonych przez nią enzymów. Nadmierna wilgotność podłoża powodowała także obniżenie jego porowatości, co hamowało proces transportu tlenu w podłożu. Zbyt niska wilgotność podłoża ograniczała dostępność składników odżywczych, co skutkowało zahamowaniem wzrostu grzybni. Zalecenia odnośnie nawilżania podłoża są znacznie zróżnicowane. Nawilżanie podłoża aż do 75% wilgotności zaleca TSANG i współaut. (1987). GAPIŃSKI i współaut. (2001) podają za właściwy zakres wilgotności podłoża od 68 do 72%. Zdaniem tych autorów utrzymywanie wilgotności w podanym wyżej zakresie powoduje najintensywniejszy przyrost biomasy oraz szybkie przerośnięcie podłoża przez grzybnie.

WILGOTNOŚĆ POWIETRZA

Istotnym czynnikiem decydującym o wielkości oraz jakości plonu jest wilgotność powietrza, która może wahać się w szerokich granicach w zależności od fazy rozwojowej bocznika mikołajkowego (STAMETS 2000). W okresie wzrostu grzybni oraz tworzenia owocników wilgotność powietrza powinna być wysoka i zawierać się w przedziale od 85 do 95%, natomiast przed zbiorami należy ją obniżyć i utrzymywać na poziomie 70–80%. W okresie między rzutami plonowania, wilgotność powinna być znów podniesiona i wahać się od 85 do 95% (ZADRAŽIL 1978, IMBERNON i współaut. 1983, BISCO i DUDKA 1987, STAMETS 2000).

ODCZYN PODŁOŻA

Wartość pH podłoża w uprawie grzybów *Pleurotus* sp. jest dość zróżnicowana w zależności od gatunku i odmiany, a także od fazy rozwojowej grzybów (DUDKA 1978). Badania prowadzone w kraju przez ZIOMBĘ (1998a) pozwoliły określić optymalne pH podłoża w uprawie *Pleurotus ostreatus* oraz *Pleurotus precoce* od 6,0 do 7,2. W tym przedziale pH uzyskiwano najszybszy wzrost grzybni oma-

wianych gatunków na pożywce agarowej. Największy plon uzyskano natomiast przy pH wynoszącym od 6,8 do 7,6. Zdaniem LELLEYA (1991) optymalne pH podłoża dla rozwoju grzybów *Pleurotus* sp., w tym także *P. eryngii*, waha się w szerokich granicach i wynosi 5,2–7,0.

ZAWARTOŚĆ CO₂ W POWIETRZU

Skład gazowy atmosfery jest jednym z najbardziej istotnych czynników w uprawie bocznika. Zalecana koncentracja dwutlenku węgla uzależniona jest od fazy rozwojowej owocników. Inicjacja zawiązywania owocników oraz ich prawidłowe wykształcenie wymaga obniżenia stężenia dwutlenku węgla w powietrzu do wartości poniżej 0,1%. Przekroczenie tej wartości powoduje deformację owocników. Zwiększenie koncentracji dwutlenku węgla do poziomu 0,2% całkowicie hamuje ich tworzenie (CAILLEUX i DIOP 1978, ZADRAŽIL 1978, LABORDE 1987, EDER 1988, OLIVIER 1990, ROYSE i ZAKI 1991, ZIOMBRA 1998b).

Pomieszczenia uprawowe należy wietrzyć 3–4 razy na dobę (ZIOMBRA 1993). Stężenie dwutlenku węgla w pomieszczeniu uprawowym nie powinno przekraczać 0,08% (ZIOMBRA 1999). W trakcie prowadzenia uprawy maksymalne stężenie dwutlenku węgla powinno wynosić od 0,06 do 0,07% (EDER 1988, OVERSTIJNS 1990). Wysoka koncentracja CO₂ w okresie inkubacji jest w pewnym stopniu korzystna dla rozwoju bocznika, ponieważ chroni go przed patogenami oraz mikroorganizmami konkurencyjnymi, które przy wysokim stężeniu dwutlenku węgla słabo rosną lub też giną (ZADRAŽIL 1974b, GAPIŃSKI i ZIOMBRA 1988).

