

## **Biologia, właściwości żywieniowe oraz uprawa twardziaka jadalnego *Lentinula edodes* (BERK.) SING.**

*Marek Siwulski, Jolanta Lisiecka, Krzysztof Sobieralski, Iwona Sas-Golak,  
Agnieszka Jasińska*

*Katedra Warzywnictwa, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu  
ul. Dąbrowskiego 159, 60-594 Poznań  
e-mail: [fungus@up.poznan.pl](mailto:fungus@up.poznan.pl)*

**Słowa kluczowe:** shiitake, właściwości lecznicze, warunki wzrostu, uprawa

### **Wstęp**

Twardziak jadalny – *Lentinula edodes* (BERK.) SING. występuje na Dalekim Wschodzie, głównie w Japonii, Korei i Chinach. Spotkać go można także w Wietnamie, Tajlandii, Birmie, w północnej części Borneo, Filipinach, na Tajwanie i w Papui Nowej Gwinei [91, 97]. Powszechnie znany jest pod japońską nazwą – „shiitake”. Nazwa ta wywodzi się od słów: „shii” – japońskiej nazwy drzewa, na którym w warunkach naturalnych grzyb ten występuje oraz „take”, co po japońsku znaczy „grzyb” [82, 97]. Twardziak jadalny, w najnowszej polskiej nomenklaturze nazywany twardnikiem japońskim, należy do królestwa grzybów *Fungi*, klasy podstawczaków – *Basidiomycetes*, rodziny twardzioszkowatych – *Marasmiaceae*, należącej do rzędu pieczarokowców – *Agaricales* [82]. Shiitake tworzy okrągłe owocniki średnicy od 5 do 25 cm. Początkowo są one wypukłe, z podwiniętymi brzegami, w miarę dojrzewania stają się płaskie. Barwa kapelusza młodych owocników jest ciemnobrązowa do prawie czarnej, u starszych jest znacznie jaśniejsza. Powierzchnia kapelusza jest pozbawiona śluzu i pokryta charakterystycznymi białymi kosmkami. Długość trzonu, na którym jest osadzony kapelusz twardziaka, wynosi 2–4 cm, a średnica 0,8–1,3 cm [82, 91].

Odmiany produkcyjne twardziaka różnią się wzrostem grzybni, wielkością plonu i przebiegiem plonowania, a także cechami morfologicznymi owocników [8, 80, 81, 83, 84, 86, 89, 90].

Twardziak cieszy się bardzo dużym zainteresowaniem konsumentów. Zainteresowanie to wynika z jego wyjątkowych walorów smakowych, dużej wartości odżywczej

czej, a także udokumentowanych badaniami klinicznymi właściwości leczniczych [91, 97]. W ostatnich latach obserwuje się dynamiczny wzrost produkcji shiitake, także poza głównymi obszarami uprawy (Chiny i Japonia), między innymi w Stanach Zjednoczonych [30, 76]. W Europie produkcja shiitake prowadzona jest na stosunkowo małą skalę. W Polsce grzyb ten należy do gatunków mało znanych, a jego roczna produkcja nie przekracza kilku ton [82].

## Wartość odżywcza i właściwości lecznicze

Od dawna ludzie doceniają grzyby zarówno ze względu na ich właściwości odżywcze jak i lecznicze [14, 20, 55, 63, 71, 94, 96, 98]. Stanowią one bowiem bogate źródło wielu witamin i pierwiastków [7, 29, 50]. Dostarczają również niezbędnych aminokwasów [52] oraz wielu związków bioaktywnych [19, 46, 65]. Grzyby zalicza się do żywności funkcjonalnej czyli produktów wykazujących, udokumentowany licznymi badaniami naukowymi, wpływ na zdrowie człowieka [5, 9, 10, 15, 46, 51, 54, 95, 101, 104]. Jak podają Hyde i in. [33], grzyby znalazły także zastosowanie w przemyśle kosmetycznym.

Twardziak charakteryzuje się zarówno wysokimi właściwościami odżywczymi, jak i leczniczymi [42, 97]. Świeże owocniki tego grzyba zawierają 88–92% wody, białko, tłuszcze, cukry oraz witaminy i związki mineralne, natomiast suszone są szczególnie bogate w węglowodany i białko [97]. Zawarte w nich wielocukry działają antynowotworowo [34, 54]. Przeprowadzone badania wykazały, że szczególnie silne działanie antynowotworowe ma wyizolowany z twardziaka  $\beta$ -glukan o nazwie lentinan [92, 105, 106]. Jak wykazują liczne badania, zawartość substancji czynnych zależy między innymi od warunków uprawy, odmiany i fazy dojrzałości owocników twardziaka [2, 11, 39] oraz przechowywania i sposobu przyrządzania owocników [23, 35, 53]. Badania wykazały, że preparaty z ekstraktów grzybni twardziaka mają bardzo silne właściwości przeciwnowotworowe, a ich działanie polega na aktywowaniu systemu odpornościowego [41, 99]. Niektórzy badacze twierdzą, że hamują namnażanie wirusa HIV [91, 97]. W innych badaniach stwierdzono, że wyciągi z twardziaka działają antybakteryjnie [13, 32, 40] i mogą być między innymi wykorzystywane w ochronie roślin [22, 27, 61, 79]. Jak wykazały badania, zawarta w twardziaku eritadenina wpływa na obniżenie stężenia frakcji cholesterolu LDL we krwi [25]. Owocniki tego grzyba są także bogate w antyoksydanty [19]. Badania Kalbarczyka i in. [36] wykazały przydatność owocników twardziaka jako cennego dodatku do konserw mięsnych. Hyde i in. [33] podają, że jest on składnikiem wielu kosmetyków o działaniu odmładzającym.

## Czynniki wpływające na wzrost i rozwój twardziaka jadalnego

Jak wykazały liczne badania jednym z najważniejszych czynników wpływających na wzrost i rozwój oraz plonowanie twardziaka jest podłoże [1, 4, 56, 76, 81, 100]. Rozwój grzybni i plonowanie twardziaka uzależnione są także od odmiany [47, 80, 81, 83, 84, 86, 87, 88, 89, 90] oraz szeregu czynników klimatycznych [17, 58, 91].

