

ZYGMUNT ZDROJEWICZ¹, KAROLINA PAWLUS², MICHALINA HOROCHOWSKA²

Sekretne życie trufli

Secret life of truffles

¹Katedra i Klinika Endokrynologii, Diabetologii i Leczenia Izotopami, Uniwersytet Medyczny im. Piastów Śląskich we Wrocławiu²Wydział Lekarski, Uniwersytet Medyczny im. Piastów Śląskich we Wrocławiu

KEYWORDS

fungi, truffles, nutrition, bioactivity

SUMMARY

Truffles are hypogeous fruiting bodies of the ascomycetous fungi living symbiotically with roots of some trees and shrubs. Truffle species have a wide range of host plant species, require a calcareous soil and have different geographical distribution. Those fungi are characteristic for their unusual appearance, different from the usually consumed cap mushrooms. They don't have any stem, cap or filamentous mycelium. Truffles are collected by the experienced pickers with the help of specially trained pigs and dogs.

They have been found throughout Europe (especially in Italy, France and Spain), Asia, Australia, North America and New Zealand. Recently truffles are popular among professional and non-professional growers, however the cultivation of truffles is very difficult and demanding. They are widely appreciated as a costly delicacy, as well as for their organoleptic properties, especially aroma. Truffles are used universally in culinary as an additive to dishes and flavoring. Each kind of truffle has a different nutritive values.

Additionally, those edible fungi have been used to promote health and to prevent and to treat several diseases. They have been reported to possess anti-inflammatory, immunostimulating, anticarcinogenic, antioxidant properties and antimicrobial activity.

WSTĘP

Trufle są podziemnymi owocnikami grzybów należących do typu *Ascomycota*, żyjących symbiotycznie z korzeniami drzew i krzewów. Trufle posiadają szeroki zakres gatunków symbiotycznych roślin, wymagają zasadowej gleby i posiadają odmienne rozmieszczenie geograficzne. Mają one niezwykle wyjątkowy wygląd, różniący się znacznie od powszechnie spożywanych grzybów kapeluszowych. Nie posiadają one trzonu, kapelusza ani nitkowatej grzybni. Trufle są zbierane przez doświadczonych specjalistów z pomocą wyszkolonych do tego celu świń i psów. Zostały one odnalezione w Europie (Włochy, Francja, Hiszpania), Azji, Australii, Ameryce Północnej i Nowej Zelandii. Trufle zyskują w ostatnim czasie na popularności zarówno wśród hodowców profesjonalnych, jak i wśród amatorów, mimo tego, że uprawa trufli jest bardzo trudna i wymagająca. Są one powszechnie doceniane jako kosztowny przysmak, co zawdzięczają unikatowemu aromatowi. Trufle są

powszechnie używane w kuchni jako dodatek do potraw i przyprawa. Poszczególne gatunki trufli różnią się od siebie zawartością substancji odżywczych. Co więcej, trufle były używane do zapobiegania i leczenia licznych schorzeń. Jak donoszą prace naukowe, posiadają one przeciwpalne, immunostymulujące, antykarcinogenne, przeciwutleniające właściwości i antybakteryjną aktywność. Trufle (rodzaj *Tuber*) od wieków są przedmiotem legend i kulinarnych zachwyty. Te znane już starożytnym Grekom i Rzymianom grzyby w dzisiejszych czasach stanowią symbol szyku, elegancji i dobrego smaku. Słynne na całym świecie przysmaki rosną pod ziemią na suchych terenach śródziemnomorskiej części Europy (Włochy, Francja i Hiszpania): białe piemonckie trufle (*T. magnatum*), letnie trufle (*T. aestivum*) i najwyżej cenione, pochodzące z francuskiego regionu Périgord, czarne trufle (*T. melanosporum*), zwane również „czarnymi diamentami”. Charakteryzują się one przede wszystkim wysoką wartością ekonomiczną

