

WPŁYW SPOSOBU MINERALIZACJI SUBSTANCJI ORGANICZNEJ
NA ZAWARTOŚĆ MAKRO- I MIKROELEMENTÓW
W MAKUCHU RZEPAKOWYM

Stanisław Kalembasa, Dawid Jaremko, Elżbieta Anna Adamiak

Katedra Gleboznawstwa i Chemii Rolniczej
Uniwersytet Przyrodniczo-Humanistyczny w Siedlcach
ul. Prusa 14, 08-110 Siedlce
e-mail: kalembasa@uph.edu.pl

Streszczenie. Celem pracy było porównanie dwóch sposobów mineralizacji makuchu rzepakowego, do uzyskania roztworów, w których oznaczono makro- i mikroelementy. Próbki poddano mineralizacji „na sucho” w piecu muflowym, w temperaturze 450°C oraz mineralizacji „na mokro” mieszaniną $\text{HNO}_3\text{:H}_2\text{O}_2$ o stosunku 2:1 (v/v), w temperaturze 60°C. Oznaczono w nich zawartość 13 pierwiastków metodą ICP–AES. Przeprowadzone badania wykazały istotne różnice w zawartości oznaczonych pierwiastków w zależności od sposobu przygotowywania próbek materiału biologicznego.

Słowa kluczowe: makuch rzepakowy, skład elementarny, mineralizacja „na mokro”, mineralizacja „na sucho”

WSTĘP

Postępujące znaczenie produkcji rzepaku i innych roślin oleistych, poddyktowane, między innymi, wdrażaniem technologii biopaliwowych, wymusza potrzebę zagospodarowania bioodpadów. Na rynku krajowym pojawia się coraz więcej wyłoczyn z nasion rzepaku, zwanych makuchem rzepakowym, który jest produktem ubocznym przy wytwarzaniu oleju. Surowiec ten można wykorzystać do wytwarzania wysokogatunkowych pasz oraz do produkcji bioenergii (Cieślakowski i in. 2006, Strzetelski 2006). Makuch rzepakowy stanowi duży zasób organicznych substancji nawozowych, ma stałą konsystencję. Odpowiednią metodą jego utylizacji może być wykorzystanie go jako nawozu organicznego. Na wartość nawozową makuchu wpływa głównie zawartość poszczególnych makro- i mikroelementów. Makuch rzepakowy jest bogaty w składniki mineralne: wapń,

fosfor, siarkę, żelazo, magnez, mangan (Bielecka i in. 2009, Kalembasa i Adamiak 2010). Mając na uwadze, skład pierwiastkowy makuchu oraz wiele dostępnych, powszechnie stosowanych w laboratorium metod mineralizacji materiału roślinnego (techniką tradycyjną oraz nowoczesną) należy poszukiwać właściwych metod rozkładu próbek makuchu rzepakowego z uwzględnieniem jego charakteru matrycy. Stosowane metody rozkładu substancji pochodzenia roślinnego mogą być głównym źródłem błędów, zwłaszcza w przypadku pierwiastków występujących w śladowych ilościach. Badania zawartości metali ciężkich w złożonych matrycy środowiskowej wymagają jej mineralizacji, prowadzącej do rozkładu substancji złożonej na proste związki nieorganiczne (Gawdzik 2009). W związku, z tym wskazane jest ocena metod laboratoryjnych pozwalających na szybką, prostą oraz wiarygodną analizę składu pierwiastkowego makuchu rzepakowego. Wyróżnia się dwie podstawowe metody utleniania (spalania) próbki substancji organicznej (Matusiewicz 1998):

- metodę utleniania „na sucho” w temperaturze od 400°C do 500°C w atmosferze powietrza lub tlenu – spopielanie;
- metodę utleniania „na mokro” różnymi stężonymi roztworami kwasów mineralnych, ich mieszaninami lub innymi związkami utleniającymi.

Celem pracy była ocena dwóch metod mineralizacji materiału roślinnego mającego kluczowe znaczenie w ocenie ilościowego składu pierwiastkowego makuchu rzepakowego, a także statystyczna ocena wpływu sposobu mineralizacji na uzyskane wyniki.

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Obiekt badań stanowił makuch rzepakowy, próbki pochodziły z olejarni na terenie środkowowschodniej Polski. Pobrano 10 reprezentatywnych próbek makuchu rzepakowego i rozdrobniono. Następnie, po dokładnym wysuszeniu w 105°C, zmineralizowano makuch według dwóch niezależnych procedur:

- Procedura a – metoda mineralizacji „na sucho”.