ŚWIATŁO

Gatunki oraz odmiany bocznika wymagają do wytworzenia prawidłowo wykształconych owocników oświetlenia o ściśle określonej intensywności (KALBERER 1974; KALBERER i VOGEL 1974a, b; ZADRAŽIL 1974a, b; VOLLAND-NAIL 1981; IMBERNON i współaut. 1983; ROYSE i ZAKI 1991). W okresie wzrostu grzybni światło nie jest niezbędne. Jednak w okresie inicjacji oraz wzrostu owocników jest ono podstawowym czynnikiem decydującym o uzyskaniu wysokiego plonu dobrej jakości (KALBERER 1974, LELLEY i SCHMAUS 1976, GINTEROVA 1985, LABORDE 1989, LELLEY 1991, GAPIŃSKI i współaut. 1992, GAPIŃSKI 1995). Badania ZIOMBRY (1998b) wykazały, że najwyższe plony uzyskać można oświetla-

jąc uprawę światłem fluorescencyjnym o natężeniu powyżej 500 lx przez 12 godzin na dobę. Plonowanie bocznika mikołajkowego zachodzi optymalnie przy zapewnieniu natężenia oświetlenia w granicach 400- 600 lx (ZIOMBRA 1999). Wzrost owocników uzależniony jest nie tylko od intensywności oświetlenia, ale także długości okresu świetlnego w rytmie dobowym. Potrzebną ilość światła niezbędną do wykształcenia owocników

można regulować, skracając czas oświetlenia przy jednoczesnym zwiększeniu jego natężenia. Możliwy jest także zabieg wydłużenia czasu oświetlenia przy zmniejszeniu jego intensywności (GYURKÖ 1972). Bocznik mikołajkowy wymaga oświetlenia od 10 do 12 godzin na dobę. Natężenie oświetlenia wywiera wpływ na cechy morfologiczne bocznika, między innymi wielkość kapelusza i długość trzonu (TRUKHONOVETS 1991).

PLEUROTUS ERYNGII – MAŁO ZNANY, WARTOŚCIOWY GATUNEK BOCZNIKA

Streszczenie

Bocznik mikołajkowy jest gatunkiem dotychczas mało znanym w Polsce. Jego owocniki charakteryzują się wysoką wartością odżywczą oraz dużymi walorami smakowymi. Na podkreślenie zasługuje również obecność wielu substancji biologicznie aktywnych decydujących o właściwościach prozdrowotnych tego grzyba. Z wymienionych powodów, bocznik mikołajkowy zasługuje na popularyzację w naszym

kraju, zarówno wśród producentów grzybów, jak i konsumentów. Aktualnie prowadzone są badania nad opracowaniem optymalnego składu podłoża oraz określeniem warunków uprawy, zapewniających uzyskanie wysokiego plonu owocników dobrej jakości. Prowadzone są także doświadczenia, których celem jest dobór odmian bocznika mikołajkowego najbardziej przydatnych do uprawy w naszym kraju.

PLEUROTUS ERYNGII – LITTLE KNOWN, VALUABLE SPECIES OF OYSTER MUSHROOM

Summary

Pleurotus eryngii named king oyster mushroom is a species little known in Poland. Carpophores of this species are characterized by high nutritional value and good flavor. They also contain many active substances which determine their medicinal properties. For these reasons *P. eryngii* is worth popularization in our country both among mushroom growers and consumers. King oyster mushroom can be

cultivated on a variety of lignocellulosic substrates. Currently many studies are being conducted to establish an optimal composition of substrates and growing conditions to obtain a high yield of good quality. The purpose of these experiments is also to determine the suitability of *P. eryngii* strains to cultivation in our country.

