

JULITA REGUŁA<sup>1</sup>, DOROTA WALKOWIAK-TOMCZAK<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Katedra Higieny Żywienia Człowieka

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

<sup>2</sup>Instytut Technologii Żywności Pochodzenia Roślinnego

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

## ZAWARTOŚĆ SKŁADNIKÓW MINERALNYCH W EKSTRUDATACH KUKURYDZIANYCH WZBOGACONYCH O SUSZ GRZYBOWY BOCZNIAKA OSTRYGOWATEGO (*PLEUROTUS OSTREATUS*) I WŁAŚCIWOŚCI SORPCYJNE TYCH PRODUKTÓW W STOSUNKU DO ŻELAZA, MIEDZI I CYNKU\*

**Streszczenie.** Celem niniejszej pracy była ocena zawartości składników mineralnych w produktach z udziałem suszu bocznika oraz określenie ich właściwości sorpcyjnych w stosunku do żelaza, miedzi i cynku w warunkach pH zbliżonych do panujących w przewodzie pokarmowym człowieka. Materiał stanowiły ekstrudaty kukurydziane z dodatkiem 10% i 20% suszu bocznika. Analizę zawartości składników mineralnych wykonano metodą absorpcyjnej spektrometrii atomowej. Stopień wiązania żelaza, miedzi i cynku oszacowano w warunkach *in vitro* (symulowanych dla przewodu pokarmowego), uwzględniając jako ośrodek dyspersyjny roztwory buforowe o wartościach pH 1,8 i 8,7. Stwierdzono, że produkty charakteryzowały się dużą zawartością żelaza, miedzi, magnezu i potasu, a małą – sodu i wapnia. Stopień sorpcji badanych składników mineralnych był różnicowany i zależał od rodzaju pierwiastka i odczynu środowiska. Wyniki badań sugerują, że ekstrudaty z dodatkiem suszu bocznika mogłyby być stosowane jako uzupełnienie całodziennej diety, jednakże, aby móc propagować je jako dobre źródło mikroelementów, niezbędne jest określenie zdolności sorpcyjnych w badaniach *in vivo*.

**Słowa kluczowe:** ekstrudaty, bocznik (*Pleurotus ostreatus*), składniki mineralne, sorpcja

---

\*Praca częściowo finansowana ze środków na naukę w latach 2005-2008 jako projekt badawczy.

## Wstęp

Bocznik ostrygowaty (*Pleurotus ostreatus*), ze względu na udokumentowane właściwości prozdrowotne (STAMES 1993, LASOTA i KARMAŃSKA 1994, WASSER i WEIS 1999, MANZI i IN. 2001, MAU i IN. 2002, SMITH i IN. 2002) oraz stosunkowo dużą wartość odżywczą i dużą zawartość składników mineralnych, jest w wielu krajach polecany jako dodatek do całodzienniej diety. Zawartość białka w suszach bocznika jest zbliżona do poziomu notowanego w suszonych warzywach, przy czym wielu autorów (SHAH i IN. 1997, DWYER 1999, BERNAS i IN. 2006) sugeruje, że białko bocznika jest stosunkowo dobrze przyswajalne, a aminokwasem ograniczającym jego wartość odżywczą jest izoleucyna. Na podkreślenie zasługuje duża zawartość błonnika pokarmowego, znacznie przekraczająca ilości notowane w suszonych warzywach i owocach, a także duża zawartość popiołu oraz żelaza, potasu, fosforu, cynku i miedzi.

Prócz dużej wartości odżywczej boczniki charakteryzują się dobrymi właściwościami prozdrowotnymi (MANZI i IN. 2001, RAJEWSKA i BAŁASIŃSKA 2004, BERNAS i IN. 2006). W latach dziewięćdziesiątych XX wieku wyizolowano z bocznika  $\beta$ -1,3-D-glukan, który okazał się skuteczny we wzmacnianiu odporności organizmu, wykazywał działanie antykancerogenne, obniżające poziom cukru i regulujące poziom cholesterolu we krwi. Badania kliniczne prowadzono w Instytucie Badawczym Ministerstwa Słowacji na grupie 57 kobiet i mężczyzn w średnim wieku. Przez miesiąc spożywali oni w codziennej diecie 10 g bocznika. Zanotowano obniżenie poziomu cholesterolu w surowicy krwi o 12,6% oraz obniżenie poziomu trójglicerydów o 27,2% (BOBEK i IN. 1991).