– cena rynkowa każdego kilograma trufli waha się od 600 do 6000€, w zależności od gatunku (1). Taksonomicznie trufle przynależą do grzybów workowatych, do rodzaju *Tuber* (rodzina *Tuberaceae*, rząd *Pezizales*) (2). Na świecie istnieją setki gatunków trufli, jednak nie wszystkie z nich są jadalne (3). W kuchni wykorzystuje się także takie trufle jak *Tuber borchii* (białe trufle), *Tirmania nivea* (białe trufle), *Terfezia* (czarne trufle). *Tirmania* i *Terfezia* zwane są także pustynnymi truflami, gdyż występują one na suchych regionach Morza Śródziemnego. Naturalne środowisko występowania trufli nie jest ograniczone do obszaru zachodniej Europy, rozciąga się ono od północnej Afryki do Szwecji w kierunku północnym oraz do Kotliny Panońskiej w kierunku wschodnim. W ostatnich latach trufle zostały znalezione także w Ameryce Północnej, Australii, Nowej Zelandii i Azji (4-6).

W tabeli 1 zamieszczono wykaz powszechnie stosowanych gatunków trufli, ich rozmieszczenie geograficzne, okres zbiorów oraz roślin symbiotycznych.

ŻYCIE TRUFLI

Trufle posiadają charakterystyczny wygląd, różniący się znacznie od wyglądu powszechnie konsumowanych grzybów kapeluszowych rosnących na powierzchni ziemi. Nie posiadają trzonu ani kapelusza, a ich grzybnia rośnie pod ziemią. W dotyku nie przypominają one miękkich i delikatnych grzybów spotykanych w lesie, ich owocnia jest raczej twarda, zbita i zdrewniała (7). Grzyby te rosną pod ziemią na głębokości 5-10 cm. Zawierają one substancje, przypuszczalnie stanowiące światłoczuły komponent, który może być zaangażowany w mechanizm unikania światła słonecznego (co tłumaczy ich podziemne środowisko bytowania), a także kontrolę cyklu reprodukcyjnego oraz dojrzewania owocnika w zależności od pory roku (8). Trufle zbierane są przez doświadczonych w ich wyszukiwaniu i rozpoznawaniu gatunków ekspertów. Do tego celu wykorzystują oni wytrenowane świnię i psy. Zwierzęta te są bardzo wrażliwe na specyficzne, lotne związki (ang. *volatile organic compounds* – VOCs) wydzielane przez trufle.

Związki te, wydzielane do ryzosfery, są odpowiedzialne za wymianę sygnałów z otaczającym środowiskiem, biorąc udział w regulacji symbiozy i interakcji z innymi organizmami (9). Trufle żyją bowiem w ektomikorytycznym związku z korzeniami drzew. Przez swoje strzępki dostarczają im wodę i substancje mineralne, w zamian czerpiąc od nich produkty fotosyntezy. Korzenie drzew zapewniają im również ochronę przed różnymi patogenami (10, 11). Współżyją one ze specyficznymi gatunkami gospodarzy, takimi jak dąb, leszczyna, niektóre gatunki sosen, a także z krzewami z rodzaju Czestek (9). Na półkuli północnej większość trufli formuje dojrzały owocnik w zimie. W przypadku *T. melanosporum* małe trufle o średnicy 2 mm i czerwonym kolorze pojawiają się na przełomie czerwca i lipca. Owocnik rośnie, osiągając dojrzałość na przełomie września i października. W ciągu kolejnych dwóch miesięcy peridium (osłonka otaczająca owocnik) i gleba stają się ciemniejsze w wyniku melanizacji, która świadczy o tworzeniu zarodników (askospor) (9). W przypadku grzybów kapeluszowych, których owocniki znajdują się na powierzchni ziemi, rozsiew zarodników nie sprawia trudności, ich nośnikiem mogą być zarówno zwierzęta, jak i wiatr. Trufle, które w wyniku ewolucyjnego rozwoju ukryły swoje owocniki przed niekorzystnymi warunkami atmosferycznymi (wysoka temperatura, suchość) pod ziemią, wykształciły specjalną strategię. Emitują one aromatyczne związki oraz feromony, przyciągające głodne zwierzęta (głównie dziki, wiewiórki oraz muchy truflowe), które biorą udział w rozsiewaniu askospor (12). Związki VOCs nadają trufiom charakterystyczną woń i smak, opisywany jako ziemisty, piżmowy czy cierpki. Są to węglowodory należące do kilku klas chemicznych (aldehydy, alkohole, estry, laktony, terpeny i związki siarkowe) i charakteryzujące się niską masą cząsteczkową, wysoką lotnością i zdolnością do drażnienia receptorów węchowych. Ponad 200 rodzajów lotnych i wiele innych, nielotnych związków zostało uzyskanych z różnych gatunków trufli. Niektóre VOCs (przykładowo 1-okten-3-ol, 2-metylo-1-butanol, 3-metylo-1-butanol, dimetylosiarczek) są powszechne dla wielu gatunków

