



**Praktyczne możliwości wykorzystania grzybów na przykładzie dwóch gatunków jadalnych: *Boletus edulis* (Bull.) (borowik szlachetny) i *Morchella esculenta* (Pers.) (smardz jadalny)**

Renata Sobieska, Bożenna Gutkowska, Olgierd Lubiński  
Katedra i Zakład Technologii Środków Leczniczych,  
Wydział Farmaceutyczny, Akademia Medyczna, Warszawa

**Practical applications of two kinds of edible mushrooms: *Boletus edulis* (Bull.) (*Porcini*) and *Morchella esculenta* (Pers.) (*Yellow Morel*)**

S u m m a r y

The review describes practical methods of the use of edible fungi: *Boletus* spp. and *Morchella* spp. The cultivation of fruit bodies of *Morchella esculenta* is complicated and unprofitable. During last years, the significance of submerged liquid culture has increased. Harvested biomass contains mushroom aroma compounds and good chemical composition (protein, polysaccharides, vitamins and mineral elements). The composition of mushrooms suggests two medicinal properties: nutritional benefit as food supplement and therapeutic advantages. Mushroom powder can be used as appendix to soups and sauces or in animal feed industry. Mushrooms and their products are important for their flavour, medicinal properties, ecological and economical values.

**Key words:**

mushroom, fungi, fruit bodies, mycelium, nutrition, medicinal properties, submerged cultivation, food compound.

**Adres do korespondencji**

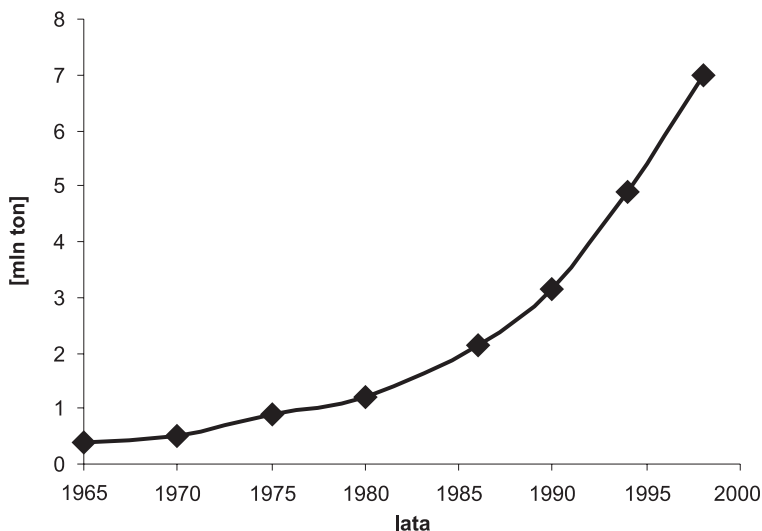
Renata Sobieska,  
Katedra i Zakład  
Technologii Środków  
Leczniczych,  
Wydział Farmaceutyczny,  
Akademia Medyczna,  
ul. Banacha 1,  
02-097 Warszawa;  
e-mail:  
renis@farm.amwaw.edu.pl

## 1. Wstęp

Współczesny człowiek coraz chętniej korzysta z preparatów wspomagających zdrowie. Duża grupa parafarmaceutyków, dostępnych na polskim rynku farmaceutycznym sporządzana jest z komponentów roślinnych. Inny zespół surowców, z których wytwarza się suplementy żywności lub preparaty stymulujące organizm, stanowią grzyby lecznicze. Historyczne potwierdzenie ich przydatności znajdujemy w medycynie chińskiej, gdzie od ponad 2000 lat stosuje się produkty z grzybów jako suplement żywności lub lek (1). Obecnie, w skali światowej, produkcja przemysłowa tego typu preparatów jest olbrzymia i jej znaczenie rośnie w miarę rozwoju nauki (2).

## 2. Pozyskiwanie i produkcja grzybów

W Europie tylko kilka gatunków grzybów jadalnych i uzyskiwanych z nich produktów ma znaczenie w handlu międzynarodowym, są to: *Agaricus bisporus* (Lange) (pieczarka), *Boletus edulis* (borowik szlachetny), *Tuber melanosporus* (Vittad.) (trufla czarnozarodnikowa), *Cantharellus cibarius* (Fr.) (pieprznik jadalny/kurka) oraz *Morchella esculenta* (smardz jadalny). Grzyby te ze względu na swoje walory smakowe i wartość odżywczą najszersze zastosowanie znajdują w gastronomii. W 1600 r. we Francji po raz pierwszy wyhodowano sztucznie pieczarkę. Od tamtego czasu pieczarka jest najczęściej hodowanym gatunkiem grzyba na świecie. W 1994 r. jej światowa produkcja wynosiła 1,8 mln ton, liderami w hodowli są: USA, Chiny, Holandia (3).



Rys. 1. Światowa produkcja przemysłowa grzybów w latach 1965-1998 (34).

Trufle, kurki i borowiki pozyskiwane są ze środowiska naturalnego (4). *Boletus edulis* i *Morchella esculenta* są gatunkami grzybów, które często współżyją w mikoryzie ektotroficznej ze świerkiem (borowik) lub sosną (smardz). W piśmiennictwie nie podaje się metody produkcji owocników borowika w warunkach sztucznych. Dopiero w 1986 r. grupa badawcza kierowana przez prof. Ower (5,6) z Uniwersytetu w Michigan przy współpracy z amerykańską firmą Neogen Company opracowała sposób produkcji owocników gatunku *Morchella esculenta*. Kluczem do sukcesu było dokładne poznanie cyklu rozwojowego grzyba i warunków, w jakich z primordium zamiast wegetatywnej grzybni kształtuje się owocnik. Metodą tą uzyskuje się małe rozmiary owocników. Badania w tym kierunku nadal są kontynuowane.