Rekomendowanie wprowadzenia do diety produktów z dodatkiem suszów z bocznika ostrygowatego, w szczególności jako źródeł składników mineralnych, wymaga z jednej strony precyzyjnego określenia zawartości tych składników, a z drugiej sprawdzenia, czy produkty te nie wykazują silnych właściwości sorpcyjnych w stosunku do mikroelementów. W związku z tym celem niniejszej pracy była ocena zawartości składników mineralnych w produktach z udziałem suszu bocznika oraz oszacowanie zawartości w nich żelaza, miedzi i cynku po zastosowaniu symulowanych warunków przewodu pokarmowego człowieka.

## Material i metody

Materiał stanowiły ekstrudaty kukurydziane z dodatkiem suszu bocznika ostrygowatego (*Pleurotus ostreatus*) w ilości 10% i 20%. Proces ekstruzji prowadzono w wilgotności 12-15%, w strefie temperatur: I – 120-140°C, II – 160-180°C, III – 120-140°C, w jednoślindakowym ekstruderze typu S-45-12 firmy Metalchem Gliwice, przy 75-90 obr/min i średnicy dyszy 5 mm.

Susz bocznika pozyskiwano z owocników wyhodowanych na podłożu ze słomy pszennej zaszczipionej grzybnią bocznika odmiany K-22. Uprawa była prowadzona w hali uprawowej dla produkcji wielkotowarowej o wilgotności względnej powietrza 85-90% i temperaturze 13-15°C.

Analizę zawartości składników mineralnych i metali toksycznych wykonano metodą absorpcyjnej spektrometrii atomowej na aparacie Solar 939 Unicam Ltd. Cambridge.

Reguła J., Walkowiak-Tomczak D., 2009. Zawartość składników mineralnych w ekstraktach kukurydzianych wzbogaconych o susz grzybowy bocznika ostrygowatego (*Pleurotus ostreatus*) i właściwości sorpcyjne tych produktów w stosunku do żelaza, miedzi i cynku. *Nauka Przyr. Technol.* 3, 2, #63.

Oznaczenia analityczne przeprowadzono w trzech równoległych powtórzeniach, a wyniki przedstawiono w gramach na 100 g suchej masy.

Do określenia zdolności wiązania przez ekstrakt wybranych składników mineralnych (miedzi, cynku i żelaza) zastosowano metodykę opartą na publikacji STACHOWIAK i KUBIAK (1990), polegającą na wytrząsaniu próby produktu w temperaturze 37°C. Adsorbentem były roztwory zawierające  $\text{CuCl}_2$ ,  $\text{ZnCl}_2$  i  $\text{FeCl}_3$  o następujących stężeniach pierwiastków: Cu – 5  $\mu\text{g/ml}$ , Zn – 25  $\mu\text{g/ml}$ , Fe – 30  $\mu\text{g/ml}$ . Roztworami dyspergującymi były roztwory buforowe o wartościach pH 1,8 i 8,7. Warunki eksperymentu dobrano tak, aby były zbliżone do panujących w przewodzie pokarmowym człowieka: w żołądku (pH 1,8, czas wytrząsania – 135 min) i dwunastnicy (pH 8,7, czas wytrząsania – 60 min). Zawartość żelaza, miedzi i cynku oznaczono metodą AAS. Wielkość sorpcji określono jako procentowy stosunek zawartości pierwiastka związanego z produktem do ogólnej ilości tego pierwiastka wprowadzonego do układu.

Analizę statystyczną wykonano z zastosowaniem metody ANOVA dla układów czynnikowych, a ocenę różnic pomiędzy poszczególnymi grupami analizowano testem HSD Tukeya, z wykorzystaniem pakietu statystycznego Statistica 7.0 firmy StatSoft.

