

**Beata Wiśniewska-Kadżajan\***

**SPOSOBY PRZECHOWYWANIA PODŁOŻA POPIECZARKOWEGO  
W CZASIE**

**THE CHANGES IN QUALITY OF MUSHROOM SUBSTRATE DURING  
TIME OF STORAGE**

**Słowa kluczowe:** podłoże pieczarkowe, straty składników pokarmowych, utylizacja, higienizacja, ochrona środowiska.

**Keywords:** mushrooms substrate, loss of nutrients, disposal, hygienization, environment protection.

**Streszczenie**

*Rozwój pieczarkarstwa prowadzi do wytworzenia dużej ilości zużytego podłoża, które należy usunąć poza obręb pieczarkarni. Stanowi więc ono odpad wymagający zagospodarowania, aby nie powiększać ilości materiałów odpadowych na wysypiskach.*

*Jednym ze sposobów zagospodarowania podłoża pieczarkowego jest kompostowanie, metodą przerobu masy organicznej w warunkach tlenowych przy współudziale drobno-ustrojów. Kompost wytworzony z odpadu pieczarkowego pod względem cech fizycznych i chemicznych jest bardzo zbliżony do próchnicy i stanowi wartościowy nawóz organiczny.*

**Summary**

*Development of mushrooms production leads to formation of large quantities of overused substrate, which should be removed beyond the mushrooms hall. It is therefore a waste, requiring land-use in order not to increase the amount of waste materials on waste dump. One of the ways of mushrooms substrate development is composting by the method of organic matter processing in aerobic conditions with the help of microorganisms. The compost produced from mushrooms substrate in terms of physical and chemical characteristics are very similar to the humus and is a valuable organic fertilizer.*

---

\* *Dr inż. Beata Wiśniewska-Kadżajan – Katedra Łąkarstwa i Kształtowania Terenów Zieleni  
Wydział Przyrodniczy, Uniwersytet Przyrodniczo-Humanistyczny w Siedlcach,  
ul. B. Prusa 14, 08-110 Siedlce; e-mail: laki@uph.edu.pl*

## 1. WPROWADZENIE

W Polsce, zwłaszcza w środkowowschodniej części kraju, produkcja pieczarek jest ważną i dynamicznie rozwijającą się gałęzią produkcji rolnej. Produkcja tego grzyba w ostatnich latach (tab.1) kształtowała się na poziomie 250–300 tys. ton, co daje Polsce I miejsce w Europie i III na świecie [Szudyga 2011]. Te same miejsca zajmujemy pod względem ilości wytworzonego odpadowego podłoża popieczarkowego (1250 tys. – 1500 tys. ton).

Produkcja pieczarkarska dostarcza surowca dla przetwórstwa oraz bierze udział w utylizacji innych odpadowych materiałów organicznych. Jednym z takich odpadów jest słoma, podstawowy składnik podłoża do uprawy pieczarki. Zawiera ona zbyt mało składników mineralnych (0,5% N; 0,13% P; 83% K), by stanowić wartościowy nawóz, poza tym stosunek węgla do azotu jest szeroki i wynosi 85:1 [Mercik 2004]. Mikroorganizmy do przeprowadzenia rozkładu celulozy w słomie potrzebują dużych ilości azotu do budowy białka swojego organizmu, a pobierając go z gleby konkurują z roślinami uprawnymi. Kurzak (1,5% N; 0,66% P; 0,5% Ca; 0,42% Mg) można stosować do gleby bezpośrednio w ilości 3–5 t·ha<sup>-1</sup>, ale koszty związane z jego aplikacją mogą przewyższać oczekiwaną zwyżkę plonu [Kuczewski, Łomatowski 2002; Mercik 2004].

Produkcja podłoża do uprawy pieczarki pozostaje w ścisłym związku ze środowiskiem naturalnym otaczającym człowieka. Wykorzystuje i jednocześnie utylizuje odpady pochodzące z produkcji rolnej (pomiot drobiowy i słomę) oraz z przemysłu (gips z elektrofiltrów lub z produkcji nawozów fosforowych).