Oei [58] wyróżnia pięć podstawowych faz w uprawie twardziaka: wzrost grzybni (inkubacja), zawiązywanie owocników, zbiór owocników pierwszego rzutu, regeneracja oraz zbiór następnego rzutu. Według tego samego autora, inkubacja grzybni trwa 30–120 dni, indukcja owocników 2–4 dni, a pierwszy zbiór 7–14 dni. Zbiór drugi jest krótszy i trwa 2–4 dni. Na regenerację grzybni potrzebuje 7–21 dni. Natomiast Stamets [91] podaje, że inkubacja grzybni twardziaka trwa 35–70 dni, indukcja owocników 5–7 dni, a owocniki tworzą się i dorastają w okresie 5–8 dni. Przerwa między zbiorami trwa 2–3 tygodnie. W badaniach Salmones i in. [72], w zależności od zastosowanego podłoża, inkubacja grzybni trwała 30–62 dni.

Podstawowym czynnikiem klimatycznym, decydującym o powodzeniu uprawy jest temperatura. Twardziak rozwija się w szerokim zakresie temperatur, tj. 5–32°C [16, 17, 58]. Zbyt niska temperatura ogranicza pobieranie składników pokarmowych, spowalnia procesy enzymatyczne i hamuje oddychanie. Natomiast w zbyt wysokiej temperaturze może nastąpić denaturacja białek [17]. Optymalna temperatura w okresie wzrostu grzybni to 24–27°C, a w okresie owocowania około 15°C ( $\pm 1$ –2°C w zależności od odmiany) [17]. Oei [58] podaje, że w okresie inkubacji i regeneracji grzybni temperatura powinna wynosić 20–30°C, w okresie indukcji owocników 10–20°C, w czasie I cyklu zbiorów 12–18°C, natomiast podczas II cyklu zbiorów 10–20°C. Według Stametsa [91] w okresie inkubacji należy utrzymywać temperaturę 21–27°C, w okresie formowania zawiązków owocników 10–16°C, a dla pełni owocowania najkorzystniejsza temperatura to 16–18°C. Lee i in. [43] najszybszy wzrost grzybni uzyskali w temperaturze 24,7°C.

Chen i in. [16], uwzględniając wymagania termiczne podczas owocowania, podzielili odmiany twardziaka na 4 grupy. Odmiany wymagające najniższej temperatury, tj. ok. 10°C zaliczyli do grupy pierwszej. W drugiej grupie znalazły się odmiany o nieco wyższych wymaganiach termicznych, tj. 10–18°C, a w trzeciej – 20°C lub więcej. Czwartą grupę tworzą odmiany, u których owocniki powstają w bardzo szerokim zakresie temperatur, tj. 5–35°C. Stamets [91] wyróżnia dwie grupy odmian twardziaka, tj. odmiany klimatu zimnego oraz ciepłego. Odmiany klimatu zimnego zawiązują owocniki w temperaturze 10–16°C, a ich wzrost przebiega najlepiej w temperaturze 16–18°C. Odmiany klimatu ciepłego wiążą natomiast owocniki w temperaturze 16–21°C, a optymalna temperatura rozwoju owocników to 21–27°C.

Istotnym czynnikiem w uprawie twardziaka jest odpowiednie sterowanie przebiegiem temperatury w trakcie cyklu uprawowego. Zdaniem szeregu autorów, moczenie

bloków podłoża w wodzie jest bardzo dobrą metodą stymulacji twardziaka do owocowania. Według Stametsa [91] optymalna temperatura wody użyta do moczenia bloków powinna wynosić 7–13°C, a moczenie powinno trwać 48 godzin. Według tego autora, można do moczenia użyć także wody o temperaturze 15–16°C przez 24 godziny. Royse [67] zaleca moczenie bloków podłoża w temperaturze 12°C przez 3–4 godziny. W ostatnich latach bada się szereg innych metod stymulacji twardziaka w celu spowodowania owocowania. Stosuje się m.in. metodę odwracania bloków podłoża o 180°, a także nakłuwanie igłami metalowymi i iniekcje wodą [16].

Kolejnym czynnikiem decydującym o wzroście i rozwoju twardziaka jest wilgotność podłoża. Optymalna wilgotność podłoża waha się w przedziale 57–70% [91]. Według Royse i Sanchez [68] oraz Royse [67] wilgotność podłoża do uprawy powinna wynosić około 60%, a według Oei [58] optymalna wilgotność to 55–65%. Chen [17] podaje, że wilgotność podłoża w czasie wzrostu grzybni powinna wynosić 55%, a w czasie owocowania 50–55%. Shen i in. [76] największe plony uzyskali przy wilgotności podłoża około 55%.

W czasie uprawy ważne jest utrzymywanie odpowiedniej wilgotności powietrza. Według Chen [17] wilgotność względna powietrza w czasie wzrostu grzybni powinna wynosić poniżej 75%, a w czasie owocowania 85–95%. Oei [58] za optymalną wilgotność powietrza w okresie inkubacji uważa 65–70%, w czasie zawiązywania owocników 85–95%, natomiast w czasie zbiorów I cyklu – 60–80% i II cyklu – 85–95%. W czasie regeneracji grzybni wilgotność względna powietrza, według tego autora, powinna wynosić 65–70%. Stamets [91] jako optymalne dla poszczególnych faz uprawy zaleca nieco wyższe wartości, tj. dla wzrostu grzybni i tworzenia zawiązków owocników 95–100%, a dla owocowania 60–80%, natomiast Siwulski i in. [82] odpowiednio 75–95% i 60–80%.