### 3. Dyrektywy dotyczące grzybów stosowane w Europie

*Boletus edulis* (borowik szlachetny, *Boletaceae*, *Basidiomycetes*) oraz *Morchella esculenta* (smardz jadalny, *Morchellaceae*, *Ascomycetes*) to gatunki grzybów występujące w Europie. Smardze owocują wiosną, a borowiki przeważnie jesienią. Owocniki tych grzybów, pozyskiwane ze środowiska naturalnego, doskonale mogą reprezentować jadalne gatunki grzybów konsumowane i przetwarzane w krajach Unii Europejskiej, cenione za walory smakowe i zapachowe. Szczególnie popularny jest susz owocników tych gatunków. Cechuje go silny i przyjemny aromat. W Polsce wszystkie grzyby z rodziny smardzowatych (*Morchellaceae*) podlegają ścisłej ochronie, a z borowikowatych (*Boletaceae*) chronionych jest 5 gatunków (7).

Tabela 1

Gatunki dziko występujących grzybów z rodzin *Boletaceae* i *Morchellaceae* objęte ścisłą ochroną (7)

Nazwa polska	Nazwa łacińska
1	2
<b>borowikowate</b>	<b><i>Boletaceae</i></b>
borowik korzeniasty	<i>Boletus radicans</i> (Pers.)
borowik królewski	<i>Boletus regius</i> (Krom.)
borowik (podgrzybek) pasożytniczy	<i>Boletus (Xerocomus) parasiticus</i> (Bull.)
poroblaszek żółtoczerwony	<i>Phylloporus pelletieri</i> (Lev.)
szyszkowiec łuskowaty	<i>Strobilomyces strobilaceus</i> (Scop.)
<b>smardzowate</b>	<b><i>Morchellaceae</i></b>
krążówka żyłkowana	<i>Disciotis venosa</i> (Pers.)
naparstniczka czeska	<i>Verpa bobemica</i> (Krom.)
naparstniczka stożkowata	<i>Verpa conica</i> (Müll)
smardz jadalny	<i>Morchella esculenta</i> (Pers.)

1	2
smardz półwolny	<i>Morchella gigas</i> (Pers.)
smardz stożkowaty	<i>Morchella conica</i> (Pers.)
smardz wyniosły	<i>Morchella elata</i> (Fr.)

Zgodnie z rozporządzeniem ministra środowiska z 9 lipca 2004 r. w stosunku do dziko występujących grzybów należących do gatunków objętych ścisłą ochroną (7), wydanym na podstawie ustawy o ochronie przyrody (art. 50 ustawy z 16 kwietnia 2004 r.), obowiązują odpowiednie zakazy (8) (zrywania, niszczenia i uszkodzania owocników; niszczenia ich siedlisk i ostoi; dokonywania zmian stosunków wodnych, stosowania środków chemicznych, niszczenia ściółki leśnej i gleby w ostojach; pozyskiwania, zbioru, przetrzymywania, posiadania, preparowania i przetwarzania całych owocników i ich części; zbywania, nabywania, oferowania do sprzedaży, wymiany i darowizny oraz wwożenia z zagranicy i wywożenia poza granicę państwa owocników żywych, martwych, przetworzonych i spreparowanych, a także ich części i produktów pochodnych) oraz skuteczne sposoby ochrony grzybów przed zagrożeniami zewnętrznymi (przykładowo: zabezpieczanie ostoi i stanowisk grzybów, zapewnianie obecności, ochrony i utrzymania właściwego stanu siedliska gatunków chronionych).

Nieobjęte ochroną jadalne, najczęściej dziko występujące gatunki grzybów z rodziny *Boletaceae* to: *Boletus edulis* (borowik szlachetny), *Boletus reticulatus* (Schaeff.) (borowik usiatkowany) oraz *Boletus erythroporus* (Fr.) (borowik ceglastopory). Owocniki tych gatunków są przetwarzane i preparowane zgodnie z obowiązującymi standardami. Do kwietnia 2004 r. (przed wstąpieniem Polski do Unii Europejskiej) krajowych wytwórców obowiązywało 7 polskich norm dotyczących grzybów i produktów z nich otrzymywanych oraz 2 normy poświęcone grzybniom grzybów uprawnych (9). Obecnie normy te są częścią rozporządzeń unijnych. Zaleca się, aby każdy kraj Unii Europejskiej, weryfikując swoje normy i przepisy, brał pod uwagę międzynarodowe standardy zawarte w: Commission Regulation EC, Codex Alimentarius oraz IFOAM Basic Standards. Zgodnie z tymi zaleceniami, w prawodawstwie europejskim, dla grzybów można znaleźć następujące rozporządzenia i zalecenia: EC Reg. No 2092/91, Codex Alimentarius Commission – Codex Stan 38 i 39 znowelizowany w 1981 r. (10) oraz IFOAM Basic Standards z 1996 r. W Europie pierwszym ważnym dokumentem, w którym sprecyzowano wykorzystanie grzybów i produktów z nich wytwarzanych, był raport (11) opracowany przez połączone Komisje FAO i WHO ds. Żywności. W załączniku dotyczącym grzybów wymieniono typy produktów mające znaczenie w handlu międzynarodowym (grzyby świeże i suszone, kiszone, głęboko mrożone, ekstrakty i koncentraty z grzybów, grzyby konserwowe, grys i proszek grzybowy). W raporcie tym sprecyzowane są wymagania dotyczące surowców (określa się ich jakość i możliwości przetwarzania) oraz opakowań (powinny być szczelne, odpowiednio oznakowane z czytelnie podanymi: nazwą gatunku i terminem przydatności do spożycia,

dokładnym adresem producenta). Uregulowano też sposób i metody przechowywania wytworzonych towarów. W raporcie podano: „grzyby są produktem pozyskanym z lasu lub hodowanym w warunkach sztucznych. Po odpowiednim przetworzeniu mogą być stosowane jako produkty spożywcze i przysmaki”(11).