Tab. 1. Wykaz powszechnie stosowanych gatunków trufli, ich rozmieszczenie geograficzne, okres zbiorów oraz roślin symbiotycznych

Gatunek	Rozmieszczenie geograficzne	Czas zbiorów	Rośliny symbiotyczne
<i>Tuber melanosporum</i>	Basen Morza Śródziemnego: Francja, Włochy, Chorwacja, Serbia, Południowa Hiszpania	Od końca listopada do początku marca	Dąb
<i>Tuber magnatum</i>	Włochy: Piemont, Toskania, Emilia Romagna; Szwajcaria Południowa	Od środka października do końca stycznia	Włoska olcha, leszczyna, dąb, topola
<i>Tuber borchii</i>	Wiele regionów Europy, szczególnie Włochy, rzadko w Anglii, Szwajcarii i Niemczech	Zimą i wczesną wiosną	Sosna pinia, sosna nadmorska, cedr
<i>Tuber aestivum</i>	Północne Włochy, Francja	Od września do końca stycznia	Leszczyna, dąb angielski, buk, grab, leszczyna
<i>Terfezia</i> i <i>Termeria</i>	Bliski Wschód, Basen Morza Śródziemnego, Afryka Północna, Pustynia Kalahari	Od lutego do kwietnia	Akacja parasolowata, rodzina <i>Cistus</i> i <i>Helianthemum</i>

trufli (9). Jednakże konkretne gatunki różnią się profilem wydzielanych lotnych związków: *T. aestivum* – kwas octowy, ester 2-metylobutyloowy; *T. brumale* – kwas butanowy, ester 1-metylopropyloowy; *T. melanosporum* – kwas pentanowy, ester 4-metyloetyloowy (13). Poza tym, że każdy gatunek trufli wyróżnia się swoją własną, aromatyczną kompozycją, także ilość lotnych związków zapachowych zawartych w poszczególnych gatunkach jest zróżnicowana. Dobrze znany jest badaczom trufli następujący szereg: czarne trufle, białe trufle i letnie trufle – klasyfikujący grzyby według malejącej intensywności smaku i zapachu. Stanowi on wiarygodne wytłumaczenie, dlaczego to właśnie czarne trufle są najbardziej cenione przez koneserów tych przysmaków. Duży wpływ na jakościowy skład VOCs jest także przypisywany takim czynnikom jak lokalizacja geograficzna, rodzaje organizmów, z jakimi współżyją trufle w ryzosferze oraz dojrzałość owocników (14, 15). Według autora książki „The Fifth Kingdom”, gatunek *Tuber* produkuje także związek zwany alfa-androstenolem. Jest to hormon, który występuje w ślinie dzików i działa jak feromon, by przyciągnąć maciory. Wiele innych ssaków produkuje ten feromon, co tłumaczy ilość gatunków kopiących zwierząt przyciąganych przez trufle (16).