## Wyniki i dyskusja

W piśmiennictwie żywieniowym od szeregu lat są prezentowane prace dokumentujące prozdrowotne właściwości bocznika (BOBEK i IN. 1991, STAMES 1993, LASOTA i KARMAŃSKA 1994, MATTILA i IN. 2000, MANZI i IN. 2001, MAU i IN. 2002, REGUŁA i SIWULSKI 2007). W szczególności jest akcentowana duża zawartość w nich biologicznie aktywnych składników wykazujących działanie przeciwnowotworowe, obniżające poziom cukru i cholesterolu we frakcji LDL oraz poziom ciśnienia tętniczego krwi, co wpływa na system odpornościowy (BOBEK i IN. 1991, MATTILA i IN. 2000, MANZI i IN. 2001, RAJEWSKA i BAŁASIŃSKA 2004). Uważa się, że grzyb ten może być również dobrym źródłem mikroelementów i makroelementów, takich jak potas, magnez, fosfor, cynk, żelazo, miedź (SHAH i IN. 1997, KALAČ i SVOBODA 2000, IŞILOGLU i IN. 2001). Boczniki są łatwe w hodowli i tanie w produkcji. Informacji odnośnie do wartości odżywczej boczników i ich suszy w piśmiennictwie światowym jest sporo, jednak niewątpliwie brak jest badań kompleksowych dotyczących produktów spożywczych przygotowanych z dodatkiem tych grzybów, a w szczególności brak jest informacji o zdolności sorpcji składników mineralnych omawianych produktów. W niniejszej pracy podjęto próbę wyjaśnienia tych wątpliwości w warunkach *in vitro*.

Ekstrakt kukurydziane z dodatkiem suszu bocznika w ilości 10% i 20% charakteryzowały się dużą zawartością popiołu oraz żelaza, potasu, magnezu, fosforu, cynku i miedzi, przy czym na ilość tych składników w sposób istotny wpływał poziom dodatku suszu do produktu (tab. 1).

Zaobserwowano istotny wzrost (od 15% do 95%) zawartości żelaza, miedzi, cynku, sodu i potasu wraz ze zmianą ilości dodanego suszu grzybowego. Zaobserwowano wysoki stosunek sodu do potasu w produktach, co jest bardzo korzystne w aspekcie profilaktyki nadciśnienia. Nie zanotowano nieprawidłowości jeśli chodzi o dopuszczalną zawartość metali toksycznych w produktach.

Reguła J., Walkowiak-Tomczak D., 2009. Zawartość składników mineralnych w ekstrudatach kukurydzianych wzbogaconych o susz grzybowy bocznika ostrygowatego (*Pleurotus ostreatus*) i właściwości sorpcyjne tych produktów w stosunku do żelaza, miedzi i cynku. *Nauka Przyr. Technol.* 3, 2, #63.

Tabela 1. Zawartość składników mineralnych w ekstrudatach z dodatkiem suszu bocznika ostrygowatego (*Pleurotus ostreatus*) (mg/kg s.m.)

Table 1. Contents of minerals in extrudates with dried oyster (*Pleurotus ostreatus*) (mg/kg d.m.)

Składnik	Dodatek 10% suszu	Dodatek 20% suszu
Fe	16,7 ±1,95	23,8 ±0,29 <sup>***</sup>
Cu	6,52 ±0,30	6,62 ±0,27
Zn	14,5 ±1,57	18,7 ±0,064 <sup>***</sup>
Mg	468 ±3,07	537 ±3,81 <sup>***</sup>
Ca	114 ±7,49	59,0 ±2,32 <sup>***</sup>
K	3 690 ±10,1	6 258 ±56,6 <sup>***</sup>
Na	123 ±1,06	126 ±1,7 <sup>***</sup>
Pb	0,567 ±0,011	0,207 ±0,015 <sup>***</sup>
Cd	0,071 ±0,0071	0,091 ±0,0087 <sup>***</sup>
Hg	0,0021 ±0,0001	0,0060 ±0,0001 <sup>***</sup>

\*\*\* p < 0,001.

Analiza statystyczna wyników badań sorpcji miedzi, cynku i żelaza przez ekstrudaty z dodatkiem suszu grzybowego wykazała, że poziom związania tych metali był zależny od wartości pH środowiska (p < 0,001). Ich sorpcja była najmniejsza przy wartości pH 1,8, przy czym nie przekraczała wówczas 20% (rys. 1).