LITERATURA

- AKYUZ M., YILDIZ A., 2008. *Evaluation of cellulosic wastes for the cultivation of Pleurotus eryngii* (DC. ex Fr.) *Quel. Afr. J. Biotechnol.* 7, 1494-1499.
- AKYUZ M., KIRBAG S., 2009a. *Antimicrobial activity of Pleurotus eryngii var. ferulae grown on various agro-wastes.* *EurAsian J. BioSci.* 3, 58-63.
- AKYUZ M., KIRBAG S., 2009b. *Nutritive value of Pleurotus eryngii (DC. ex Fr.) Quel. var. eryngii grown on various agro-wastes.* *Philipp. Agric. Scientist* 92, 327-331.
- ALAM N., SHIM M. J., LEE M. W., SHIN P. G., YOO Y. B., LEE T. S., 2009. *Vegetative growth and phylogenetic relationship of commercially cultivated strains of Pleurotus eryngii based on ITS sequence and RAPD.* *Mycobiology* 37, 258-266.
- ALAM N., YOON K. N., LEE K. R., LEE J. S., LEE T. S., 2011a. *Phenolic compounds concentration and appraisal of antioxidant and antityrosinase activities from the fruiting bodies of Pleurotus eryngii.* *Adv. Environ. Biol.* 5, 1104-1113.
- ALAM N., YOON K. N., LEE J. S., CHO H. J., SHIM M. J., LEE T. S., 2011b. *Dietary effect of Pleurotus eryngii on biochemical function and histology in hypercholesterolemic rats.* *Saudi journal of biological sciences.* 18, 403-409.
- AZIZOLLAH A., GOLTAPPEH E. M., KASHI A., ARZANI K., 2005. *Effect of media and supplementation on yield of wild Pleurotus eryngii isolates Chaharmahal & Bkhtiary province (Iran).* The 5th International Conference on Mushroom Biology and Mushroom Products, April 8-12, Shanghai, China.
- BAE J. -S., PARK J. W., PARK S. H., PARK J. B., RHO Y.-H., RYU Y. B., LEE K.-S., PARK K.-H., BAE Y.-S., 2009. *Apoptotic cell death of human leukaemia U937 cells by ubiquinone-9 purified from Pleurotus eryngii.* *Nat. Product Res.* 23, 1112-1119.
- BALZÁS S. GYURKÖ P., KORONCZY I., 1973. *Gombatermesztés.* Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- BEETZ A., KUSTUDIA M., 2004. *Mushroom cultivation and marketing.* <http://www.mushroomcompany.com/resources/background/attramushroom.pdf>
- BISKO N. A., DUDKA I. A., 1987. *Biologija i kul'tivirovanije s'edobnykh gribov roda veshenka.* Nauk. Dumka, Kiev.
- CAILLEUX R., DIOP A., 1978. *La fructification du Pleurotus eryngii en conditions de culture non ster-*