WARTOŚCI ODŻYWCZE

Poszczególne gatunki trufli różnią się od siebie zawartością substancji odżywczych. W skład suchej materii wchodzi: białka, tłuszcze (nasycone i nienasycone), węglowodory, błonnik oraz kwas askorbinowy. Warto zwrócić uwagę, że trufle są źródłem egzogennych aminokwasów – tryptofanu i lizyny, a także tych zawierających siarkę – metioniny i cysteiny. Zazwyczaj zawartość tych aminokwasów w pożywieniu pochodzenia roślinnego jest bardzo niska (17). W badaniu przeprowadzonym przez Saltarelli i wsp. w 2008 została oceniona zawartość białka u czterech różnych gatunków: *T. melanosporum*, *T. aestivum*, *T. magnatum* i *T. borchii*. Wyniosła ona od 8,7 do 24% na 100 g suchej masy próbki. Pośród tych czterech gatunków *T. magnatum* i *T. melanosporum* miały odpowiednio największą i najmniejszą ilość białka (18). Trufle charakteryzują się również zawartością szerokiego wachlarza substancji mineralnych, takich jak: krzem, potas, sód, wapń, magnez, mangan, żelazo, glin, fosfor, siarka, miedź i cynk (19). Mimo tego, że trufle mogłyby zostać uznane za źródło białka, nie nadają się one jednakże do codziennego jadłospisu ze względu na ich wysoką cenę rynkową.

BIOLOGICZNE WŁAŚCIWOŚCI TRUFLI

Od kilkuset lat biologiczne właściwości trufli budzą zainteresowanie naukowców. Powstałe na przestrzeni ostatnich lat publikacje donoszą o działaniu przeciwdrobnoustrojowym, antyoksydacyjnym, hepatoprotekcyjnym, antymutagennym oraz przeciwzapalnym tych tajemniczych grzybów. Badania antymikrobowe były prowadzone na trufiach pustynnych. Hussan i Al-Ruqaie (20) dowiedli, że możliwe jest wykorzystanie potencjału trufli w leczeniu chorób skóry i oczu.

Odkryli również, że roztwór metanolowy trufli z rodzaju *Terfezia* ma działanie przeciwbakteryjne na *Staphylococcus aureus* oraz *Bacillus subtilis*. Inni naukowcy z kolei donoszą, że niektóre rodzaje trufli przeciwdziałają także *Pseudomonas aeruginosa* (2). Oprócz przeciwbakteryjnego działania, silnie wyrażone jest również działanie antyoksydacyjne. Pożywienie, w którym zawarte są substancje z dużym potencjałem antyoksydacyjnym, przeciwdziała powstawaniu wolnych rodników, czyli zapobiega starzeniu się, stanom zapalnym, chorobom degeneracyjnym, a nawet chorobom nowotworowym.

Zbadano (21), że w procesie peroksydacji lipidów oraz testach z deoksyrybozą i peroksydazą trufle pustynne mają silniejsze właściwości antyoksydacyjne niż popularne antyoksydanty, takie jak alfa-tokoferol, BHA (butylowany hydroksyanizol), BHT (butylowany hydroksytoluen) czy kwas askorbinowy. Dowiedziono również, że mrożenie znacznie obniża zawartość przeciwutleniaczy w trufiach, gdyż zawarte w nich karotenoidy, estry fenolowe i flawonoidy ulegają w tym procesie destrukcji. Hepatoprotekcyjne działanie trufli pustynnej (*T. claveryi*) zostało zbadane na męskich szczurach laboratoryjnych. Przed podaniem hepatoksycznego CCl_4 szczury były karmione ekstraktami z trufli. Wykazano, że *T. claveryi* ma bardzo zadowalające właściwości ochronne przed środkiem toksycznym, jakim jest CCl_4 (22). W celu zbadania właściwości antymutagennych wykorzystano trufle czarną (*T. aestivum*) pochodzącą z Włoch. Wykonano test Ames (mutagen z ekstraktem z trufli oraz bakteria *Salmonella typhimurium* histydyno-zależna), który wykazał, że trufia ta ma działanie hamujące na standardowe mutageny użyte w doświadczeniu (23).