Biotechnologia grzybów została zapoczątkowana w latach 60. i 70. XX w. W laboratoriach próbowano hodować grzybnie niektórych gatunków grzybów, badać je, poznawać czynniki potrzebne dla ich rozwoju i tworzyć koncepcje wykorzystania przeprowadzonych doświadczeń w przyszłości (12-15). W 2000 r. grupa Wassera (16,17) sklasyfikowała grzyby lecznicze i produkty z nich uzyskiwane. Pogrupowała je następująco:

1) preparaty otrzymane z suszonych lub sproszkowanych owocników w postaci kapsułek lub tabletek; owocniki pozyskane z lasu;

2) preparaty otrzymane ze sztucznie wyhodowanych owocników, w postaci: proszku, ekstraktów wodnych, ekstraktów alkoholowych, zatężonych ekstraktów, mikstur;

3) preparaty otrzymane w hodowli sztucznej w postaci suszonej i sproszkowanej mieszanki: substratów użytych do hodowli grzybni oraz primordiów wyrosłych w wyniku zaszczepienia na półstałym medium;

4) preparaty otrzymane z hodowli w bioreaktorze w postaci wysuszonej lub zagęszczonej biomasy albo ekstraktu sporządzonego z wyrosłej grzybni.

Autorzy (16,17) przedstawili główne korzyści ze stosowania naturalnych suplementów żywności sporządzanych z grzybów. Stwierdzili, że specjalne procedury technologiczne, kontrola mikrobiologiczna i weryfikacja jakości powstałego produktu oraz ustalenie tożsamości genetycznej grzybni pozwalają na bezpieczne stosowanie tego typu suplementów żywności lub parafarmaceutyków. Są one wytwarzane z grzybów wyrosłych na podłożu stałym lub półstałym albo z grzybni uzyskanej w procesie hodowli głębinowej. Jakość i właściwości otrzymanej grzybni zawsze mogą być porównane z grzybnią pierwotną przechowywaną w temperaturze ciekłego azotu.

Uważa się (16,17), że FDA nie opracowała dotąd wiarygodnego systemu oceny tych preparatów. W trosce o bezpieczeństwo pacjentów grupa Wassera zaleciła: opisanie procedur wytwarzania preparatów z grzybów, opracowanie wymagań i norm rzetelnej kontroli wytwarzanych produktów, kontrolę 3-poziomową obejmującą: surowiec naturalny (owocnik lub grzybnia), walidację metody produkcji i jej ocenę na wszystkich etapach procesu wytwarzania oraz kontrolę końcowego produktu (analityczne testy jakości, identyfikację materiału oraz określenie aktywnych komponentów).

#### **4. Warunki wzrostu *Boletus* spp. i *Morchella* spp. w sztucznej hodowli**

Obserwacja grzybów w ich środowisku naturalnym i rejestrowanie parametrów warunkujących ich wzrost pozwoliły na opracowanie optymalnych warunków hodowli grzybni *Boletus* spp. i *Morchella* spp. prowadzonej w skali laboratoryjnej. Aktualne badania z użyciem grzybni borowika i smardza mają na celu ustalenie ich war-

tości odżywczej i leczniczej. Gray i Bushnell (18) analizowali możliwości prowadzenia hodowli komórkowej wielu gatunków z rodziny *Ascomycetes* i *Basidiomycetes*. Tylko nieliczne z nich (z workowców jedynie *Morchella hortensis* (Boud.), *Morchella crassipes* (Vent.) i *Morchella esculenta*) wykazały odpowiedni wzrost w hodowli głębinowej. Whitaker (15), pisząc o możliwości formowania się kuleczek (*pellets*) grzybni w hodowli wstrząsanej, potwierdził te doniesienia. Jednocześnie Gray i wsp. (18) zbadali niektóre czynniki warunkujące wzrost wymienionych gatunków w hodowli głębinowej. Na podstawie badań podsumowujących Litchfielda (19) oraz Dijkstra (20) można stwierdzić, że na wzrost grzybni borowika oraz smardza mają wpływ: warunki pokarmowe (obecność substancji wzrostowych, źródła węgla i azotu w pożywce), odczyn pH, wilgotność (stosunki osmotyczne), tlen, temperatura, światło. Czynniki te wpływają bezpośrednio na główne fazy rozwoju ontogenetycznego grzybów (fazę wegetatywną i fazę owocowania).