**Tabela 1.** Produkcja pieczarki na świecie (średnio z ostatnich lat) oraz ilość wytwarzanego podłoża popieczarkowego [Uzun 2004]

**Table 1.** The mushroom production on the world (mean from years) and the amount produced mushrooms substrate [Uzun 2004]

Kraj produkcji	Produkcja pieczarki w tonach	Podłoże popieczarkowe w tonach
Chiny	1309,497	6547,485
USA	391,000	1955,000
Polska	250,000–300,000*	1250,000–1500,000*
Holandia	280,000	1400,000
Francja	200,000	1000,000
Wielka Brytania	95,000	475,000
Włochy	90,000	450,000
Kanada	81,000	405,000
Hiszpania	80,000	400,000
Irlandia	70,000	350,000
Pozostałe kraje	457,437	2287,185

\* Wartość wprowadzona (za Szudygą 2011).

## **2. UWARUNKOWANIA PRAWNE GOSPODAROWANIA PODŁOŻEM POPIECZARKOWYM**

Podłoże popieczarkowe w nowoczesnych pieczarkarniach uzyskuje się po 6–8 tygodniach intensywnej uprawy pieczarki. Po tym czasie podłoże usuwane jest z pieczarkarni i stanowi uboczny produkt uprawy, czyli odpad popieczarkowy [Kalembasa, Wiśniewska 2006, 2008 a i b; Sakson 2008]. Odpad ten stwarza problemy producentom pieczarek, ponieważ pieczarkarnie zazwyczaj działają w oderwaniu od gruntów rolnych i nie mają możliwości utylizowania tego odpadu we własnym zakresie [Rutkowska 2009, Kalembasa, Wiśniewska 2004].

Podstawową zasadą racjonalnego gospodarowania odpadami organicznymi, których produkcji nie można uniknąć, jest ich wykorzystanie [Kuczewski, Łomatowski 2002]. W Polskim ustawodawstwie, zapis ten znalazł swoje odzwierciedlenie w ustawie o odpadach [Ustawa... 2001], która w dużym stopniu nawiązuje do unijnych aktów prawnych, dotyczących gospodarowania odpadami, głównie do Dyrektywy Rady 1999/31/WE [Dyrektywa... 1997]. Ilość stosowanych w rolnictwie organicznych materiałów odpadowych, związana jest ściśle z Dyrektywą azotanową 91/676/EWG [Dyrektywa... 1991], określającą górną dawkę nawozów azotowych, jaka może być zastosowana w ciągu roku na użytkach rolnych. W myśl tej dyrektywy, dawka ta nie powinna przekraczać 170 kg·N ha<sup>-1</sup>.

Zgodnie z rozporządzeniem Ministra Środowiska w sprawie katalogu odpadów [Rozporządzenie... 2001] podłoże po produkcji pieczarek zaliczane jest do grupy odpadów z rolnictwa, sadownictwa, upraw hydroponicznych, rybołówstwa, leśnictwa, łowiectwa oraz przetwórstwa żywności jako „Inne nie wymienione odpady”.

## **3. SPOSOBY UTYLIZACJI ODPADU POPIECZARKOWEGO**

### **3.1. Przechowywanie w warunkach tlenowych – kompostowanie**

Piotrowska [1993] wskazuje kompostowanie jako jedną z najczęściej stosowanych metod zagospodarowania odpadów po produkcji pieczarek. Jest to proces przerobu odpadów, w którym do rozkładu substancji organicznej, w warunkach dostępu tlenu, wykorzystuje się współpracę drobnoustrojów. Zdaniem autorki, uzyskany w ten sposób kompost popieczarkowy jest pod względem cech fizycznych i biologicznych zbliżony do próchnicy i stanowi wartościowy nawóz organiczny.