Działanie przeciwzapalne trufli przeanalizowano przy wykorzystaniu cyklooksygenazy-2, która pełni podstawową rolę w procesie zapalnym (24). Makrofagi mysie inkubowano z lipopolisacharydem w celu wywołania produkcji COX-2, następnie dodawano ekstrakty z trufli w roztworze z etanolem w różnych stężeniach, a na koniec dodawano kwas arachidonowy. Test wykazał, że trufle posiadają także właściwości hamujące COX-2.

W związku ze swoimi biologicznymi właściwościami grzyby i ekstrakty z nich pozyskane znalazły zastosowanie w produktach przeznaczonych do pobudzenia odnowy naskórka i produktów anty-age. Na polskim rynku dostępne są zabiegi i linie kosmetyczne, które wykorzystują substancje czynne pozyskane z trufli. Mają one na celu wygładzenie zmarszczek, rozjaśnienie skóry i zwiększenie jej elastyczności. Udowodniono, że wyciągi wodne z trufli stymulują układ odpornościowy, pobudzając komórki do regeneracji.

UPRAWA I KONSERWACJA

Włochy ze względu na swoje położenie geograficzne i specyficzny klimat są miejscem dogodnym do uprawy trufli. Najbardziej cenione gatunki są obecne w całym kraju, a szczególnie na Peninsuli (*T. magnatum*, *T. borchii*), w północno-centralnej części kraju (*T. melanosporum*) i na południu. W celu pozyskiwania trufli, we Włoszech

corocznie sadi się 120 000 drzew, które wchodzi w mikoryzę z grzybnią. Następnie wzbogaca się wierzchnie warstwa gleby liśćmi pozyskanymi z tych drzew i innych roślin zielnych oraz stara się uzyskać porowatość dzięki specyficznej mikroflorze i mikrofaunie. W tych warunkach uprawiane są *T. melanosporum* (80%) i *T. aestivum* (15%). Odtworzenie środowiska dla *T. magnatum* jest bardzo trudne, dlatego pozyskuje się jedynie 2-4 kg na hektar mimo bardzo długiego oczekiwania (15-20 lat). Produkcja *T. melanosporum* wydaje się być łatwiejsza, gdyż udaje się uzyskać od kilku do 100 kg na hektar. Plantacje trufli letniej są stosunkowo młode i trudno określić, jak duże będą plony (25). Trufle zyskują w ostatnim czasie na popularności zarówno wśród hodowców profesjonalnych, jak i wśród amatorów zainteresowanych możliwościami uprawy tych grzybów. Najlepsze do założenia amatorskiej uprawy trufli mogą się okazać leszczyny ze względu na ich tempo wzrostu i pokrój korony. Warunki wzrostowe dla trufli wymagają lekko przepuszczalnej dla powietrza gleby, o odczynie zbliżonym do obojętnego lub lekko alkalicznego. Ponadto niezbędne są odpowiednie nawodnienie i umiarkowane temperatury gleby rzędu 11-14°C, jakie obserwuje się w klimacie umiarkowanym (także w Polsce – potwierdza to zaobserwowanie występowania trufli w obszarze Jury Krakowsko-Częstochowskiej, a także Puszczy Białowieskiej) (26). W sierpniu 2007 roku przy współpracy z Instytutem Leśnictwa i Środowiska w Turynie, wykorzystując specjalnie szkolone psy, udało się odnaleźć i zidentyfikować na południu Polski *Tuber aestivum* (trufle letnią) oraz dwa gatunki niejadalne: *Tuber exacavatum* (trufle wydrążoną) i *Tuber rufum* (trufle rudą). Owocniki zostały zakonserwowane i wpisane do kolekcji materiałów biologicznych w Instytucie Badawczym Leśnictwa w Sękocinie. Pozyskane 0,5 kg *Tuber aestivum* posłużyło do założenia ogrodu truflowego – zaszczerpiono nimi sadzonki dębu i leszczyny. Po pół roku wzrostu w szklarni zostały wysadzone do gruntu, gdzie stworzono im dogodne warunki wzrostu, jednak efekt tego eksperymentu nie jest jeszcze znany. Możliwe jest, że na pierwsze owocniki będzie trzeba czekać do 10 lat lub mogą się one nie pojawić. W Polsce to początki tego typu uprawy, ale ogrody truflowe są już popularne w Europie, m.in. we Francji, Włoszech, a także w Stanach Zjednoczonych Ameryki, Australii i Nowej Zelandii (27). Konkretny aromat danego gatunku trufli ściśle zależy od techniki konserwacji. Mrożenie (4°C) jest najczęściej stosowanym sposobem, gdyż jednocześnie usuwa mikroby i minimalnie wpływa na biochemiczne walory workowców. Najlepiej przystosowanymi trufkami do tego zabiegu są *T. melanosporum* i *T. aestivum*. Białe trufle z kolei są bardzo wrażliwe na niską temperaturę i tracą swoje właściwości podczas tego procesu. Innym sposobem konserwacji jest napromienianie, uważane za wydajną i bezpieczną z punktu widzenia utraty walorów smakowych technikę stosowaną tylko do konserwacji trufli czarnej. Istnieją też takie metody jak MAP (ang. *modified atmosphere packaging*) z mikroperforowaną błoną, blanszowanie we wrzącym 4%