#### 4.1. Dobór optymalnych źródeł węgla i azotu w pożywce

Dla gatunków *Boletus* spp. i *Morchella* spp. stężenie węglowodanów w pożywce powinno wynosić od 2 do 20%. Popularnym monosacharydem używanym do sporządzania pożywek jest glukoza, dobrze przyswajana i wykorzystywana przez rosnącą grzybnię. Wiarygodną metodą kontroli wzrostu jest sprawdzenie poziomu węglowodanów w pożywce w miarę upływu czasu hodowli. Poziom ten powinien proporcjonalnie maleć w czasie. Obserwacja wizualna i pomiar węglowodanów potwierdzają pozytywny wzrost grzybni. Singer i Harris podali (21), że dla *Morchella esculenta* dobrym źródłem węglowodanów są kolejno: d(+) glukoza, d(-) fruktoza, maltoza i skrobia. Buscot i wsp. (22) potwierdzili z kolei przydatność d(-) fruktozy dla wzrostu i rozwoju grzybni *Morchella esculenta*. Rozkład cukrowców jest możliwy dzięki występującym zarówno u borowika jak i u smardza enzymów maltazy ( $\alpha$ -glukozydazy) i sacharazy ( $\beta$ -fruktofuranazydazy) (23).

Najlepiej przyswajalnym źródłem azotu jest jego organiczna forma. U gatunków: *Morchella deliciosa* (Fr.), *Morchella hybrida* (Sow.), *Morchella crassipes* (Vent.) i *Morchella esculenta* sprawdzono przyswajanie z pożywki płynnej związków: asparaginy, mocznika, peptonu, kwasu glutaminowego, soli amoniowych, azotanu sodu i azotanu potasu (20,23).

Opisano również możliwość zastosowania do hodowli grzybni gatunków *Boletus* spp. i *Morchella* spp. takich substratów jak: melasa, serwatka kwasowa czy wywar melasowy. Surowce odpadowe przemysłu spożywczego stanowią tanie alternatywne źródło węgla i azotu. Leonowicz (24) i wsp. udokumentowali hodowlę statyczną i głębinową gatunku *Morchella gigas* (Batsch) FCL 68 (smardz półwolny) z użyciem serwatki kwasowej, wywaru gorzelnianego ziemniaczanego i melasy. Na możliwość wykorzystania wywaru melasowego jako składnika pożywki w hodowli wstrząsanej grzybni *Boletus indecisis* (Peck.) oraz *Morchella hybrida* wskazywał również Falanghe

(25). Jako najbardziej korzystne zalecił stosowanie wodnych rozcieńczeń wywaru dochodzących nawet do 50%. W wywarze nierozrzedzonym rozwój grzybni był opóźniony.

Skład pożywki, w tym dobór optymalnych źródeł węgla i azotu, ma istotny wpływ na parametry charakteryzujące otrzymaną biomasę. Znając zawartość węgla i azotu w poszczególnych substratach użytych do hodowli, można określić ich ilość w medium hodowlanym. W efekcie, ustalona zostaje wartość współczynnika C/N jako stosunek ogólnej ilości węgla do ogólnej ilości azotu w pożywce. Spencer i wsp. (26) stwierdzili, że w przypadku gatunku *Boletus indecisus* (Peck.) największą ilość suchej masy można uzyskać przy stosunku C/N równym 20:1. Litchfield i wsp. (19) uzyskali maksymalną suchą masę grzybni *Morchella hortensis*, kiedy C/N wynosiło 10:1. Reusser (26) w eksperymentach przeprowadzonych z użyciem *Morchella hybrida* wykazał takie same rezultaty. Potwierdzona zatem doświadczalnie przez Reussera i Spencera (26) wartość C/N dla grzybów z rodziny *Boletaceae* i dla grzybów z rodziny *Morchellaceae* oscyluje między 20:1 a 10:1.

#### 4.2. Inne składniki pożywki

Zapotrzebowanie grzybni na substancje dodatkowe wynosi od mikro- do miligramów na kilogram masy pożywki lub litr pożywki płynnej. Dodatek takich substratów jak:  $\text{CaCO}_3$  (0,5%),  $\text{CaSO}_4$  (2%), ekstraktu drożdżowego (0,01%), peptonu (0,1%), związków siarki przyspiesza aktywność enzymów oraz wzrost strzępek formujących grzybnię (*mycelium*). W stosunku do substancji podstawowych, zapotrzebowanie to jest mniejsze o 3-6 rzędów wielkości (20,23,27).

#### 4.3. Odczyn pH

Reusser i wsp. (26) za szczególnie korzystne dla wzrostu grzybni *Boletus edulis* uznali pH 5,0 w praktyce laboratoryjnej kultury grzybni borowika szczepione na pożywce agarowej i w hodowli wstrząsanej rozwijają się przy zakresie pH wynoszącym 4,0-8,0. Brock (1951), cytowany przez Singera i Harrisa (21), najlepszy wzrost grzybni *Morchella esculenta* hodowli płynnej zaobserwował przy wartości pH medium 8,4. Wartość ta ulega zmianie zależnie od składu pożywki. Singer i Harris stwierdzili, że optymalne pH dla smardza wynosi 6,93. Nie opisali jednak dokładnie tej zależności. Podobny zakres wartości pH 5,9-6,5 w swoich doświadczeniach uzyskał Litchfield (19).

#### 4.4. Wilgotność

Wilgotność powietrza w zakresie od 60 do 95% stymuluje metabolizm pierwotny grzybni, a tym samym zapewnia szybki rozrost strzępek. Zapoczątkowanie wytwarzania owocników przez grzybnię nie jest łatwe, wymaga odpowiedniej wilgotności powietrza i podłoża oraz zapewnienia innych czynników wzrostu (odniesienie do punktu 4.2). Do tej pory, w przypadku grzybów mikoryzujących, owocowanie jest prawie niemożliwe w warunkach sztucznych.