- iles et ses incidences pratiques. Rev. Mycol. 42, 1-11.
- CHANG S. T., HAYES W. A., 1978. *The biology and cultivation of edible mushrooms*. Academic Press, New York.
- CHANG S. T., MILES P. G., 2004. *Mushrooms. Cultivation, nutritional value, medicinal effect and environmental impact*. CRC Press, Boca Raton, London, New York, Washington D.C.
- CHOI U.-K., BAJPAI V. K., LEE N. -H., 2009. Influence of calcinated starfish powder on growth, yield, spawn run and primordial germination of king oyster mushroom (*Pleurotus eryngii*). Food Chem. Toxicol. 47, 2830-2833.
- CZAKAJ J., RYSZKA L., SOKOŁ J. L., KRAKOWIAK A., 2006. Uzdarnianie słomy i odpadowych surowców ligninocelulozowych przy użyciu grzybów z rodzaju *Pleurotus*. Postępy Nauk Rolniczych 4, 111-119.
- DUBOST N. J., BEELMAN R., PETERSON D., 2006. Identification and quantification of ergothioneine in cultivated mushrooms by liquid chromatography – mass spectrometry. Int. J. Med. Mushrooms 8, 215-222.
- DUDKA I. A., 1978. *Промышленное культивирование съедобных грибов*. Naukova dumka, Kiev.
- EDER J., 1988. Kulturführung im *Pleurotus* - Anbau. Champignon 319, 26-34.
- EDER J., 1990. Untersuchungen zur Produktionstechnik für den Anbau von Austernpilz (*Pleurotus* ssp.) Mitt. Versuchsanst. Pilzanbau, Sonderh. 9.
- EDWARDS R., 2000. The missing link? Mushroom in permaculture. Permacult. Mag. 25, 37-39.
- FAN L., SOCCOL A. T., PANDEY A., PORTO DE SOUZA VANDENBERGHE L., SOCCOL C. R., 2006. Effect of coffeine and tannins on cultivation and fructification of *Pleurotus* on coffee husks. Braz. J. Microbiol. 37, 420-424.
- GAPIŃSKI M., 1995. *Boczniaak*. PWRiL, Poznań.
- GAPIŃSKI M., ZIOMBRA M., 1987. Wpływ różnych podłoży i dodatków wapnia na wzrost grzybni *Pleurotus ostreatus* (Fr.) Kumm. Probl. Hig. 1, 219-228.
- GAPIŃSKI M., ZIOMBRA M., 1988. Wpływ pasteryzacji i dodatku mocznika lub pomiotu kurzego do podłoża na plon boczniaaka ostrygowatego (*Pleurotus ostreatus* (Fr.) Kumm). Rocz. AR Poznań 180, 55-64.
- GAPIŃSKI M., WOŹNIAK W., ZIOMBRA M., 1992. *Boczniaak*. PWRiL, Poznań.
- GAPIŃSKI M., WOŹNIAK W., ZIOMBRA M., 2001. *Boczniaak. Technologia uprawy i przetwarzania*. PWRiL, Poznań.
- GEISSLER T., 1976. *Gemüseproduktion unter Glas und Platten*. Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin.
- GINTEROVÁ A., 1985. *Pestovanie húb*. Priroda, Bratislava, 124-160.
- GYURKÓ P., 1972. Die Rolle der Belichtung bei dem Anbau des Austernseitlings (*Pleurotus ostreatus*). Mushroom Sci. 8, 461-469.
- HADAR Y., KEREM Z., GRODECKI B., 1993. Biodegradation of lignocellulosic agricultural wastes by *Pleurotus ostreatus*. J. Biotechnol. 30, 133-139.
- HAN E. H., HWANG Y. P., KIM H. G., CHOI J. H., IM J. H., YANG J. H., LEE H. -U., CHUN S. -S., CHUNG Y. C., JEONG H. G., 2011. Inhibitory effect of *Pleurotus eryngii* extracts on the activities of allergic mediators in antigen-stimulated mast cells. Food Chem. Technol. 49, 1416-1425.
- HASSAN F. R. H., MEDANY G. M., HUSSEIN A., 2010. Cultivation of the king oyster mushroom (*Pleurotus eryngii*) in Egypt. Austr. J. Basic Applied Sci. 4, 99-105.
- HEINFLING A., RUIZ-DUEÑAS F. J., MARTÍNEZ M. J., BERGBAUER M., SZEWCZYK U., MARTÍNEZ A. T., 1998. NMR study of manganese (II) binding by a new versatile peroxidase from the white – rot fungus *Pleurotus eryngii*. FEBS Lett. 428, 141-146.