NaCl i natychmiastowe mrożenie w -18°C oraz suszenie w piekarniku w temperaturze 110°C (28).

KULINARNE ZASTOSOWANIE

Każdy gatunek trufli ma swoją charakterystyczną nutę smakową i zapachową, co sprawia, że jedne są bardziej pożądane i osiągają wyższe ceny, a inne są tańsze i nie tak popularne. Mówi się, że czarna trufia ma aromat mokrego lasu, korzenny i orzecha laskowego, podczas gdy trufia biała ma zapach czosnkowy z nutą serową. Domowe sposoby na przechowywanie trufli są proste. Po pierwsze, można je zetrzeć, umieścić w torebce próżniowej i zamrozić na maksymalnie jeden miesiąc. Po drugie, pokrojone i zgniecione trufle można dodać do masła, dobrze wymieszać i w ten sposób używać, dopóki świeżość masła nie będzie budziła wątpliwości. Najdłużej jednak świeżość trufli jest utrzymywana po zalaniu ich oliwą z pierwszego tłoczenia. Trufle dostępne są pod postacią wielu produktów. Wysuszone i sproszkowane dają delikatny, ziemisty aromat idealny do zup, steków, risotto i polenty. Wysokiej jakości oliwa truflowa stanowi dodatek do sałatek, grillowanych warzyw i carpaccio. W celu jej przygotowania należy najpierw obrać owocniki, sparzyć wrzątkiem i przełożyć do słoików, a następnie zalać oliwą extra vergine. Jednocześnie jest to bardzo dobry sposób konserwacji. Krem truflowy przygotowywany z anchois, czosnku i oliwy będzie idealnym dodatkiem do kanapek, zakąsek, tostów i grzanek. W wielu zakątkach świata sól morską z dodatkiem trufli używana jest jako przyprawa do jajek, makaronów i innych dań – niekoniecznie tych wyszukanych i skomplikowanych. Wiele restauracji w Polsce proponuje potrawy z trufkami. Oto kilka potraw, które można znaleźć w karcie dań: spaghetti z prawdziwymi trufkami i świeżym parmezanem, rurki w sosie z czarnymi trufkami oraz białą kielbaską i śmietaną, pomidorowe tagliatelle z sosem śmietankowym, z nutą truflową, cielęcina z ziemniakiem truflowym i rabarbarem, tatar wołowy z majonezem truflowym, szalotką, korniszonem, pieczarkami i suszonym żółtkiem.