#### 4.5. Tlen

Biosynteza grzybni ma charakter tlenowy. Natlenienie hodowli płynnej jak również czystość mikrobiologiczna wprowadzanego przez odpowiednie filtry powietrza należą do podstawowych parametrów biosyntezy. Ilość zaadsorbowanego tlenu przez grzybnię ma wpływ na postać oraz wielkość rosnących kuleczek – *pellets form* lub długość strzępek grzybni. W hodowli ważne jest zapewnienie dostatecznie szybkiego przenoszenia tlenu z fazy gazowej do komórek grzybni (28). W doświadczeniu Litchfielda (19) dla *Morchella hortensis* natlenienie hodowli płynnej wynosiło 1,28 mg tlenu / l pożywki / min.

#### 4.6. Temperatura

Wymagania termiczne grzybni zmieniają się w zależności od zmian pozostałych warunków (np. pH, obecności substancji wzrostowych lub hamujących, światła) (23). *Boletus* spp. i *Morchella* spp. rozwijają się w szerokim zakresie temperatury. W praktyce laboratoryjnej szczególnie intensywny wzrost strzępek grzybni tych gatunków notuje się w zakresie temperatur 15-26°C. Grzybnia smardza jadalnego szybciej wzrasta w temperaturze powyżej 20°C (29). Stwierdzono, że niskie wartości temperatury upośledzają w zakresie fizjologicznym grzybnię i spowalniają jej rozrost. Są przyczyną zmiany pierwotnej przemiany materii na metabolizm wtórny (23).

#### 4.7. Światło

W praktyce laboratoryjnej światło ma niewielkie znaczenie dla rozwoju wegetatywnego. Jest natomiast istotnym bodźcem wpływającym na proces owocowania. W badaniach laboratoryjnych potwierdza się, że w korzystnych warunkach indukuje go (5,6).

## 5. Wykorzystanie owocników *Boletus* spp. i *Morchella* spp.

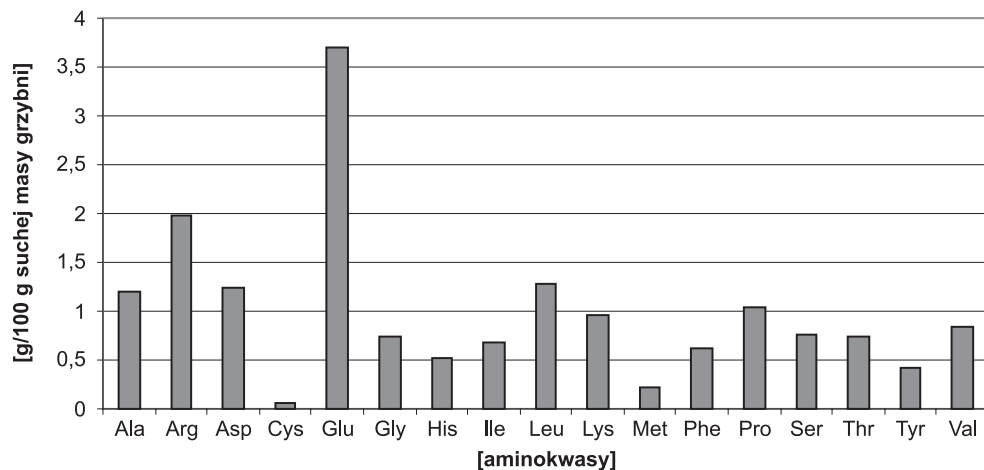
Owocniki gatunków *Boletus edulis* i *Morchella esculenta* są jednymi z najczęściej konsumowanych grzybów w Europie. Wykorzystywane są zarówno do bezpośredniego spożycia, jak i do przetwórstwa spożywczego w przemyśle. Przykładem jest tzw. *Porcini oil* lub *Morel oil*. Oleje o zapachu i aromacie tych grzybów mogą być stosowane jako dodatek do wielu potraw w celu wzbogacenia ich smaku i zapachu (3). Źródłem substancji aromatycznych w tych grzybach są: 1-octen-3-ol, 5'-GMP, L(-)kwas glutaminowy. Zawartość tych związków w suszonym borowiku wynosi kolejno: 0,02  $\mu\text{l/l}$ , 1,3 mg/l, 0,02 g/l (jednostka – ilość związku na litr wodnego roztworu pożywki). Obecność oraz odpowiednie stężenie wymienionych substancji decyduje o specyficznym delikatnym zapachu grzybowym w świeżych lub suszonych postaciach grzybów. Wykazano wyższe stężenie substancji aromatycznych w świeżych owocnikach niż w ich formach suszonych. O lotności tych substancji świadczyła niższa zawartość 1-octen-3-olu, 5'-GMP i L(-)kwasu glutaminowego po procesie suszenia (20,30). Sposobem na zachowanie zapachu jest proces liofilizacji. W doświadczeniach wykonanych pod kierunkiem Kalbarczyka (31) dowiedziono, że liofilizacja znacząco podwyższa ilość i jakość substancji zapachowych w suszonych grzybach. Inną, przetworzoną formą suszonych owocników jest mączka grzybowa, ceniony dodatek spożywczy w koncentratkach zup, sosów, past. Według normy polskiej PN-A-77607 (32) mączka grzybowa jest produktem otrzymanym z suszonych owocników, rozdrobnionych do wielkości cząstek przechodzących przez sito o wielkości oczek nie większych niż 250  $\mu\text{m}$ .