Gupta i in. [2004] w swoich badaniach oceniali wpływ czasu składowania podłoża popieczarkowego na jego właściwości fizyczne (tab. 2) i chemiczne (tab. 3). Z przeprowadzonych badań wynika, że wydłużenie czasu przechowywania podłoża popieczarkowego do 48 miesięcy w największym stopniu wpłynęło na zmniejszenie w składowanym odpadzie zawartości soli rozpuszczalnych, co jest zjawiskiem bardzo korzystnym, ponieważ wyklu-

cza możliwość zasolenia środowiska glebowego po jego zastosowaniu. Długość czasu przechowywania podłoża popieczarkowego nie wpłynęła znacząco na jego gęstość właściwą i objętościową, porowatość ogólną a także pojemność wodną.

**Tabela 2.** Zmiany właściwości fizycznych podłoża pieczarkowego w zależności od czasu przechowywania [Gupta i in. 2004]

**Table 2.** The changes of physical properties mushrooms substrate in depended from time of storage [Gupta et al. 2004]

Właściwości	Jednostka	Czas kompostowania (w miesiącach)					
		6	9	12	24	36	48
pH	–	7,30	6,72	7,20	7,45	6,90	7,50
Przewodność elektrolityczna	$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$	6,22	0,95	2,73	2,94	3,34	0,24
Całkowita zawartość substancji rozpuszczalnych	$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	2,70	0,462	2,03	0,14	1,72	0,11
Tlen rozpuszczalny		0,64	0,54	0,56	0,64	0,63	0,84
Gęstość objętościowa	$\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$	0,69	0,71	0,62	0,75	0,75	0,73
Gęstość właściwa		1,20	2,00	2,50	1,57	1,20	1,03
Porowatość ogólna	%	25,80	14,50	15,20	15,90	20,80	26,20
pojemność wodna		41,00	30,00	28,00	32,00	36,00	38,00

Z badań Gupty i innych [2004] wynika, że podczas przechowywania podłoża popieczarkowego na pryzmie przez od 6 do 48 miesięcy nastąpiło duże zmniejszenie w nim zawartości podstawowych składników pokarmowych. W największym stopniu zmniejszyła się zawartość potasu i azotu, w najmniejszym fosforu. W dużym stopniu podczas przechowywania odpadu popieczarkowego wyłukane zostały azotany i chlorki.

Maher [1991] podaje, że w wyniku przechowywania podłoża popieczarkowego na zewnątrz przez dłuższy okres, następuje zmniejszanie w nim zawartości potasu o 94%, fosforu o 33%, a straty azotu nie są większe niż 15%.

Składowanie podłoża popieczarkowego w pryzmach na wolnym powietrzu może być metodą zmniejszania zawartości w nim soli rozpuszczalnych, co ograniczy możliwość zwiększenia zasolenia gleb nawożonych tym odpadem. Badania Uzuna [2004] dowiodły, że nawożenie podłożem popieczarkowym, które przez 18 miesięcy było przechowywane w pryzmie na wolnym powietrzu, nie wpłynęło na zwiększenie zasolenia nawożonych nim gleb.

**Tabela 3.** Zmiany właściwości chemicznych podłoża pieczarkowego w zależności od czasu przechowywania [Gupta i in. 2004]**Table 3.** The changes of chemical properties mushrooms substrate in depended from time of storage [Gupta et al. 2004]

Właściwości	Jednostka	Czas kompostowania (w miesiącach)					
		6	9	12	24	36	48
Azot	%	2,73	1,96	2,90	1,45	1,70	0,70
Węgiel		2,51	1,46	1,46	0,84	0,45	0,41
Fosfor		0,31	0,20	0,20	0,17	0,16	0,10
Potas	mg·kg <sup>-1</sup>	31,40	n.o.	11,70	n.o.	16,00	n.o.
Wapń		0,56	0,58	0,41	0,34	0,52	0,27
Sód		n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.
Ołów		n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.
Chlorki		46,50	0,86	20,0	1,45	14,10	1,54
Azotany		12,80	4,31	9,90	2,43	8,92	1,95

**Objaśnienia:** n.o. – nie oznaczono.

Niżewski i inni [2006] badali możliwość kompostowania podłoża popieczarkowego z dodatkiem osadu ściekowego i gnojowicy. Celem badań było m.in. uzyskanie fazy termofilnej, niezbędnej do wystąpienia efektu pasteryzacji i zminimalizowania zagrożeń sanitarnych występujących w materiałach wyjściowych. Niestosowanie procesu higienizacji (parowania) podłoża popieczarkowego po zakończeniu cyklu szczególnie przez drobnych producentów często przejawia się przenoszeniem chorób grzybowych na uprawy polowe.