Twardziak jest gatunkiem grzyba, który dla prawidłowego wzrostu i rozwoju potrzebuje światła. Stamets [91] uważa, że światło jest niezbędne tak podczas inkubacji jak i owocowania. W czasie inkubacji optymalne natężenie światła powinno wynosić 50–100 lx, a w okresie zawiązywania i dorastania owocników 200–2000 lx. Oei [58] podaje, że światło nie jest potrzebne w okresie inkubacji oraz regeneracji grzybni. Natomiast w czasie tworzenia owocników i owocowania natężenie światła powinno wynosić 500–1000 lx. W badaniach Siwulskiego [81] zastosowane natężenie światła w zakresie 50–1000 lx, nie miało istotnego wpływu na wielkość plonu i cechy morfologiczne owocników twardziaka. Natomiast światło o natężeniu 2000 lx spowodowało nieznaczne zmniejszenie plonu.

Chen [17] podaje, że wzrost grzybni twardziaka w podłożu uzależniony jest między innymi od jego odczynu. Według tej samej autorki, twardziak preferuje kwaśne środowisko, ale grzybnia może rozwijać się w szerokim zakresie pH = 3–7, jednak optymalny wzrost obserwuje się przy pH wynoszącym 4,5–5,5. Natomiast na początku uprawy podłoże powinno mieć pH 5–6. Siwulski i in. [82] podają, że grzybnia może rosnać zarówno w środowisku kwaśnym, jak i zasadowym. Za

optymalną dla rozwoju grzybni autorzy podają wartość pH od 3,5 do 4,3. W badaniach Hassegawa i in. [31] najkorzystniejszym dla rozwoju grzybni było pH 3,0–3,5, natomiast w badaniach Lee i in. [43] pH 4,7.

Niezwykle ważnym czynnikiem w uprawie twardziaka jest stężenie dwutlenku węgla. Według Stametsa [91] w czasie wzrostu grzybni toleruje stężenie dwutlenku węgla nawet powyżej 10 000 ppm. Jednak zbyt wysokie stężenie dwutlenku węgla w okresie inkubacji może mieć negatywny wpływ na wielkość plonu twardziaka, zwłaszcza podczas I cyklu zbioru owocników [37]. Według Royse [67], w czasie dojrzewania grzybni w końcowej fazie inkubacji optymalne stężenie CO<sub>2</sub> powinno wynosić od 2200 do 3000 ppm, natomiast w czasie owocowania powinno być znacznie mniejsze. Według Stametsa [91] i Royse [66], do prawidłowego zawiązywania owocników wystarcza stężenie dwutlenku węgla w powietrzu nieprzekraczające 1200 ppm. Siwulski [81] uzyskał owocniki o najkorzystniejszych cechach przy stężeniu 300–600 ppm.

W podłożu stosowanym w uprawie twardziaka mogą znajdować się szkodliwe organizmy, np. grzyby z rodzaju *Trichoderma*, które mogą ograniczać, a nawet całkowicie zahamować wzrost grzybni i spowodować znaczne straty w uprawie [74, 78]. Najskuteczniejszą metodą ograniczenia lub też całkowitego wyeliminowania wymienionych mikroorganizmów jest proces sterylizacji. W uprawie twardziaka podłoże sterylizuje się w temperaturze 121°C w czasie 2 godzin [67, 81] lub 1 godziny [75]. Oei [58] podaje, że na Tajwanie skuteczną sterylizację uzyskuje się już w temperaturze 96–98°C. Mata i in. [47] w swoich badaniach utrzymywali temperaturę 121°C przez 1,5 godziny, a Siwulski [81] przez 2 godziny. Innym sposobem zwalczania szkodliwych grzybów, a także innych organizmów, jest pasteryzacja. Savoie i Mata [75] oraz Mata i Savoie [48] zalecają utrzymywanie temperatury 65°C przez 12–24 godziny. Siwulski [81] wykazał, że pasteryzacja jest znacznie mniej skuteczna od sterylizacji w ograniczeniu występowania zakażeń podłoża grzybami rodzaju *Trichoderma*, a uzyskiwany plon jest mniejszy na podłożu pasteryzowanym. Mata i in. [49] podali, że znaczne ograniczenie występowania *Trichoderma* spp. w uprawie twardziaka można uzyskać stosując 10% dodatek torfu wysokiego do podłoża uprawowego. Według Shulga [78] mniej narażone na zakażenia są odmiany charakteryzujące się szybkim wzrostem grzybni.

## Uprawa

Uprawa twardziaka jadalnego ma bardzo długą historię. Rozpoczęto ją w Chinach około roku 1100 n.e., a następnie została rozpropagowana w Japonii [17, 67]. Obecnie największym producentem twardziaka na świecie są Chiny [17, 93]. Duże zainteresowanie konsumentów, postęp biologiczny i techniczny w uprawie sprzyjają wzrostowi produkcji grzybów, w tym twardziaka, na świecie [73].

Najstarszą historycznie jest ekstensywna uprawa twardziaka, prowadzona na drewnie różnych gatunków drzew. Początkowo twardziaka uprawiano na drewnie gatunku *Castanopsis cuspidata*, a później drewnie innych gatunków drzew, między innymi z rodzaju *Quercus*, *Lithocarpus*, *Carpinus*, *Acer*, *Prunus*, *Sassafras* oraz *Platanus* [24, 67, 70]. W niektórych krajach do uprawy ekstensywnej twardziaka dość powszechnie wykorzystywane jest drewno eukaliptusa [2, 3, 38, 62].

W Japonii, Korei oraz Chinach do dziś prowadzi się ekstensywną uprawę twardziaka, stosując różne metody szczepienia drewna grzybnią [16]. Jak podają Chen i in. [16] oraz Tokimoto [93] w produkcji twardziaka na drewnie w warunkach naturalnych przoduje Japonia.

Do uprawy ekstensywnej wykorzystuje się pnie drzew pocięte na okrągłaki o długości około 1 m i średnicy 7–15 cm, w których wykonuje się niewielkie otwory i zaszczepia grzybnią. Zaszczepione okrągłaki umieszcza się najczęściej w warunkach naturalnych, w których w zależności od wielkości okrągłaków, rodzaju drewna, odmiany twardziaka oraz temperatury i wilgotności wzrost grzybni trwa 6–18 miesięcy [67, 77].