Borowik szlachetny i smardz mają skład aminokwasowy podobny do białka zwierzęcego. Zawierają wszystkie 8 aminokwasów egzogennych (fenyloalaninę, izoleucynę, leucynę, lizynę, metioninę, tryptofan, tyrozynę, walinę) (33). Na uwagę zasługuje duża zawartość aminokwasów w gatunku *Morchella esculenta*. Ilość substancji odżywczych jest zróżnicowana w zależności od części owocnika, miejsca i czasu zbioru. Te dwa gatunki grzybów jadalnych mają stosunkowo wysoki poziom witamin z grupy B i soli mineralnych. Najwięcej jest jonów: cynku (szczególnie u *Morchella* spp.), fosforu, magnezu, potasu, wapnia oraz selenu (zawartością tego pierwiastka wyróżnia się borowik) (34,35). Ilość selenu sięga do 20 ppm w suszonym borowiku. U workowców (*Ascomycetes*) stwierdzono niski procent tego pierwiastka w owocniku (36). Selen ma walory lecznicze. Wpływa na prawidłowe funkcjonowanie organizmu, jest silnym przeciwutleniaczem, stymuluje system immunologiczny człowieka. Mutanen (37) dowiódł, że organizm ludzki ma zdolność asymilowania selenu z grzyba *Boletus edulis*. Przeprowadzono doświadczenie, w którym badana grupa młodych kobiet przez 4 tygodnie, codziennie przyjmowała po 150  $\mu\text{g}$  selenu zawartego w sproszkowanym owocniku. Badano krew i mocz osób z grupy. Koncentracja selenu rosła we krwi po kilku godzinach, zaś poziom wydalanego z moczem pierwiastka wzrastał po kilku dniach. Wykazano, że u testowanych pacjentek wzrosły poziom hemoglobiny i aktywność peroksydazy glutationowej we krwi. Badania grupy kon-

trolnej nie wykazały zmian poziomu selenu we krwi i moczu. Argumenty te dowodzą intensyfikacji przemian związanych z metabolizmem selenu przez organizm człowieka. Jedno z pierwszych badań nad walorami leczniczymi grzybni gatunku *Boletus edulis* przeprowadzili Lucas i wsp. w 1957 r. (38). Z pozytywnym skutkiem wykorzystali ekstrakt z owocników borowika w leczeniu raka u myszy. W najnowszych doniesieniach opisuje się dużą skuteczność stosowania borowika w leczeniu alergii pokarmowych wywołanych przez grzyby pleśniowe (39). Dzięki obecności enzymów niektóre grzyby (także *Boletus edulis*) mają możliwość pobudzania syntezy steroidów, w tym np. transformacji progesteronu. Dowiedli tego Schuytema i Hargie (40). Podobną zaletą odznacza się mikosporyna wyodrębniona z gatunku *Morchella esculenta*, która pobudza metabolizm steroidów (23). W 1987 r. Ying (41) dowiódł, że *Morchella esculenta*, *Morchella conica* (Pers.) i *Morchella crassipes* działają tonizująco na przewód pokarmowy. Mogą wspomagać trawienie i jednocześnie wzbogacać dietę w niezbędne aminokwasy. Spożywanie owocników *Morchella* spp. redukuje wydzielanie śluzu w drogach oddechowych, wzmacnia ogólną odporność organizmu, jest pomocne w stanach przemęczenia. W krajach azjatyckich i w Stanach Zjednoczonych jako suplement diety stosowane są kapsułki z *Morchella esculenta* zawierające 300 mg wysuszonego czystego owocnika smardza (1,3,41,42). Zawarta w dwuwarstwowej ścianie komórkowej (cecha charakteryzująca rodzinę *Ascomycetes*) chityna, a w mniejszym stopniu:  $\beta$ -1-6 glukan, a także inne polisacharydy i białka wspomagają kontrolę poziomu tłuszczów w organizmie człowieka (34). Aktywność polisacharydów zawartych w owocniku smardza stymuluje działanie przeciwnowotworowe. Związki te zostały wykorzystane w leczeniu raka „Sarcoma 180” u myszy. Ich korzystny wpływ na system immunologiczny spowodował redukcję guza o ok. 23% (42).

## 6. Wykorzystanie grzybni *Boletus* spp. i *Morchella* spp.

W latach 60. ubiegłego wieku w szybko rozwijającej się biotechnologii grzybów zwrócono uwagę na praktyczne wykorzystanie grzybni gatunków *Boletus* spp. i *Morchella* spp. Przeniesienie grzybni ze środowiska naturalnego do laboratorium i możliwość sztucznej hodowli stały się znaczącym krokiem do pozyskania cennego materiału badawczego. Skład grzybni i jej aktywne biokomponenty potwierdziły nowe możliwości zastosowań tych gatunków grzybów. Oprócz walorów odżywczych i leczniczych dostrzeżono możliwość wzbogacania grzybnią paszy przeznaczonej dla zwierząt hodowlanych (23). Wzrost grzybni smardza w hodowli wstrząsanej badał Litchfield już w 1962 r. (43). *Morchella hortensis* została zakwalifikowana do grzybów łatwo namnażających się w hodowli głębinowej. W swoich publikacjach Litchfield (19), Dijkstra (20), Chang i Miles (34) dowiedli, że grzybnia uzyskiwana w wyniku procesów biotechnologicznych może stanowić cenne źródło pełnowartościowego białka, zawierającego aminokwasy egzogenne.



Rys. 2. Zawartość aminokwasów w białku suszonej grzybnii gatunku *Morchella esculenta* (43).