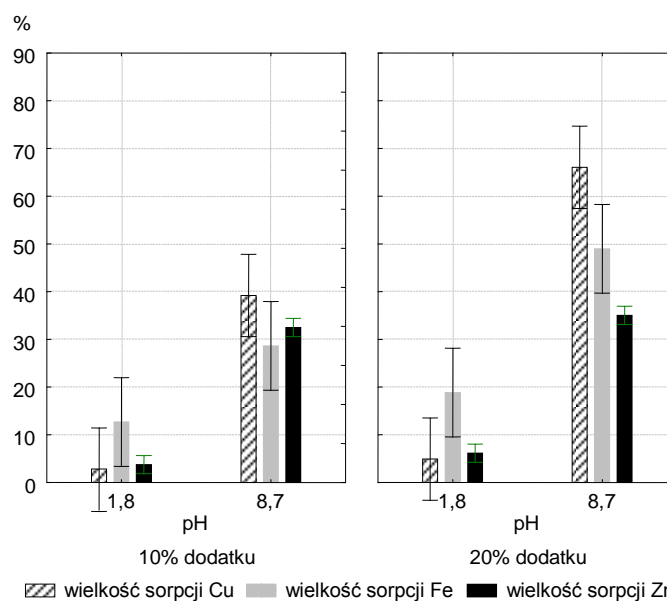
Stosunkowo dużą wartość sorpcji zanotowano jedynie w przypadku pH 8,7 dla miedzi, wynoszącą 66%, co jest jednak wartością mniejszą niż obserwowane przez innych autorów (STACHOWIAK i KUBIAK 1990, GÓRECKA i STACHOWIAK 2002, STACHOWIAK i ŚMIGIELSKA 2004, REGUŁA i IN. 2006, REGUŁA i SIWULSKI 2007). Oprócz tego przypadku wartości sorpcji uzyskane w niniejszych badaniach korespondują ze stwierdzeniami innych autorów (THOMPSON i WEBER 1979, STACHOWIAK i GAWĘCKI 1989, KORCZAK i IN. 1995, GÓRECKA i STACHOWIAK 2002), że większość sorbentów różnego pochodzenia (susz jabłek, susz marchwi, otręby pszenne, kukurydziane, sojowe, ryżowe, łuski owsiane i celuloza) wiąże metale przy pH 6,8, natomiast wraz ze wzrostem kwasowości roztworu następuje spadek sorpcji, a nawet przy pH 0,65 obserwowano uwalnianie miedzi, cynku i żelaza.

KORCZAK i IN. (1995) zaobserwowali największą zdolność wymiany kationów suszu marchwi i jabłek przy pH 6,6 w temperaturze 20°C i przy pH 8,7 w temperaturze 37°C, natomiast mniejszą w środowisku o pH 1,8.

HARLAND i MORRIS (1995) sugerują, że żywność bogata w błonnik pokarmowy może zakłócać gospodarkę składnikami mineralnymi w organizmie człowieka przez ich adsorpcję. Nadmierna adsorpcja składników mineralnych jest spowodowana obecnością fitynianów. Aby produkty mogły być dobrym źródłem składników mineralnych, nie powinny wykazywać silnych właściwości sorpcyjnych.

Pełną odpowiedź odnośnie do zdolności sorpcyjnych produktów należałoby uzyskać w badaniach *in vivo*.

Reguła J., Walkowiak-Tomczak D., 2009. Zawartość składników mineralnych w ekstrudatach kukurydzianych wzbogaconych o susz grzybowy bocznika ostrygowatego (*Pleurotus ostreatus*) i właściwości sorpcyjne tych produktów w stosunku do żelaza, miedzi i cynku. *Nauka Przyr. Technol.* 3, 2, #63.