Plonowanie tego gatunku uzależnione jest przede wszystkim od warunków uprawy [12]. Owocniki zbiera się dwukrotnie, najczęściej wiosną i jesienią, kiedy warunki klimatyczne sprzyjają ich tworzeniu. Według Yamanaka [103] plony owocników zebrane z upraw prowadzonych metodami ekstensywnymi wynoszą 30–35% s.m. drewna, a według Royse [67] około 33%. Tokimoto [93] podaje, że z 10 000 cm<sup>3</sup> okrągłaków można uzyskać około 2,5 kg owocników.

W ostatnich latach uprawa ekstensywna jest wypierana przez uprawę intensywną, umożliwiającą zbiory w ciągu całego roku oraz dającą znacznie wyższe plony [6, 17, 67, 73]. W uprawie tej wykorzystuje się różne rodzaje trocin drzew liściastych, przeważnie dębu i klonu [16], a w niektórych krajach eukaliptusa [1, 17]. W uprawie twardziaka można użyć także trocin bukowych, topolowych, brzożowych oraz olszowych [81, 84]. Drewno dobrej jakości może być wykorzystane w postaci świeżej. Aby wykorzystać trociny pochodzące z drewna o słabej jakości należy poddać je naturalnemu procesowi kompostowania, który powinien trwać przez okres od kilku do kilkunastu miesięcy. Trociny poddawane procesowi kompostowania układa się w pryzmy w warunkach naturalnych na odkrytym terenie [91]. Jak wykazały badania Chen i in. [16] oraz Siwulskiego [81], do uprawy twardziaka mało przydatne są trociny drzew iglastych.

W wielu krajach trwają badania nad przydatnością tanich, lokalnych, często odpadowych, materiałów do uprawy twardziaka [4, 21, 26, 44, 45, 48, 59, 60, 64, 72, 85]. Trociny, które mają być użyte w uprawie twardziaka, nawilża się wodą, a następnie umieszcza w workach foliowych. W zależności od metody uprawy, worki foliowe mogą mieć różną pojemność. Podstawowym zabiegiem decydującym o powodzeniu uprawy jest właściwie przeprowadzona sterylizacja lub pasteryzacja. Odpowiednio przygotowane podłoża szczepi się następnie grzybnią, która przerasta je w czasie 1–4

miesiący. Przerastanie podłoża grzybnia uzależnione jest od jego składu, wilgotności, temperatury, rodzaju i ilości dodatków, a także od odmiany twardziaka [67, 91].

Plonowanie twardziaka następuje w kilku rzutach w okresie 3–6 miesięcy. Całkowity plon owocników uzyskany w uprawie intensywnej może wynosić według różnych autorów: ponad 110% s.m. [6], 75–125% s.m. [67] lub 60–100% s.m. [103]. Salmones i in. [72], w zależności od zastosowanego podłoża, uzyskali plon od 36 do 133% suchej masy podłoża.

W uprawie grzybów podłoże z trocin, często także ze słomy, wzbogaca się różnymi dodatkami w celu zwiększenia ilości azotu oraz łatwo dostępnych węglowodanów. Są to najczęściej odpady rolnicze (otręby, łuski nasienne bawełny, osadki kukurydzy, plewy zbożowe, słoma, wytloki z trzciny cukrowej) lub materiały odpadowe powstające w różnych przemysłowych procesach technologicznych np. odpady z produkcji owoców cytrusowych, kawy i kakao [8, 56, 66, 67, 68, 102, 103]. Ilość stosowanych dodatków jest zróżnicowana i waha się w granicach od 10 do 60% s.m. trocin [67]. Dodatkami wnoszonymi do podłoża jest także kreda albo gips. Substancje te pozwalają na uzyskanie odpowiedniego odczynu oraz poprawiają właściwości fizyczne podłoża [57, 64, 67, 69, 91].

## Podsumowanie

Twardziak jadalny, powszechnie znany jako „shiitake”, należy do grzybów uprawnych charakteryzujących się wyjątkowymi właściwościami kulinarnymi i leczniczymi. Prozdrowotne działanie substancji biologicznie czynnych zawartych w owocnikach tego gatunku grzyba zostało szczegółowo przebadane i udowodnione w szeregu badań klinicznych. Obecnie w krajach wysokorozwiniętych istnieje bardzo duże zainteresowanie twardziakiem i następuje dynamiczny rozwój jego uprawy. W Europie zainteresowanie to skupia się głównie na grzybach świeżych, co stanowić może dobry prognostyk dla rozwoju uprawy twardziaka w Polsce oraz jego eksportu. Możliwość wykorzystania w jego uprawie materiałów łatwo dostępnych i odpadowych przemysłu drzewnego oraz rolnictwa skłania do rozwijania badań nad zastosowaniem podłoży przygotowanych na bazie tanich surowców rodzimych. Wiąże się to również z koniecznością prowadzenia dalszych doświadczeń zmierzających do opracowania zaleceń dla intensywnej produkcji wielkotowarowej w naszym kraju.

## Literatura

- [1] Andrade M.C.N., da Silva J.H., Minhoni M.T.A., Zied D.C. 2008. Mycelial growth of two *Lentinula edodes* strains in culture media prepared with sawdust extracts from seven eucalyptus species and three eucalyptus clones. *Acta Sci. Agron.* 30(3): 333–337.
- [2] Andrade M.C.N., Minhoni M.T.A., Zied D.C. 2008. Nutritional evaluation of shiitake mushroom [*Lentinula edodes* (BERK.) PEGLER] in function of the strain and type of cultivated eucalyptus. *Ciencia e Tecnologia de Alimentos* 28(4): 916–921.