Hodowana głębinowo grzybnia zawiera takie same substancje aromatyczne jak owocnik uformowany w warunkach naturalnych (23). Schindler i wsp. (44) dowiedli, że otrzymana w hodowli głębinowej biomasa smardza zachowała zapach i aromat owocnika. Sporządzony z grzybnii produkt, w postaci jasnobrązowego pudru, po oczyszczeniu wykorzystano jako dodatek do zup czy sosów. Zawierał 1-octen-3-ol w ilości 1,2 ppm. Dalsze przetwarzanie grzybnii (zagęszczanie, liofilizacja) zwiększyło zawartość 1-octen-3-olu nawet do 2,5 ppm. Na uwagę zasługuje fakt, że postać zmielona grzybnii była lepiej przyswajalna (44). Z czystej, wysuszonej i zmielonej grzybnii uzyskanej w hodowli głębinowej otrzymano mączkę grzybową. Jako dietetyczny środek spożywczy musi ona posiadać określone właściwości odżywcze. Powinna dostarczać niezbędnych substancji energetycznych, budulcowych i pełniących funkcje regulacyjne. W związku z tym w grzybnii borowika i smardza oznaczono zawartości: węglowodanów, tłuszczów, białek, substancji mineralnych i witamin (33,34,43). Taki pełnowartościowy produkt stanowi doskonały dodatek do zup i sosów wytwarzanych przez przemysł spożywczy.

Tabela 2

Skład grzybnii: *Morchella esculenta* (43)

Składnik	Grzybnia suszona
1	2
węglowodany [g/100 g s.m.]	43,69
azot [g/100 g s.m.]	4,00
białko ogólne [g/100 g s.m.]	25,00
tłuszcze [g/100 g s.m.]	3,31

1	2
woda [g/100 g s.m.]	17,30
azot subst. zapachowych [g/100 g s.m.]	8,17
wit. B <sub>1</sub> [mg/100 g s.m.]	0,39
wit. B <sub>2</sub> [mg/100 g s.m.]	2,46
wit. B <sub>6</sub> [mg/100 g s.m.]	0,60
wit. PP [mg/100 g s.m.]	8,20
kwask foliowy [mg/100 g s.m.]	0,35

Biorąc pod uwagę wartość odżywczą grzybni oraz dosyć prosty sposób jej namnażania, analizowano możliwość stosowania grzybni *Boletus* spp. i *Morchella* spp. oraz innych gatunków jadalnych, np. *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) (bocznik ostrygowaty) w żywieniu zwierząt hodowlanych (3,20,23,25,45). Dzięki obecności enzymów hydrolitycznych i ich dużej aktywności degradującej naturalne makrocząsteczki grzyby efektywnie wykorzystują do wzrostu różnorodne podłoża (w tym surowce stosowane do karmienia zwierząt, np. melasa, wywar melasowy, serwatka kwasowa). Końcowym etapem takiego procesu biosyntezy jest uzyskanie dobrej jakości białka paszowego. Bajon (45) opisał sztuczną hodowlę smardza jadalnego prowadzoną na podłożu półpłynnym zawierającym: miąższ buraków cukrowych, mocznik, sole mineralne i melasę. Zawartość protein po jednym z etapów ekstrakcji wynosiła 9,14-14,16%, w efekcie końcowym uzyskano wzrost białka do około 30-48%. Pozytywne rezultaty doświadczeń z surowcami odpadowymi przemysłu spożywczego potwierdzono w innych doniesieniach literaturowych (46,47). Wskazuje się w nich na praktyczne, ekonomiczne i ekologiczne aspekty stosowania grzybni w żywieniu zwierząt hodowlanych.

## 7. Podsumowanie

W przytoczonych przykładach wykorzystania owocników i grzybni borowika oraz smardza sugeruje się różne możliwości zastosowania sztucznej hodowli. Wyhodowana grzybnia z jednej strony stanowi cenny produkt zawierający dobrej jakości białko, substancje aromatyczne i bogaty skład enzymatyczny, z drugiej zaś staje się nowoczesnym sposobem rozwiązania problemów zagospodarowania odpadów przemysłu spożywczego przez przetworzenie ich na pasze lub produkty spożywcze.

Spożywanie naturalnych suplementów żywności produkowanych z niektórych gatunków grzybów jest bezpieczne i korzystne ze względu na dobrą przyswajalność zawartych w nich składników wspomagających siły witalne organizmu. Użycie sztucznej hodowli do produkcji biomasy grzybów przy zastosowaniu odpowiednich podłoży pozwala na sterowanie składem i zawartością określonych składników wy-

stępujących w uzyskanej grzybni. Daje sposobność wytworzenia produktu o odpowiedniej jakości i standardach. W dalszej perspektywie przemawia za racjonalnym gospodarowaniem, ekologią i ochroną gatunków *Boletus edulis* i *Morchella esculenta*.