PODSUMOWANIE

Trufle pomimo stosunkowo wysokiej ceny spełniają normy odżywcze. Mało tego, ich skład i zalety w pełni uzasadniają ich spożycie – chociaż raz na jakiś czas. Wartość odżywcza grzybów wciąż nie jest ostatecznie udowodniona, ponieważ nie udało się ustalić, w jakim stopniu człowiek jest w stanie strawić chitynę, czyli podstawowy budulec grzybów. Duże znaczenie ma sposób ich przyrządzania – mechaniczne zniszczenie ścian komórkowych, np. poprzez zmielenie, powoduje większą dostępność witamin i ich składników mineralnych. Około 90% całej masy grzyba stanowi woda, 3-5% białka, do 5% węglowodany, a także witaminy A, B₁, B₂, mikroelementy, naturalne antyoksydanty i enzymy. Te ostatnie są bardzo pożyteczne, gdyż nawet w niewielkich ilościach pobudzają apetyt i powodują lepsze trawienie oraz przyswajanie pokarmu. Mimo to, potrawy z grzybów uchodzą powszechnie za ciężkostrawne.

KONFLIKT INTERESÓW CONFLICT OF INTEREST

Brak konfliktu interesów
None

ADRES DO KORESPONDENCJI

Zygmunt Zdrojewicz
Katedra i Klinika Endokrynologii,
Diabetologii i Leczenia Izotopami
Uniwersytet Medyczny
im. Piastów Śląskich we Wrocławiu
ul. Pasteura 4, 50-367 Wrocław
tel. +48 (71) 784-25-54
zygmunt@zdrojewicz.wroc.pl