- [3] Andrade M.C.N., Minihoni M.T.A., Zied D.C. 2008. Bromatological characterisation of *Lentinula edodes* strains (Shiitake) grown on *Eucalyptus grandis* logs. *Ciencia e Tecnologia de Alimentos* 28(4): 793–797.
- [4] Ashrafuzzaman M., Kamruzzaman A.K.M., Razi M., Shahidullah S.M., Fakir S.A. 2009. Substrate affects growth and yield of shiitake mushroom. *African J. Biotechnol.* 8(13): 2999–3006.
- [5] Barros L., Cruz T., Babtista P., Estevinho L.M., Ferreira I.C.F.R. 2008. Wild and commercial mushrooms as source of nutrients and nutraceuticals. *Food Chem. Toxicol.* 46: 2742–2747.
- [6] Beetz A., Kustudia M. 2004. Mushroom cultivation and marketing. Horticulture production guide. ATTRA Pub. <www.attra.ncat.org>: 24 ss.
- [7] Bernaś E., Jaworska G., Lisiewska Z. 2006. Edible mushrooms as a source of valuable nutritive constituents. *Acta Sci. Pol., Technol. Aliment.* 5(1): 5–20.
- [8] Bisko N.A., Bilay V.T. 1996. Some physiological aspects of the cultivation of *Lentinula edodes* (BERK.) SING. W: Mushroom Biology and Mushroom Products. Royse D.J. (red.). Penn. State Univ. Pub.: 381–386.
- [9] Borchers A.T., Keen C.L., Gershwin M.E. 2004. Mushrooms, tumors, and immunity: An Update. *Exp. Biol. Med.* 229: 393–406.
- [10] Borchers A.T., Krishnamurthy A., Keen C.L., Meyers F.J., Gershwin M.E. 2008. The immunobiology of mushrooms. *Exp. Biol. Med.* 233: 259–276.
- [11] Brauer D., Kimmons T.E., Phillips M., Brauer D.E. 2010. Potential for manipulating the polysaccharide content of shiitake mushrooms. *Current Res., Technol. Education Topics in Applied Microbiol. Biotechnol.* A. Mendez-Vilas (red.): 1136–1142.
- [12] Bruhn J.N., Mihail J.D. 2009. Forest farming of shiitake mushrooms: Aspects of forced fruiting. *Bioresource Technol.* 100: 5973–5978.
- [13] Carvalho M.P., Van der Sand S.T., Rosa E.A.R., Germani J.C., Ishikawa N.K. 2007. Investigation of the antibacterial activity of *Basidiomycetes Lentinula boryana* and *Lentinula edodes*. *Biociencias* 15(2): 173–179.
- [14] Chang S.T. 1996. Mushroom research and development – equality and mutual benefit. W: Mushroom Biology and Mushroom Products. Royse D.J. (red.). Penn. State Univ. Pub.: 1–10.
- [15] Chang S.T., Buswell J.A. 1996. Mushroom nutraceuticals. *J. Microb. Biotechnol.* 12: 473–476.
- [16] Chen A.W. 2001. Cultivation of *Lentinula edodes* on synthetic logs. *The Mushroom Grower's Newsletter*, August 10(4): 3–9.
- [17] Chen A.W. 2005. What is shiitake? *Mushroom Growers' Handbook 2*: 1–11.
- [18] Chen A.W., Arnold N., Stamets P. 2000. Shiitake cultivation systems. W: Science and cultivation of edible fungi. L.J.L.D. Van Griensven (red.). Balkema, Rotterdam: 771–787.
- [19] Cheung L.M., Cheung P.C.K., Ooi V.E.C. 2003. Antioxidant activity and total phenolics of edible mushroom extracts. *Food Chem.* 81: 249–255.
- [20] Cheung P.C.K. 2010. The nutritional and health benefits of mushrooms. *Nutrition Bulletin* 35: 292–299.
- [21] Curvetto N.R., Figlas D., Matute R.G., Delmastro S. 2005. Shiitake bag cultivation. Sunflower seed hulls. *Mushroom Growers' Handbook 2*: 100–104.
- [22] Di Piero R.M., Novaes Q.S., Pascholati S.F. 2010. Effect of *Agaricus brasiliensis* and *Lentinula edodes* mushrooms on the infection of passionflower with Cowpea aphid-borne mosaic virus. *Braz. Arch. Biol. Technol.* 53(2): 269–278.
- [23] Dikeman Ch.L., Bauer L.L., Flickinger E.A., Fahey G.C. 2005. Effects of stage of maturity and cooking on the chemical composition of selected mushroom varieties. *J. Agric. Food Chem.* 53: 1130–1138.
- [24] Donoghue J.D., Denison W.C. 1996. Commercial production of shiitake (*Lentinula edodes*) using whole-log chip of *Quercus*, *Lithocarpus*, and *Acer*. W: Mushroom Biology and Mushroom Products. Royse D.J. (ed.), Penn. State Univ.: 265–274.
- [25] Enman J., Rova U., Berglund K.A. 2007. Qualification of the bioactive compound eritadenine in selected strains of shiitake mushroom (*Lentinula edodes*). *J. Agric. Food Chem.* 55: 1177–1180.
- [26] Fan L., Soccol C.R. 2005. Shiitake bag cultivation. Coffee residues. *Mushroom Growers' Handbook 2*: 92–95.
- [27] Fiori-Tutida A.C.G., Schwan-Estrada K.R.F., Stangarlin J.R., Pascholati S.F. 2007. Extracts of *Lentinula edodes* and *Agaricus blazei* on *Bipolaris sorokiniana* and *Puccinia recondita* f. sp. *tritici*, in vitro. *Summa Phytopathologica* 33(3): 287–289.
- [28] Frank J.A., Xiao R., Yu S., Ferguson M., Hennings L.J., Simpson P.M., Ronis M.J.J., Fang N., Badger T.M., Simmen F.A. 2006. Effect of shiitake mushroom dose on colon tumorigenesis in azoxymethane-treated male Sprague-Dawley rats. *Nutrition Res.* 26: 138–145.
- [29] Furlani R.P.Z., Godoy H.T. 2008. Vitamins B<sub>1</sub> and B<sub>2</sub> contents in cultivated mushrooms. *Food Chem.* 106: 816–819.