## Literatura

1. Chang S. T., Buswell J. A., (1996), *World J. Microb. Biotech.*, 12, 473-476.
2. Hobbs Ch. L., (1995), *Medicinal Mushrooms: An Exploration of Tradition, Healing and Culture*, Botanica Press, Williams, OR, USA.
3. Sánchez C., Díaz-Godínez G., (2004), *Agro-FOOD industry hi-tech*, 15, 3, 44-45.
4. Lisiewska M., Schmid M., (1983), *Przewodnik grzyboznawczy*, PWRiL, Warszawa.
5. Ower R., Mills C. G. I., Malachowski J. A., (1986), Cultivation of "Morchella", US Patent No. 4,594,809, Neogen Corporation, East Lansing.
6. Ower R., Mills C. G., Malachowski J. A., (1989), Cultivation of "Morchella", US Patent No. 4,757,640.
7. Dz. U., 2004, nr 168, poz. 1765.
8. Dz. U., 2004, nr 92, poz. 880.
9. Normy polskie: PN-77/A-78502, PN-A-78503: 1997, PN-A-78505: 1998, PN-68/A-78508, PN-68/A-78509, PN-89/A-78510, PN-70/A-75030, PN-75/R-75078, PN-76/R-78505, PN-R-67060: 1996, PN-R-67061:1996.
10. *Codex Alimentarius Commission*, (1999), Proposed draft recommendations (Alinorm 99/22 A). Rome, Italy: FAO/ WHO, <http://www.codexalimentarius.net>.
11. *Report of the first session of the Joint FAO/WHO Codex Alimentarius Commission*, (1963), Rome, Italy, <http://www.codexalimentarius.net>.
12. Humfeld H., Sugihara F. T., (1949), *Food Technology*, 3, 355-356.
13. Block S. S., Stearns T. W., Stephens R. L., McCandless R. F. J., (1953), *Agri. and Food Chem.*, 1, 14, 890-894.
14. Altamura M. R., Robbins F. M., Andreotti R. E., Long L., (1967), *Agr. Food Chem.*, 15, 6, 1040-1043.
15. Whitaker A., Long P. A., (1973), *Process Biochemistry*, 8, 27-31.
16. Wasser S. P., Nevo E., Sokolov D., Timor-Tismenetsky H., Reshetnikov S. V., (2000), *Science and Cultivation of Edible Fungi*, Ed. van Griensven L.J.L.D., Rotterdam, 789-801.
17. Wasser S. P., Nevo E., Sokolov D., Timor-Tismenetsky H., Reshetnikov S. V., (2000), *International Journal of Medicinal Mushrooms*, 2, 1-20.
18. Gray W. D., Bushnell W. R., (1955), *Mycologia*, 47, 646-663.
19. Litchfield J. H., Overbeck R. C., Davidson R. S., (1963), *Agricultural and Food Chemistry*, 11, 2, 158-162.
20. Dijkstra F. Y., (1976), *Submerged cultures of mushroom mycelium as sources of protein and flavour compounds*, drukkerij J. H. Pasmans, Š-Gravenhage, <http://www.fransdijkstra.nl>.
21. Singer R., Harris B., (1987), *Mushrooms and Truffles: Botany, Cultivation, and Utilization*, Koeltz Scientific Books, Koenigstein, Germany.
22. Buscot F., Munch J. C., Charcosset J. Y., Gardes M., Nehls U., Hampp R., (2000), *FEMS Microbiol. Rev.*, 24, 601-614.
23. Mueller E., Loeffler W., (1987), *Zarys mikologii dla przyrodników i lekarzy*, PWRiL, Warszawa.
24. Leonowicz A., Wojtas-Wasilewska M., Rogalski J., Luterek J., (1992), *Biotechnologia*, 1(16), 47-53.
25. Falange H., (1962), *Appl. Microbiol.*, 10, 572-576.
26. Reusser F., Spencer J. F. T., Sallans H. R., (1958), *Agri. and Food Chem.*, 6, 4, 1-4.
27. Singh S. K., Dhar B. L., Verma R. N., (1999), *Mass production of Carpogenic Sclerotial Spawn in "Morchella esculenta"- An attempt at its domestication*, in: Broderick A., Nair N. G. T., *Proceedings of the 3rd International Conference on Mushroom Biology and Mushroom Product*, Sydney, 374-379.
28. Chmiel A., Grudziński S., (1998), *Biotechnologia i chemia antybiotyków*, PWN, Warszawa.
29. Schmidt E. L., (1983), *Mycologia*, 75, 5, 870-875.
30. Dijkstra F. Y., (1976), *Z. Lebensm. Unters.-Forsch.*, 160, 401-405.

31. Kalbarczyk J., Wideńska A., (2000), *Agricultural Engineering*, 3, 2, <http://www.ejpau.media.pl/series/volume3/issue2/engineering/art-04.html>.
32. Polska Norma PN-A-77607, Produkty owocowe i grzybowe susze (wymagania mikrobiologiczne).
33. Szymczak J., (1962), *Roczniki PZH*, XIII, 5.
34. Chang S. T., Miles P. G., (1997), *Mushroom Biology, Concise Basics and Current Development*, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., Singapore.
35. McKellar R. L., Kehrman R. E., (1975), *J. Agric. Food Chem.*, 23, 3, 464-467.
36. Stijve T., (1977), *Z. Lebensm. Unters. Forsch.*, 29, 164(3), 201-203.
37. Mutanen M., (1986), *Int. J. Vitam. Nutr. Res.*, 56(3), 297-301.
38. Wasser Sp., Weis Al., (1999), *Int. J. of Med. Mushrooms*, 1, 31-62.
39. Helbing A., Bonadies N., Brander K. A., Pichler W. J., (2002), *Clinical & Experimental Allergy*, 32, 5, 771.
40. Schuytema E., Hargie M., Siehr D., (1963), *Appl. Microbiol.*, 11, 256-259, <http://www.mykoweb.com>.
41. Ying J., et al., (1987), *Icones of medicinal Fungi of China*, Science Press, Beijing.
42. Mizuro M., et al., (1999), *Biochem. Mol. Biol. Int.*, 47 (4), 707-714.
43. Litchfield J. H., Velez V. G., Overbeck R. C., (1963), *J. Food Science*, 28, 741-743.
44. Schindler F., Seipenbush R., (1990), *Food Biotech.*, 4, 1, 77-85.
45. Bajon A. M., Tse-Hing-Yuen T. L. S., (1985), *Biotech. Lett.*, 7, 3, 203-206.
46. Martin A. M., (1982), *Biotech. Lett.*, 4, 13-18.
47. Torev A., (1986), *Food and Nutrition Bulletin*, 8, 1.