- HELTAY I., 1991. Substratvorbereitungs – Methoden für Pilzanbau, insbesondere das Xerothorn – Verfahren. Champignon 358, 24-41.
- HILBER O., 1982. Die Gattung *Pleurotus*. Cramer. Vaduz.
- HILBER O., 1989. Valid, invalid and confusing taxa of the genus *Pleurotus*. Mushroom Sci. 12, 241-248.
- HOUEDEAU G., OLIVIER I. M., LIBMOND S., BAWADIKJI H., 1991. Improvement of *Pleurotus* cultivation. [W:] Science and cultivation of edible fungi. MAHER M. J. (red.). Balkema, Rotterdam, 549-554.
- IMBERNON M., 1981. Caracteristiques des meilleurs souches de *Pleurotus ostreatus* obtenues par hybridation. Mushroom Sci. 11, 531-540.
- IMBERNON M., BRIAN C., GRANIT S., 1983. *Neue Pleurotus (Austernpilz) – Stämme, die wichtigsten Kultureigenschaften*. Champignon 258, 12-17.
- IMBERNON M., HOUEDEAU G., MILLER L., 1991. *Pleurotus pulmonarius* 3300 INRA – Somyel, a new poorly sporulating strain. [W:] Science and cultivation of edible fungi. MAHER M. J. (red.). Balkema, Rotterdam, 555-559.
- JANDAİK C. L., KAPOOR J. N., 1974. Studies on the cultivation of *Pleurotus sajor-caju*. Mushroom Sci. 9, 667-672.
- JEONG Y.-T., JEONG S.-C., GU Y.-A., ISLAM R., SONG C.-H., 2010. Antitumor and immunomodulating activities of endo-biopolymers obtained from a submerged culture of *Pleurotus eryngii*. Food Sci. Biotechnol. 19, 339-404.
- JU H.-Y., 1994. *Oyster mushroom cultivation*. Department of Plant Science, Nova Scotia Agricultural College, Truro, Canada.
- JUNG H. J., BAE I. Y., LEE S., LEE H. G., 2011. Effect of the degree of sulfation on the physicochemical and biological properties of *Pleurotus eryngii* polysaccharides. Food Hydrocolloids 25, 1291-1295.
- KALBARCZYK J., JAMROZ J., KASPEREK K., 1992. Wpływ aktywności enzymatycznej grzybni na wydajność biomasy grzybni i owocników *Pleurotus ostreatus*. Biul. Inf. Przem. Pasz. 31, 75-83.
- KALBERER P., 1974. The cultivation of *Pleurotus ostreatus*. Mushroom Sci. 9, 653-661.
- KALBERER P., 1992. *Moderne Methoden des Pleurotus - Anbaus*. Champignon 369, 176-184.
- KALBERER P., VOGEL E., 1974a. Untersuchungen zur Kultur von *Pleurotus*. Verschiedene Substrat - Fermentationen, Kulturtemperaturen und Brutsorten. Gemusebau 37, 37-39.
- KALBERER P., VOGEL E., 1974b. Untersuchungen zur Kultur von *Pleurotus*. Einfluss des Grassmehl – Anteils im Substrat, sowie der Brutmenge auf den Ertrag bei *Pleurotus ostreatus* Typ florida. Schweiz. Z. Speisepilz – Anbau 1, 7-11.
- KAWAI G., BABASAKI K., NEDA H., 2008. Taxonomic position of a Chinese *Pleurotus* "Bai-Ling-Gu", it belongs to *Pleurotus eryngii* (DC., Fr.) Quel. and evolved independently in China. Mycoscience 49, 75-87.
- KEREM Z., FRIESEM D., HADAR Y., 1992. Lignocellulose degradation during solid – state fermentation, *Pleurotus ostreatus* versus *Phanerochaete chrysosporium*. Appl. Environ. Microbiol. 58, 1121-1127.
- KIM M. K., MATH R. K., CHO K. M., SHIN K. J., KIM J. O., RYU J. S., LEE Y. H., YUN H. D., 2008. Effect of *Pseudomonas* sp. P7014 on the growth of edible mushroom *Pleurotus eryngii* in bottle culture for commercial production. Bioresour. Technol. 99, 3306-3308.