- [30] Gold M.A., Cernusca M.M., Godsey L.D. 2008. A competitive market analysis of the United States shiitake mushroom marketplace. *Hor. Technology* 18(3): 489–499.
- [31] Hasegawa R.H., Kasuya M.C.M., Vanetti M.C.D. 2005. Growth and antibacterial activity of *Lentinula edodes* in liquid media supplemented with agricultural wastes. *Electronic J. Biotechnol.* 8(2): 212–217.
- [32] Hirasawa M., Shouji N., Neta T., Fukushima K., Takada K. 1999. Three kinds of bacterial substances from *Lentinus edodes* (BERK) SING. (Shiitake an edible mushroom). *Int. J. Antimicrob. Agents* 11: 151–157.
- [33] Hyde K.D., Bahkali A.H., Moslem M.A. 2010. Fungi – an unusual source for cosmetics. *Fungal Diversity* 43: 1–9.
- [34] Israilides C., Kletsas D., Arapoglou D., Philippoussis A., Pratsinis H., Erbingerova A., Hribalova V., Harding S.E. 2008. In vitro cytostatic and immunomodulatory properties of the medicinal mushroom *Lentinula edodes*. *Phytomedicine* 15: 512–519.
- [35] Jiang T., Wang Q., Xu S., Jahangir M.M., Ying T. 2010. Structure and composition changes in the cell wall in relation to texture of shiitake mushrooms (*Lentinula edodes*) stored in modified atmosphere packaging. *J. Sci. Food Agric.* 90: 742–749.
- [36] Kalbarczyk J., Radzki W., Sławińska A., Koc. W. 2007. Właściwości proszków grzybowych jako składnika konserw mięsno-grzybowych. *Nauka Przyroda Technologie* 1(4): 1–5.
- [37] Kalberer P. 2000. Carbon dioxide output during incubation and crop yield of the shiitake (*Lentinus edodes* (BERK.) SINGER) culture. *Gartenbauwissenschaft* 65(1): 17–21.
- [38] Kasuya M.C., Vanetti M.C., Manabe A. 2005. Shiitake log cultivation in Brazil. *Mushroom Growers' Handbook 2*: 61–66.
- [39] Kimmons T.E., Phillips M., Brauer D. 2010. Effects of management factors on the concentration of a high molecular weight polysaccharide fraction from log-grown shiitake mushrooms (*Lentinula edodes* (BERK.) PEGLER). *J. Agric. Food Chem.* 58: 4331–4335.
- [40] Kitzberger C.S.G., Smania A., Pedrosa R.C., Ferreira S.R.S. 2007. Antioxidant and antimicrobial activities of shiitake (*Lentinula edodes*) extracts obtained by organic solvents and supercritical fluids. *J. Food Eng.* 80: 631–638.
- [41] Kojima H., Akaki J., Nakajima S., Kamei K., Tamesada M. 2010. Structural analysis of glycogen-like polysaccharides having macrophage-activating activity in extracts of *Lentinula edodes* mycelia. *J. Nat. Med.* 64: 16–23.
- [42] Kwon H., Hobbs Ch. 2005. Nutritional and medicinal values of shiitake. *Mushroom Growers' Handbook 2*: 12–21.
- [43] Lee S., Bae H., Kim N., Hwang S. 2008. Optimization of growth conditions of *Lentinula edodes* mycelium on corn processing waste using response surface analysis. *J. Biosci. & Bioeng.* 105(2): 161–163.
- [44] Lin Z. 2005. Shiitake bag cultivation. *Grass. Mushroom Growers' Handbook 2*: 96–99.
- [45] Lopez C.J., Valencia N.R., Chang S.T. 2004. Cultivation of shiitake on coffee waste. *Mush. Sci.* 16: 307–311.
- [46] Lull C., Wichers H.J., Savelkoul H.F.J. 2005. Antiinflammatory and immunomodulating properties of fungal metabolites. *Mediators of Inflammation* 2: 63–80.
- [47] Mata G., Gaitan-Hernandez R., Perez-Merlo R., Ortega C. 2002. Improvement of shiitake spawn for culturing on pasteurised wheat straw. W: *Mushroom Biology and Mushroom Products*. Sanchez i in. (red.). UAEM: 303–309.
- [48] Mata G., Savoie J.M. 2005. Shiitake bag cultivation. Wheat straw. *Mushroom Growers' Handbook 2*: 105–109.
- [49] Mata G., Savoie J.M., Delpech P., Olivier J.M. 1998. Reduction of the incidence of *Trichoderma* spp. using substrate supplementation with peat and an alternative spawn drying cultivation of *Lentinula edodes* on pasteurised wheat straw. *Agronomie*: 18: 515–520.
- [50] Mattila P., Konko K., Eurola M., Pihlava J.A., Astola J., Vahteristo L., Hietaniemi V., Kumpulainen J., Valtonen M., Piironen V. 2001. Contents of vitamins, mineral elements, and some phenolic compounds in cultivated mushrooms. *J. Agric. Food Chem.* 49: 2343–2348.
- [51] Mattila P., Suonpaa K., Piironen V. 2000. Functional properties of edible fungi. *Nutrition* 16(7/8): 694–696.
- [52] Mattila P., Vaananen S.P., Konko K., Aroy H., Jalava T. 2002. Basic composition and amino acid contents of mushrooms cultivated in Finland. *J. Agric. Food Chem.* 50: 6419–6422.
- [53] Minato K., Mizuno M., Terai H., Tsuchida H. 1999. Autolysis of lentinan, an antitumor polysaccharide, during storage of *Lentinus edodes*, shiitake mushroom. *J. Agric. Food Chem.* 47: 1530–1532.
- [54] Mizuno M., Minato K., Kawakami S., Tatsuoka S., Denpo Y., Tsuchida H. 2001. Contents of anti-tumor polysaccharides in certain mushrooms and their immunomodulating activities. *Food. Sci Technol. Res.* 7(1): 31–34.