Rys. 1. Wiązanie żelaza, miedzi i cynku przez ekstrudaty z dodatkiem suszu bocznika

Fig. 1. Sorption of iron, copper and zinc by extrudates with dried oyster

## Podsumowanie

Biorąc pod uwagę stosunkowo dużą zawartość składników mineralnych, takich jak magnez, potas, żelazo, miedź i cynk, a także sugerowane przez innych autorów (STAMES 1993, LASOTA i KARMAŃSKA 1994, WASSER i WEIS 1999, KALAC i SVOBODA 2000, MATTILA i IN. 2000, ISILOGLU i IN. 2001, MANZI i IN. 2001, MAU i IN. 2002, SMITH i IN. 2002, RAJEWSKA i BAŁASIŃSKA 2004, REGUŁA i SIWULSKI 2007) wartości prozdrowotne, uzyskane produkty w postaci ekstrudatów kukurydzianych wzbogaconych suszem bocznika mogą być polecane jako uzupełnienie tradycyjnej diety, jednakże, aby móc propagować je jako dobre źródło mikroelementów, niezbędne jest określenie ich zdolności sorpcyjnych w badaniach *in vivo*.

## Literatura

- 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.
- BOBEK P., GINTER E., JURCOVICOVA M., KUNIAK L., 1991. Cholesterol-lowering effect of the mushroom *Pleurotus ostreatus* in hereditary hypercholesterolemic rats. *Ann. Nutr. Metab.* 35, 4: 191-195.

Reguła J., Walkowiak-Tomczak D., 2009. Zawartość składników mineralnych w ekstrudatach kukurydzianych wzbogaconych o susz grzybowy bocznika ostrygowatego (*Pleurotus ostreatus*) i właściwości sorpcyjne tych produktów w stosunku do żelaza, miedzi i cynku. *Nauka Przyr. Technol.* 3, 2, #63.

- DWYER J., 1999. Convergence of plant-rich and plant-only diets. *Am. J. Clin. Nutr.* 70: 620-622.
- GÓRCEKA D., STACHOWIAK J., 2002. Sorption of copper, zinc and cobalt by oats and oat product. *Nahrung/Food* 46, 2: 96-99.
- HARLAND B.F., MORRIS E.R., 1995. Phytate: a good or a bad food component? *Nutr. Res.* 15: 733-754.
- IŞILOGLU M., YILMAZ F., MERDIVAN M., 2001. Concentrations of trace elements in wild edible mushrooms. *Food Chem.* 73: 169-175.
- KALAČ P., SVOBODA L., 2000. A review of trace element concentrations in edible mushrooms. *Food Chem.* 69, 3: 273-281.
- KORCZAK J., GÓRCEKA D., JANITZ W., BORNIKOWSKA A., FABRYCKA A., 1995. Właściwości fizyko-chemiczne błonnika pokarmowego w symulowanych warunkach przewodu pokarmowego. *Rocz. AR Pozn. Technol. Żywn.* 19, 2: 51-59.
- LASOTA W., KARMAŃSKA A., 1994. Wpływ podawania suszów twardziaka jadalnego i bocznika ostrygowatego na poziom cholesterolu w surowicy krwi szczurów. *Probl. Hig.* 44: 77-86.
- MANZI P., AGUZZI A., PIZZOFERRATO L., 2001. Nutritional value of mushrooms widely consumed in Italy. *Food Chem.* 70, 3: 321-325.
- MATTILA P., SUONPAA K., PIIRONEN V., 2000. Functional properties of edible mushroom. *Nutrition* 16, 7/8: 694-696.
- MAU J., LIN H., SONG S., 2002. Antioxidant properties of several speciality mushrooms. *Food Res.* 3: 519-526.
- RAJEWSKA J., BALASIŃSKA B., 2004. Związki biologicznie aktywne zawarte w grzybach jadalnych i ich korzystny wpływ na zdrowie. *Post. Hig. Med. Dośw.* 58: 352-357.
- REGUŁA J., JESZKA J., KOSIDOWSKA B., GRAMZA A., ANIOŁA J., SIWULSKI M., 2006. Sorption of iron copper and zinc as well as chemical composition of dried shiitake (*Lentinula edodes*) and oyster (*Pleurotus ostreatus*) mushrooms. *Pol. J. Environ. Stud.* 15, 2B: 670-673.
- REGUŁA J., SIWULSKI M., 2007. Dried shiitake (*Lentinula edodes*) and oyster (*Pleurotus ostreatus*) mushrooms as a good source of nutrient. *Acta Sci. Pol. Technol. Aliment.* 6, 4: 135-142.
- SHAH H., IQTIDAR A., KHALIL J., SHAGUFTA J., 1997. Nutritional composition and protein quality of *Pleurotus* mushroom. *Sarhad J. Agric.* 13, 6, 621-626.
- SMITH J., ROWAN N., SULLIVAN R., 2002. Medicinal mushrooms: their therapeutic properties and current medical usage with special emphasis on cancer treatments. University of Strathclyde, Glasgow, UK.
- STACHOWIAK J., GAWĘCKI J., 1989. Sorption of copper, molybdenum andelenium ions on selected dietary fibre preparations. *Acta Aliment. Pol.* 15: 107-112.
- STACHOWIAK J., KUBIAK A., 1990. Sorpcja cynku na wybranych preparatach błonnikowych w symulowanych warunkach pH przewodu pokarmowego człowieka. *Rocz. AR Pozn. Technol. Żywn.* 16: 77-82.
- STACHOWIAK J., ŚMIGIELSKA H., 2004. Sorption of copper and zinc ions by various cereal bran and collagen and elastin preparations. *Acta Sci. Pol. Technol. Aliment.* 3, 1: 5-12.
- STAMES P., 1993. Growing gourmet and medicinal mushrooms. Ten Speed Press, Barkley.
- THOMPSON A.A., WEBER C., 1979. Influence of pH binding of copper, zinc and iron in six fiber sources. *J. Food Sci.* 44: 752-754.
- WASSER S.P., WEIS A.L., 1999. Therapeutic effects of substances occurring in higher *Basidiomycetes* mushrooms: a modern perspective. *Crit. Rev. Immunol.* 19, 1: 65-96.