PIŚMIENNICTWO

1. Luard E: Truffles. Berry & Co. Ltd., Childs Hill, London 2006.
2. O'Donnell K, Cigelnik E, Weber N, Trappe J: Phylogenetic relationships among ascomycetous truffles and the true and false morels inferred from 18S and 28S ribosomal DNA sequence analysis. *Mycologia* 1997; 89: 48-65.
3. Jeandroz S, Murat C, Wang Y et al.: Molecular phylogeny and historical biogeography of the genus *Tuber*, the 'true truffles'. *Journal of Biogeography* 2008; 35: 815-829.
4. Amaranthus M, Luoma D, Eberhart J, Trappe J: Truffle dominance and diversity innatural vegetative communities. *Actes du Ve Congrès International, Science et Culture de la Truffe. Fédération Française des Trufficulteurs, Aix-en-Provence* 1999; 4: 183-218.
5. Bratek Z, Albert L, Gagi I et al.: New and rare hypogeousfungi of Carpathian Basin. *Actes du Ve Congrès International, Science et Culture de la Truffe. Fédération Française des Trufficulteurs, Aix-en-Provence* 1999; 2: 55-56.
6. Weden C, Danell E, Camacho F, Backlund A: The population of the hypogeous fungus *Tuber aestivum* syn. *Tuber uncinatum* on the island of Gotland. *Mycorrhiza* 2004; 14(1): 19-23.
7. Hall I, Brown G, Zambonelli A: Taming the truffle. Timber Press Inc., Portland 2008.
8. Martin F, Kohler A, Murat C: Perigord black truffle genome uncovers evolutionary origins and mechanisms of symbiosis. *Nature* 2010; 464: 1033-1039.
9. Splivallo R: Biological Significance of Truffle Secondary Metabolites. *Soil Biology* 2008; 14: 141-165.
10. Borowicz V: Do arbuscular mycorrhizal fungi alter plant-pathogen relations? *Ecology* 2001; 82(11): 3057-3068.
11. Buscot F, Munch J, Charcosset J et al.: Recent advances in exploring physiology and biodiversity of ectomycorrhizas highlight the functioning of these symbioses in the ecosystem. *FEMS Microbiology Reviews* 2000; 24: 601-614.
12. Trappe J, Claridge A: The Hidden Life of Truffles. *Scientific American* 2010; 302(4): 78-82, 84.
13. March R, Richards D, Ryan R: Volatile compounds from six species of truffle – head-space analysis and vapor analysis at high mass resolution. *International Journal of Mass Spectrometry* 2006; 249-250: 60-67.
14. Cullere L, Ferreira V, Chevret B et al.: Characterisation of aroma active compounds in black truffles (*Tuber melanosporum*) and summer truffles (*Tuber aestivum*) by gas chromatography – olfactometry. *Food Chemistry* 2009; 122(1): 300-306.
15. Zeppa S, Gioacchini A, Guidi C et al.: Determination of specific volatile organic compounds synthesized during *Tuber borchii* fruit body development by solid-phase microextraction and gas chromatography/mass spectrometry. *Rapid Communications in Mass Spectrometry* 2004; 18: 199-205.
16. Kendrick B: The Fifth Kingdom. Focus Pub 2000.
17. Sawaya W, Al-Shalhat A, Al-Sogair A, Mohammad M: Chemical composition and nutritive value of truffles of Saudi Arabia. *Journal of Food Science* 1985; 50: 450-453.
18. Saltarelli R, Ceccaroli P, Barbieri E, Stocchi V: Effect of storage on biochemical and microbiological parameters of edible truffle species. *Food Chemistry* 2008; 109: 8-16.
19. Singer R: Mushrooms and truffles. Leonard Hill Publisher Ltd., London 1961.
20. Hussan G, Al-Ruqaie I: Occurrence in chemical composition and nutritional value of truffles: overview. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 1999; 2(2): 510-514.
21. Janakat S, Al-Fakhiri S, Sallal AK: Evaluation of antibacterial activity of aqueous and methanolic extracts of the truffle *Terfezia clavaryi* against *Pseudomonas aeruginosa*. *Saudi Medical Journal* 2005; 26(6): 952-955.
22. Janakat S, Nassar M: Hepatoprotective activity of desert truffle (*Terfezia clavaryi*) in comparison with the effect of *Nigella sativa* in the rat. *Pakistan Journal of Nutrition* 2010; 9: 52-56.
23. Fratianni F, Di Luccia, Coppola F et al.: Mutagenic and antimutagenic properties of aqueous and ethanolic extracts from fresh and irradiated *Tuber aestivum* black truffle: a preliminary study. *Food Chemistry* 2007; 102: 471-474.
24. Stanikunaite R, Trappe J, Khan S et al.: Evaluation of therapeutic activity of hypogeous Ascomycetes and Basidiomycetes from North America. *International Journal of Medicinal Mushrooms* 2007; 9: 7-14.
25. Di Massimo G, Donnini D, Baciarelli F: The Cultivation of Truffles in Italy. *Acta Botanica Yunnanica* 2009; 14: 21-28.
26. Rosa-Gruszecka A, Hilszczańska D, Szmidla H: Warunki środowiskowe sprzyjające występowaniu trufli (*Tuber* spp.). *Leśne Prace Badawcze* 2014; 75(1): 5-11.
27. Walczak M, Turło J: Truffles – Nutritional and biological values, trials in cultivation. *Kwadruga* 2013; 10: 26-27.
28. Wang S, Marcone M: The biochemistry and biological properties of the world's most expensive underground edible mushroom: Truffles. *Food Research International* 2011; 44(9): 2567-2581.

nadesłano: 13.07.2016

zaakceptowano do druku: 29.07.2016