- [55] Mizuno T. 1999. The extraction and development of antitumore-active poly-saccharides from medicinal mushrooms in Japan. *Int. J. Med. Mushrooms* 1: 9–30.
- [56] Moonmoon M., Shelly N.J., Khan Md.A., Uddin Md.N., Hossain K., Tania M., Ahmed S. 2011. Effects of different levels of wheat bran, rice bran and maize powder supplementation with saw dust on the production of shiitake mushroom (*Lentinus edodes* (BERK.) SINGER). *Saudi J. Biol. Sci.* (w druku).
- [57] Oei P. 1996. Mushroom cultivation (with emphasis on techniques for developing countries). Tool Pub., Leiden, Netherlands: 93–204.
- [58] Oei P. 2005. Small-scale mushroom cultivation. Agromisa Foundation and CTA, The Netherlands: 58–64.
- [59] Ozcelik E., Peksen A. 2007. Hazelnut husk as a substrate for the cultivation of shiitake mushroom (*Lentinula edodes*). *Bioresource Technol.* 98: 2652–2658.
- [60] Philippoussis A., Diamantopoulou P., Israilides C. 2007. Productivity of agricultural residues used for the cultivation of the medicinal fungus *Lentinula edodes*. *Int. Biodeterioration & Biodegradation* 59: 216–219.
- [61] Piccinin E., Piero R.M., Pascholati S.F. 2010. „Shiitake” (*Lentinula edodes*) mushroom reduces growth of plant pathogens and leaf spot severity in sorghum. *Summa Phytopathologica* 36(1): 68–72.
- [62] Queiroz E.C., Marino R.H. Eira A.F. 2004. Mineral supplementation and productivity of the shiitake mushroom on eucalyptus logs. *Sci. Agric. (Piracicaba, Braz.)* 61(3): 260–265.
- [63] Rajewska J., Bałasińska B. 2004. Związki biologicznie aktywne zawarte w grzybach jadalnych i ich korzystny wpływ na zdrowie człowieka. *Post. Hig. Med. Dośw.* 58: 352–357.
- [64] Ramkumar L., Thirunavukkarasu P., Ramanathan T. 2010. Development of improved technology for commercial production and preservation of shiitake mushroom (*Lentinus edodes*). *American-Eurasian J. Agric & Environ. Sci.* 7(4): 433–439.
- [65] Robaszkiewicz A., Bartosz G., Ławrynowicz M., Soszyński M. 2010. The role of polyphenols,  $\beta$ -carotene, and lycopene in the antioxidative action of the extracts of dried, edible mushrooms. *J. Nutr. Metab.* Article ID 173247.
- [66] Royse D.J. 1996. Yield stimulation of shiitake by millet supplementation of wood chip substrate. W: *Mushroom Biology and Mushroom Products*. Royse, D.J. (red.). Penn. State Univ. Pub.: 277–283.
- [67] Royse D.J. 2009. Cultivation of shiitake on natural and synthetic logs. Penn. State Univ. Pub.: 12 ss.
- [68] Royse D.J., Sanchez J.E. 2007. Ground wheat straw as a substitute for portions of oak wood chips used in shiitake (*Lentinula edodes*) substrate formulae. *Bioresource Technol.* 98: 2137–2141.
- [69] Royse D.J., Sanchez-Vazquez J.E. 2003. Influence of precipitated calcium carbonate ( $\text{CaCO}_3$ ) on shiitake (*Lentinula edodes*) yield and mushroom size. *Bioresource Technol.* 90: 225–228.
- [70] Sabota C. 1996. Strain of shiitake mushroom [*Lentinula edodes* (BER.) PEGLER] and wood species affect the yield of shiitake mushroom. *HortTechnol.* 6(4): 388–393.
- [71] Sadler M. 2003. Nutritional properties of edible fungi. *Nutrition Bulletin* 28(3): 305–308.
- [72] Salmones D., Mata G., Ramos L.M., Waliszewski K.N. 1999. Cultivation of shiitake mushroom, *Lentinula edode*, In several lignocellulosic materials originating from subtropics. *Agronomie* 19(1): 13–19.
- [73] Sanchez C. 2004. Modern aspects of mushroom culture technology. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 64: 756–762.
- [74] Savoie J.M., Delpuch P., Billette C., Mata G. 2000. Inoculum adaptation changes the outcome of the competition between *Lentinula edodes* and *Trichoderma* spp. during shiitake cultivation on pasteurized wheat straw. *Mush. Sci.* 15: 667–674.
- [75] Savoie J.M., Mata G. 1999. The antagonistic action of *Trichoderma* sp. hyphae to *Lentinula edodes* hyphae changes lignocellulolytic activities during cultivation in wheat straw. *World J. Microbiol & Biotechnol.* 15: 369–373.
- [76] Shen Q., Liu P., Wang X., Royse D.J. 2008. Effects of substrate moisture content, log weight and filter porosity on shiitake (*Lentinula edodes*) yield. *Bioresource Technol.* 99: 8212–8216.
- [77] Shiomi H.F., Minhoni M.T.A., Machado J.O., Filho A.C. 2007. Thermal and mechanical shocks affecting the first flush of production of *Lentinula edodes* on *Eucalyptus saligna* logs. *Braz. J. Microbiol.* 38: 200–203.
- [78] Shulga O.V. 2005. In vitro studies on interactions between strains of *Trichoderma* spp. and *Lentinus edodes* (BERK.) SINGER mycelium. *Int. J. Med. Mush.* 7(3): 463–464.
- [79] Silva R.F., Pascholati S.F., Bedendo I.P. 2008. Induction of resistance in eggplants by *Lentinula edodes* and *Agaricus blazei* against *Ralstonia solanacearum*: biochemical aspects and vegetable biomass. *Summa Phytopathologica* 34(2): 137–144.
- [80] Siwulski M. 1999. Porównanie plonowania kilku odmian produkcyjnych twardziaka shiitake. *Mat. Ogólnopol. Symp. „Grzyby – technologia uprawy i przetwarzanie”, 15 września, Poznań: 103–111.*