Reguła J., Walkowiak-Tomczak D., 2009. Zawartość składników mineralnych w ekstrudatach kukurydzianych wzbogaconych o susz grzybowy bocznika ostrygowatego (*Pleurotus ostreatus*) i właściwości sorpcyjne tych produktów w stosunku do żelaza, miedzi i cynku. *Nauka Przyr. Technol.* 3, 2, #63.

---

## CONTENTS OF MINERALS IN CORN EXTRUDATES WITH DRIED OYSTER (*PLEUROTUS OSTREATUS*) MUSHROOMS AND SORPTION OF IRON, COPPER AND ZINC BY THESE PRODUCTS

**Summary.** The aim of this study was to assess the mineral composition of extrudates with the addition of dried oyster and to estimate the capacity to bind iron, copper and zinc by these products under conditions of pH values similar to those found in the human alimentary tract. The experimental material consisted of extrudates with a 10% and 20% addition of dried oyster. Contents of minerals were analysed by atomic absorption spectrophotometry. Sorption of iron, copper and zinc was estimated under *in vitro* conditions (simulated to imitate those in the alimentary tract), using buffer solutions with pH 1.8 and 8.7 as dispersion media. It was found that the products were characterized by high contents of iron, copper, magnesium and potassium, and low contents of sodium and calcium. Sorption of minerals was different and depended on kind of minerals and pH medium. Results of tests suggest that the products could be used as a food additive, however, in order to promote them as a good source of microelements, it is necessary to determine the sorption capacity of dried mushrooms in *in vivo* tests.

**Key words:** extrudates, oyster (*Pleurotus ostreatus*), minerals, sorption

*Adres do korespondencji – Corresponding address:*

Julita Reguła, Katedra Higieny Żywności Człowieka, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, ul. Wojska Polskiego 31/33, 60-624 Poznań, Poland, e-mail: jumar@up.poznan.pl

*Zaakceptowano do druku – Accepted for print:*

12.01.2009

*Do cytowania – For citation:*

Reguła J., Walkowiak-Tomczak D., 2009. Zawartość składników mineralnych w ekstrudatach kukurydzianych wzbogaconych o susz grzybowy bocznika ostrygowatego (*Pleurotus ostreatus*) i właściwości sorpcyjne tych produktów w stosunku do żelaza, miedzi i cynku. *Nauka Przyr. Technol.* 3, 2, #63.