- KIRBAG S., AKYUZ M., 2008. *Evaluation of agricultural waste for the cultivation of Pleurotus eryngii (DC. ex Fr.) Quel. var. ferulae Lanzi. Afr. J. Biotechnol.* 7, 3660–3664.
- KWON H., KIM B. S., 2004. *Mushroom Grower's Handbook 1 "Oyster Mushroom Cultivation"*. MushWorld, Korea, 7, 110–122.
- LABORDE J., 1987. *Propositions pour une amelioration de la culture des Pleurotus*. Bull. Fed. Nat. Syndicate. Agric. Cult. Champignons 33, 1065–1083.
- LABORDE J., 1989. *Technologie moderne de production des Pleurotus*. Mushroom Sci. 12, 135–155.
- LANG W. F., LI D. D., ZHOU J. H., CHEN W., LI F., 1993. *Relation of IL-2, IL-3 and IL-4 with allergic asthma induced by spores of mushroom (Pleurotus sp.)*. Biomed. Environ. Sci. 6, 281–285.
- LELLEY J., 1972. *Neuer Speisepilz für Anbauer und Verbraucher der Austernseitling*. Champignon 125, 14–15.
- LELLEY J., 1974. *Erfahrungen über den Austernpilz Pleurotus ostreatus (Jacq. ex Fr.) Kummer. Die morphologischen Merkmal und Wertigenschaften des Austernpilzes*. Der Champignon 152, 15–21.
- LELLEY J., 1991. *Pilzanbau*. Biotechnologie der Kulturspeisepilze. Ulmer, Stuttgart.
- LELLEY J., SCHMAUS F., 1976. *Pilzanbau*. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart.
- LEWINSOHN D., WASSER S.P., RESHETNIKOV S.V., HADAR Y., NEVO E., 2002. *The Pleurotus eryngii species-complex in Israel, distribution and morphological description of a new taxon*. Mycotaxon 81, 51–67.
- MARTÍNEZ A. T., CAMARERO S., GUILLÉN F., GUTIERREZ A., MUNOZ C., VARELA E., MARTÍNEZ M. J., BARRASA J. M., RUEL K., PELAYO J. M., 1994. *Progress in biopulping of non-woody materials, chemical, enzymatic and ultrastructural aspects of wheat straw delignification with ligninolytic fungi from the genus Pleurotus*. FEMS Microbiol. Rev. 13, 265–274.
- MARTÍNEZ-CARRERA D., 1989. *Past and future of edible mushroom cultivation in tropical America*. Mushroom Sci. 12, 795–805.
- MESTER T., FIELD J.A., 1998. *Characterization of a novel manganese peroxidase – lignin peroxidase hybrid isozyme produced by Bjerkandera species strain BOS 55 in the absence of manganese*. J. Biol. Chem. 273, 15412–15417.
- MOONMOON M., UDDIN M. N., AHMED S., SHELLY N. J., KHAN M. A., 2010. *Cultivation of different strains of king oyster mushroom (Pleurotus eryngii) on sawdust and rice straw in Bangladesh*. Saudi J. Biol. Sci. 17, 341–345.
- MÜLLER E., LOEFFLER W., 1992. *Zarys mikologii*. PWRiL, Warszawa.
- MUÑOZ C., GUILLÉN F., MARTÍNEZ A. T., MARTÍNEZ M. J., 1997. *Laccase isoenzymes of Pleurotus eryngii, characterization, catalytic properties, and participation in activation of molecular oxygen and Mn²⁺ oxidation*. Appl. Environ. Microbiol. 63, 2166–2174.
- NESPIAK A., 1974. *Atlas grzybów leśnych*. PWRiL, Warszawa.
- NILSSON S., PERSSON O., 1978. *Fungi of Northern Europe*. Gris Impressores. Portugal.
- OEI P., 2003. *Mushroom cultivation*. Backhuys Publishers Leiden, Netherlands.
- OLIVIER J. M., 1990. *Les besoins des Pleurotus cultives*. Bull. Fed. Nat. Syndicate Agric. Cult. Champignons 45, 33–51.
- OLSON J. A., 1987. *Pleurotus spores as allergens*. Mushroom J. 172, 115–177.
- OVERSTIJNS A., 1990. *Muss Pleurotus – Substrat konditioniert werden oder nicht? Der Champignon* 348, 36–39.