Rao i inni [2007] również zalecają kompostowanie podłoża popieczarkowego razem z innymi odpadami organicznymi.

### 3.2. Przechowywanie w warunkach beztlenowych

W razie braku możliwości bezpośredniego stosowania podłoży popieczarkowych do nawożenia roślin, można je składować w celu późniejszego zastosowania, ale składowanie powinno odbywać się w warunkach beztlenowych. Ze względu na to, że odpad popieczarkowy jest materiałem organicznym o wąskim stosunku C:N, czego dowodem jest dość duża zawartość form przyswajalnych składników pokarmowych, składowanie powinno być przeprowadzone w sposób ograniczający straty tych składników. W pryzmach podłoża popieczarkowego powinno się stworzyć warunki beztlenowe, co powoduje spowolnienie tempa mineralizacji substancji organicznej. Można to osiągnąć przez mocne ubicie i ugnięcie masy tego odpadu.

Do masy podłoża popieczarkowego przeznaczonego do składowania można dodać inne organiczne materiały odpadowe, zwłaszcza o szerokim stosunku C:N tj. słomę, trociny drzew liściastych czy korę. Dodatek takich materiałów powoduje spowolnienie minerali-

zacji na rzecz immobilizacji, co jest zjawiskiem bardzo korzystnym, jeśli odpad pieczarkowy ma być stosowany w późniejszym czasie.

Spowolnienie procesu mineralizacji powoduje ograniczenie strat składników pokarmowych, poprzez wbudowywanie ich w różnego rodzaju połączenia organiczne. Zapobiega to stratom składników pokarmowych, co podczas przechowywania jest sprawą nadrzędną.

#### 4. PODSUMOWANIE

Intensywny rozwój produkcji pieczarkarskiej sprawia, że do środowiska przekazywane są coraz większe ilości zużytego podłoża pieczarkowego. Podłoże pieczarkowe stanowi bardzo cenny naturalny, ekologiczny odpad poprodukcyjny, używany do celów nawozowych.

Odpad pieczarkowy mimo swoich zalet, tj. zawartość substancji organicznej, zasobność w makro- i mikroskładniki, obojętny odczyn, duża przyswajalność zawartych składników pokarmowych itp., w razie niezagospodarowania może stanowić poważne zagrożenie dla otoczenia.

Brak możliwości bezpośredniego stosowania odpadu pieczarkowego do nawożenia roślin, co wydaje się być najbardziej racjonalnym rozwiązaniem, stwarza potrzebę przechowywania (składowania) go w celu późniejszego zastosowania. Przechowywanie podłoża pieczarkowego w warunkach tlenowych (kompostowanie) prowadzi do wytworzenia nawozu organicznego, który pod względem cech fizycznych i chemicznych jest bardzo zbliżony do próchnicy. Badania, dotyczące możliwości kompostowania zużytego podłoża pieczarkowego z innymi odpadami (głównie gnojowicą świńską czy pomiotem drobiowym) prowadzone są na szeroką skalę w Irlandii, gdzie odpady te stanowią poważny problem dla środowiska [Rao i in. 2007].

Uniknięcie strat składników pokarmowych możliwe jest jedynie przez stworzenie warunków beztlenowych, co powoduje spowolnienie tempa mineralizacji substancji organicznej. Ten sposób składowania (przechowywania) podłoża po uprawie pieczarek jest szczególnie uzasadniony w odniesieniu do podłoża termicznie zdezynfekowanego (pasteuryzowanego), które jest pozbawione szkodników i grzybów chorobotwórczych, nie stanowi zatem zagrożenia dla nawożonych nim upraw.