- [81] Siwulski M. 2005. Wpływ niektórych czynników na wzrost grzybni i plonowanie twardziaka jadalnego *Lentinula edodes* (BERK.) PEGLER. *Roczn. AR w Poznaniu* 358. Rozprawy naukowe: 83 ss.
- [82] Siwulski M., Czerwińska-Nowak A., Sobieralski K. 2007. Biologia i uprawa twardziaka jadalnego shiitake. PWRiL Poznań: 224 ss.
- [83] Siwulski M., Sobieralski K. 2000. Porównanie plonowania wybranych odmian produkcyjnych i krzyżówek twardziaka shiitake (*Lentinus edodes* BERK. SING.). *Ann. Univer. Mariae Curie-Skłodowska* 8: 465–469.
- [84] Siwulski M., Sobieralski K. 2009. Comparison of the mycelium growth of selected strains and crossbred cultures of *Lentinula edodes* (BERK.) SING. cultivated on different substrates. *Herba Polonica* 55(3): 273–277.
- [85] Siwulski M., Sobieralski K., Mańkowski J. 2010. Comparison of mycelium growth of selected species of cultivated mushrooms on textile industry waste. *Acta Sci. Pol., Hortorum Cultus* 9(3): 37–43.
- [86] Siwulski M., Sobieralski K., Wojniłowicz M. 2009. Porównanie wzrostu grzybni i plonowania wybranych kultur krzyżówkowych twardziaka jadalnego *Lentinula edodes* (BERK.) SING. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 539: 657–662.
- [87] Sobieralski K., Siwulski M., Grzebielucha I. 2006. Porównanie wzrostu grzybni odmian oraz krzyżówek twardziaka jadalnego *Lentinula edodes* (BERK.) PEGLER. *Folia Hort. Supl. 2*: 152–157.
- [88] Sobieralski K., Siwulski M., Grzebielucha I. 2006. Porównanie plonowania grzybni odmian oraz krzyżówek twardziaka jadalnego *Lentinula edodes* (BERK.) PEGLER. *Folia Hort. Supl. 2*: 158–161.
- [89] Sobieralski K., Siwulski M., Grzebielucha I. 2007. The comparison of morphological features, weight and dry matter content in carpophores of strains and crossbred cultures of shiitake (*Lentinula edodes* (BERK.) PEGLER. *Nauka Przyroda Technol.* 1(3) #41: 8 ss.
- [90] Sobieralski K., Siwulski M., Sas-Golak I. 2007. Morphological variability of carpophores of crossbred cultures of the *Lentinula edodes* (BERK.) PEGLER. W: Spontaneous and induced variation for the genetic improvement of horticultural crops. P. Nowaczyk (red.). Univ. Technol. & Life Sci. in Bydgoszcz: 347–351.
- [91] Stamets P. 2000. Growing gourmet and medicinal mushrooms. Ten Speed Press, Berkeley: 574 ss.
- [92] Tamura R. 1997. Effect of lentinan on abnormal ingestive behaviors induced by tumor necrosis factor. *Physiol. Behav.* 61(3): 399–410.
- [93] Tokimoto K. 2005. Shiitake log cultivation. *Mushroom Growers' Handbook* 2: 46–60.
- [94] Wani B.A., Bodha R.H., Wani A.H. 2010. Nutritional and medicinal importance of mushrooms. *J. Med. Plants Res.* 4(24): 2598–2604.
- [95] Wasser S.P. 2002. Nutraceuticals and bio pharmaceuticals from edible and medicinal mushrooms. *Int. J. Med. Mush.* 8: 1–17.
- [96] Wasser S.P. 2002. Medicinal mushrooms as a source of antitumor and immunomodulating polysaccharides. *J. Appl. Microbiol. Biotechnol.* 60: 258–274.
- [97] Wasser S.P. 2005. Shiitake (*Lentinus edodes*). W: Encyclopedia of dietary supplements. Dekker M. (red.). Inc. New York: 653–664.
- [98] Wasser S.P. 2011. Current findings, future trends, and unsolved problems in studies of medicinal mushrooms. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 89: 1323–1332.
- [99] Wasser S.P., Weis A. 1999. Therapeutic effects of substances occurring in higher *Basidiomycetes* mushrooms: a modern perspective. *Critical Rev. Immunol.* 19: 65–96.
- [100] Ważny J. 1999. Polsko-australijskie doświadczenia nad uprawą *Lentinus edodes* (shiitake). Mat. Ogólnopol. Symp. „Grzyby – technologia uprawy i przetwarzanie”, 15 września, Poznań: 112–119.
- [101] Wei S., Van Griensven L.J.L.D. 2008. Pro- and Antioxidative properties of medicinal mushroom extracts. *Int. J. Med. Mushrooms* 10(4): 315–324.
- [102] Woźniak W., Pelowska A., Gapiński M. 2003. Wpływ dodatku do podłoża uprawowego wyłoków z nasion wiesiołka, rzepaku oraz dyni na poziom białka rozpuszczalnego w grzybach shiitake. *Folia Horticulurae* Sup. nr 1: 325–327
- [103] Yamanaka K. 2011. Mushroom cultivation in Japan. *WSMBMP Bulletin* 4: 1–10.
- [104] Zaidman B.-Z., Yassin M., Mahajna J., Wasser S.P. 2005. Medicinal mushroom modulators of molecular targets as cancer therapeutics. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 67: 453–468.
- [105] Zhang L., Li X., Xu X., Zeng F. 2005. Correlation between antitumor activity, molecular weight, and conformation of lentinan. *Carbohydrate Res.* 340: 1515–1521.
- [106] Zhang Y., Li S., Wang X., Zhang L., Cheung P.C.K. 2011. Advances in lentinan: Isolation, structure, chain conformation and bioactives. *Food Hydrocolloids* 25: 196–206.

## **Biology, nutritional properties and cultivation of shiitake *Lentinula edodes* (BERK.) SING.**

**Key words:** shiitake, medicinal properties, growth conditions, cultivation

### **Summary**

*Lentinula edodes* commonly known as shiitake is an edible mushroom of culinary delight and medicinal benefits. Health promoting activities of shiitake have been verified and proved in many studies. Shiitake mushroom is now arousing interest worldwide. In European countries raw forms are preferred and this is a good prognosis for shiitake cultivation in Poland. The possibility of using agro-industrial waste materials in shiitake cultivation makes researchers and growers intensively looking for inexpensive, locally available substrate materials. Further studies are needed to establish proper recommendations for an intensive large-scale shiitake cultivation in our country.