- PANI B., PANDA S., 1997. *Utilization of some byproducts and other wastes for sporophore production of oyster mushroom*. Orissa J. Horticult. 25, 26–29.
- POPPE J., 2004. *Mushroom Grower's Handbook 1 "Oyster Mushroom Cultivation"*. MushWorld 2004, Korea, 5, 75–85.
- QUIMIO T. H., 2004. *Mushroom Grower's Handbook 1 "Oyster Mushroom Cultivation"*. MushWorld 2004, Korea, 1, 4–12.
- RAVASH R., SHIRAN B., ALAVI A.-A., BAYAT F., RAJAEI S., ZERVAKIS G. I., 2010. *Genetic variability and molecular phylogeny of Pleurotus eryngii species-complex isolates from Iran, and notes on the systematic of Asiatic populations*. Mycol. Progress 9, 181–194.
- RO H. S., KIM S. S., RYU J. S., JEON C. O., LEE T. S., LEE H. S., 2007. *Comparative studies on the diversity of the edible mushroom Pleurotus eryngii, ITS sequence analysis, RAPD fingerprinting, and physiological characteristic*. Mycol. Res. 111, 710–715.
- RODRIGUEZ-ESTRADA A. E., ROYSE D. J., 2006. *Yield, size and bacterial blotch resistance of Pleurotus eryngii grown on cottonseed hulls/oak sawdust supplemented with manganese, copper and whole ground soybean*. Bioresour. Technol. 98, 1898–1906.
- RODRIGUEZ-ESTRADA A. E., JIMENEZ-GASCO M. M., ROYSE D. J., 2009. *Improvement of yield of Pleurotus eryngii var. eryngii by substrate supplementation and use of a casing overlay*. Bioresource Technol. 100, 5270–5276.
- RODRIGUEZ-ESTRADA A. E., JIMENEZ-GASCO M. M., ROYSE D. J., 2010. *Pleurotus eryngii species complex, Sequence analysis and phylogeny based on partial EF1α and RPB2 genes*. Fungal Biol. 114, 421–428.
- ROYSE D. J., 1997. *Specialty mushrooms and their cultivation*. Horticultural Rev. 19, 59–97.
- ROYSE D. J., ZAKI S. A., 1991. *Yield stimulation of Pleurotus flabellatus by dual nutrient supplementation of pasteurized wheat straw*. [W:] *Science and cultivation of edible fungi*. MAHER M. J. (red.) Balkema, Rotterdam, 545–547.
- ROYSE D. J., SANCHEZ-VAZQUEZ J. E., 1999. *Effect of Brewer's grain and delayed release nutrient supplementation on yield and size of Pleurotus eryngii (King oyster mushroom)*. [W:] *Mushroom Biology and Mushroom Products*. BRODERICK A., NAIR T. (red.). Proceedings of the 3rd Int. Conf. Sydney, Australia, 36–367.
- RUIZ-DUEÑAS F. J., MARTÍNEZ M. J., MARTÍNEZ A. T., 1999. *Molecular characterization of a novel peroxidase isolated from the ligninolytic fungus Pleurotus eryngii*. Mol. Microbiol. 31, 223–236.
- SANJEEV S., RAI R. D., 1992. *Effect of pretreatments of wheat straw on biodegradation by Pleurotus sajor-caju (Fr.) Sign.* Mushroom Res. 1, 131–133.
- STAJIC M., PERSKY L., FRIESEM D., HADAR Y., WASSER S.P., NEVO E., VUKOJEVIC J., 2006. *Effect of different carbon and nitrogen sources on laccase and peroxidases production by selected Pleurotus species*. Enzyme Microb. Technol. 38, 65–73.
- STAMETS P., 2000. *Growing gourmet and medicinal mushrooms* Wyd. 3. Ten Speed Press, Berkeley, CA, 355–369.
- SUN P.-J., YU J.-J., 1989. *The cultivation of Pleurotus mushrooms on sterilized substrate in the field*. Mushroom Sci. 12, 219–228.
- SYNYTSYA A., MICKOVA K., SYNYTSYA A., JABLONSKY I., SPEVACEK J., ERBAN V., KOVARIKOVA E., COPIKOVA J., 2009. *Glucans from fruit bodies of cultivated*