#### PIŚMIENNICTWO I AKTY PRAWNE

**Dyrektywa Rady 1999/31/WE z dnia 26 kwietnia 1999 r. w sprawie składowania odpadów** (Dz. Urz. L 182 z 16.07.1999 r., str. 1, z późn. zm.).

**Dyrektywa Rady 91/676/EWG z dnia 12 grudnia 1991 r. dotycząca ochrony wód przed zanieczyszczeniami powodowanymi przez azotany pochodzenia rolniczego.**

GUPTA P., INDURANI C., AHLAWAT O.P., VIJAY B., MEDIRATTA V. 2004. Physico-chemical properties of spent mushroom substrates of *Agaricus bisporus*. Mushroom Research, 13,2: 84–94.

- KALEMBASA D., WIŚNIEWSKA B. 2006. Zmiany składu chemicznego gleby i życia wielokwiatowej pod wpływem stosowania podłoża popieczarkowego. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 512: 265–276.
- KALEMBASA D., WIŚNIEWSKA B. 2004. Wykorzystanie podłoża popieczarkowego do rekultywacji gleb. Roczniki Gleboznawcze 55, 2: 209–217.
- KALEMBASA D., WIŚNIEWSKA B. 2008a. Wpływ nawożenia podłożem popieczarkowym na plon i zawartość wybranych makroelementów w życiu wielokwiatowej. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 526: 191–198.
- KALEMBASA D., WIŚNIEWSKA B. 2008b. Wpływ nawożenia podłożem popieczarkowym na zawartość, pobranie i wykorzystanie fosforu przez życie wielokwiatową. W: Związki fosforu w chemii, rolnictwie, medycynie i ochronie środowiska. Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu, Chemia 4(1204): 109–114.
- KUCZEWSKI K., ŁOMATOWSKI J. 2002. Komposty na bazie pomiotu kurzego. Monografia 27. Zesz. Nauk. AR, Wrocław: 448.
- MAHER M.J. 1991. Spent mushroom compost as a nutrient source in peat based potting substrate. Mushroom Science 13, 2: 645–650.
- MERCIK S. Chemia rolna. 2004. Wyd. SGGW: 281.
- NIŻEWSKI P., DACH J., JĘDRUŚ A. 2006. Management of mushrooms subgrade waste by composting process. Zagospodarowanie zużytego podłoża z pieczarkarni metodą kompostowania. J. of Res. and Appl. in Agricul. Engineer. 51, 1: 24–2.
- PIOTROWSKA H. 1993. Odpady – stan środowiska w Polsce. Wyd. PIOŚ, Centrum Informacji o Środowisku OR i D, Warszawa.
- RAO J.R., WATABE M., STEWART T.A., MILLAR B.C., MOORE J.E. 2007. Pelleted organomineral fertilizers from composted pig slurry solids, animal wastes and spent mushroom compost for amenity grasslands. Waste Management 27: 1117–1128.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 27 września 2001 r. w sprawie katalogu odpadów.** (Dz. U., Nr 112, poz. 1206).
- RUTKOWSKA B. 2009. Możliwości rolniczego wykorzystania zużytych podłoży po produkcji pieczarek. Odpady w kształtowaniu i inżynierii środowiska. Polska Akademia Nauk Wydziału Nauk Rolniczych, Leśnych i Weterynaryjnych. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 535: 349–354.
- SAKSON N. 2008. Okrywa. W: Produkcja pieczarki na podłożu fazy III. PWRiL Warszawa: 70–71.
- SZUDYGA K. 2011. Ja pieczarka. W: Pieczarki. Biuletyn Producenta Pieczarek. Wyd. Hortpress 1: 8–13.
- Ustawa o odpadach z dnia 27 kwietnia 2001 r. z późniejszymi zmianami.** (Dz. U. 01.62. 628).
- UZUN I. 2004. Use of spent mushroom compost in sustainable fruit production. Journal of Fruit and Ornamental Plant Research 12: 157–165.