- mushroom *Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus eryngii*, structure and potential prebiotic activity. Carbohydr. Polym. 76, 548–556.
- SZARVAS J., GEOSL A., PAL K., NAAR Z., GYORFI J., 2011. Comparative studies of the cultivable king oyster mushrooms [*Pleurotus eryngii* (DC., Fr.) Quel.] isolated by RAPD-PCR method. Acta Alimentaria 40 (Suppl.), 214–221.
- TERASHITA T., UMEDA M., SAKAMOTO R., ARAI N., 1997. Effect of corn fiber on the fruit body prod. of edible mushrooms. Nippon Kigakukai Japan 8, 243–248.
- TRUKHONOVETS V., 1991. Effect of illumination intensity on the formation of fruiting bodies in *Pleurotus ostreatus* (Jacq. Fr.) Kumm. Ukr. Bot. Zh. 48, 67–72.
- TSANG J. L., REID D. I., COXWORTH E. C., 1987. Delignification of wheat straw by *Pleurotus* spp. under mushroom growing conditions. Appl. Environ. Microbiol. 53, 1304–1306.
- UPADHYAY R. C., VERMA R. N., SINGH S. K., YADAV M. C., 2003. Effect of organic nitrogen supplementation in *Pleurotus* species. National Research Centre for Mushroom, Chambaghat, Splan, India, Mushroomworld, 92.
- URBANELLI S., DELLA ROSA V., FANELLI C., FABBRI A. A., REVERBERI M., 2003. Genetic diversity and population structure of the Italian fungi belonging to the taxa *Pleurotus eryngii* (DC.: Fr.) Quel and *P. ferulae* (DC.: Fr.) Quel. Hereditas 90, 253–259.
- VETTER I., 1992. Der Anbau verschiedener Lignozellulosen durch Anbau des Austernpilzes (*Pleurotus ostreatus*). Mikologie 58, 161–172.
- VOLLAND-NAIL P., 1981. Action de la lumière sur la fructification du *Pleurotus du Québec*. Mushroom Sci. 11, 511–522.
- WANG Y., WAN C., YANG J., CHEN J., YUAN T., ZHAO J., 2010. Collection of group characteristics of *Pleurotus eryngii* using machine vision. Int. Fed. Inform. Processing AICT 317, 98–103.
- WARIISHI H., AKILESWARAN L., GOLD M. H., 1988. Manganese peroxidase from the basidiomycete *Phanerochaete chrysosporium*, spectral characterization of the oxidized states and the catalytic cycle. Biochemistry 27, 5365–5370.
- ZADRAŽIL F., 1973. *Pleurotus* – Sporen – Allergie. Champignon 140, 9–10.
- ZADRAŽIL F., 1974a. The ecology and industrial production of *Pleurotus ostreatus*, *Pleurotus florida*, *Pleurotus cornucopiae* and *Pleurotus eryngii*. Mushroom Sci. 9, 621–652.
- ZADRAŽIL F., 1974b. Aktivmyzel – eine Ersparnis für die *Pleurotus* Herstellung. Champignon 151, 5–6.
- ZADRAŽIL F., 1978. Cultivation of *Pleurotus*. [W:] The biology and cultivation of edible mushrooms. CHANG S. T., STAYES W. A. (red.). Academic Press, New York, 521–557.
- ZAFAR S. I., 1989. Contribution of basidiomycete fungi in the natural process self biodegradation of wood in forest stands. Pak. J. For. 39, 135–141.
- ZERVAKIS G., LA ROCCA S., VENTURELLA G., 2000. *Pleurotus eryngii* var. *elaoselini* var. nov. from Sicily. Mycotaxon 76, 419–427.
- ZERVAKIS G., PHILIPPOUSSIS A., IOANNIDOU S., IAMANTOPOULOU P., 2001a. Mycelium growth kinetics and optimal temperature conditions for the cultivation of edible mushroom species on lignocellulosic substrates. Folia Microbiol. (Praha), 46, 231–234.
- ZERVAKIS G., VENTURELLA G., PAPADOPOULOU K., 2001b. Genetic polymorphism and taxonomic infrastructure of the *Pleurotus eryngii* species complex as determined by RAPD analysis, isozyme profiles and ecomorphological characters. Microbiology 147, 3183–3193.
- ZHIYUAN G., 2002. Effects of nutrition and environment on the mycelia growth of *Pleurotus eryngii*. Acta Edulis Fungi 9, 13–17.
- ZIOMBRA M., 1986. Wpływ podłoża i pasteryzacji na plonowanie bocznika *Pleurotus ostreatus* (Fr.) Kumm. Roczniki AR, Poznań 165, 161–174.
- ZIOMBRA M., 1988. Wpływ różnych dodatków do podłoża na wzrost grzybni bocznika ostrego *Pleurotus ostreatus* (Fr.) Kumm. Roczniki AR, Poznań 180, 191–201.
- ZIOMBRA M., 1991. Porównanie cech morfologicznych owocników grzybów z rodzaju *Pleurotus* sp. Roczniki AR, Poznań 225, 173–179.
- ZIOMBRA M., 1993. Plonowanie różnych odmian bocznika w zależności od pasteryzacji podłoża. [W:] Materiały Ogólnopolskiego Sympozjum „Nowe rośliny i technologie w ogrodnictwie” AR, Poznań, 82–85.
- ZIOMBRA M., 1994. Charakterystyka odmian bocznika. [W:] Hodowla i nasiennictwo roślin ogrodniczych. DUCZMAŁ K. W., TUCHOLSKA H. (red.). Wydawnictwo Akademii Rolniczej w Poznaniu, Poznań, 329–331.
- ZIOMBRA M., 1996. Wzrost grzybni i plonowanie kilku taksonów bocznika na wybranych podłożach. Materiały VI Zjazdu Hodowców Roślin Ogrodniczych „Hodowla roślin o podwyższonej jakości” AR, Kraków, 293–297.
- ZIOMBRA M., 1998a. Wpływ podłoża i pasteryzacji na plonowanie bocznika *Pleurotus eryngii* (Fr.) Quel. Roczniki AR, Poznań 304, 373–376.
- ZIOMBRA M., 1998b. Wpływ niektórych czynników na wzrost grzybni i plonowanie bocznika. Roczniki AR, Poznań 278, 1–75 (rozprawa habilitacyjna).
- ZIOMBRA M., 1999. Influence of substrate pasteurization methods on yielding of some *Pleurotus* cultivars. Research Institute of Vegetable Crops Skierniewice Poland, Vegetable Crops Res. Bull. 51.
- ZIOMBRA M., 2002. Wpływ różnych podłoży na wzrost grzybni i plonowanie odmian bocznika (*Pleurotus* sp.). Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, PAN 485, 404–409.
- ZIOMBRA M., GAPIŃSKI M., 1986. Wpływ podłoża i pasteryzacji na wzrost grzybni bocznika *Pleurotus ostreatus* (Fr.). Roczniki AR, Poznań 165, 175–183.
- ZIOMBRA M., GAPIŃSKI M., 1994. Wzrost grzybni i plonowanie bocznika w zależności od odmiany i przygotowania podłoża. Materiały z Sympozjum z okazji 30-lecia Instytutu Warzywnictwa „Integrowane metody produkcji warzyw”. Inst. Warzywn., Skierniewice.