Do tygli porcelanowych odważono po 1g dobrze zhomogenizowanych próbek biomasy makuchu. Zawartość spopielono w piecu muflowym, nastawionym na postępujące zwiększanie temperatury od 20°C do 450°C w ciągu 4 godzin, a następnie mineralizacji w temperaturze 450°C przez 12 godzin. Po całkowitym utlenieniu organicznych związków zawartych w próbce, popiół w tygłu zalano 5 cm³ roztworu HCl (1:1) w celu rozłożenia węglanów, wydzielania krzemionki oraz uzyskania anionów kwasów nieorganicznych i chlorków badanych kationów. Nadmiar kwasu solnego odparowano na łaźni piaskowej do sucha. Zawartość tygla powtórnie zalano roztworem HCl (10%) i uzyskany roztwór przeniesiono do kolby miarowej o pojemności 100 cm³, przez twardy sącdek w celu oddzielenia

krzemionki. Zawartość na sączku trzykrotnie przemyto rozcieńczonym roztworem HCl, a zawartość kolby uzupełniono do kreski. Mineralizację próbek przeprowadzono w trzech powtórzeniach.

- Procedura b – metoda mineralizacji „na mokro”.

Do kolby Kjeldahla o pojemności 500 cm³ odważono 1 g zhomogenizowanego materiału organicznego, dodano 20 cm³ stężonego roztworu HNO₃ i pozostawiono na 30 minut. Następnie dodano powoli 5 cm³ 30% roztworu perhydrolu i po wymieszaniu ogrzewano do całkowitego rozтворzenia próbki i zaniku wydzielania się tlenków azotu (około 30 minut). Zimne roztwory przeniesiono ilościowo do kolb o pojemności 100 cm³, oddzielając krzemionkę na twardym sączku oraz przemywając kilkakrotnie kolbę Kjeldahla małymi porcjami wody, i uzupełniono wodą do kreski. Analizowane próbki przygotowano w trzech powtórzeniach.

Całkowite roztwarzanie próbek makuchu wstępnie oceniono wizualnie; w obu metodach po rozтворzeniu uzyskano klarowne, bezbarwne roztwory w przypadku metody spopielenia lub lekko żółte roztwory w przypadku metody mineralizacji „na mokro”.

Równolegle przygotowano ślepą próbę odczynnikową według dwóch niezależnych procedur. Do oceny precyzyjności i dokładności oznaczeń zastosowanych procedur badawczych (analizowanych pierwiastków) wykorzystano certyfikowany materiał roślinny NCS DC 73351 (China National Analysis Centre for Iron and Steel, Beijing, China).

W przygotowanych próbkach oznaczono zawartość 13 pierwiastków: 5 z grupy makroelementów – P, K, Ca, Mg, S; 8 mikroelementów i pierwiastków śladowych – Fe, Mn, Mo, Ba, Sr, w tym metali ciężkich Cr, Zn i Ni, metodą ICP-AES, na atomowym spektrometrze emisyjnym z indukcyjnie sprzężoną plazmą na aparacie Optima 3200 RL firmy Perkin Elmer. Pozwala ona na przeprowadzanie analizy wielopierwiastkowej przy minimalnych efektach matrycowych (Boss i Fredeen 1999).

Uzyskane dane opracowano statystycznie. W celu sprawdzenia istotnych różnic między zawartością oznaczanych pierwiastków w roztworach uzyskanych metodą mineralizacji „na sucho” i „na mokro” przeprowadzono jednoczynnikową analizę wariancji, z wykorzystaniem testu F-Snedecora na poziomie istotności $\alpha < 0,05$ oraz $\alpha < 0,01$.

WYNIKI I DYSKUSJA

Analiza składu elementarnego (tab. 1) wykazała, że makuch rzepakowy cechował się znaczną zawartością pierwiastków z grupy makro- i mikroelementów, a śladową lub niewielką ilością metali ciężkich. Analiza zawartości makroelementów makuchu rzepakowego wykazała, że jest on nie tylko doskonałą paszą,

ale może być także wykorzystywany w produkcji agrotechnicznej jako doskonałe źródło składników pokarmowych roślin a szczególnie azotu i siarki w produkcji rzodkiewki, sałaty itp.. Makuch rzepakowy w takim świetle spełnia wymagania jakościowe, jakimi powinny się charakteryzować nawozy organiczne (Rozporządzenie...2008). Zawartość metali ciężkich, kształtowała się poniżej najwyższych dopuszczalnych wartości określonych w Rozporządzeniu z 2007 roku, dotyczącego dopuszczalnych zawartości substancji niepożądanych w paszach.

Uzyskane wyniki badań własnych składu pierwiastkowego makuchu rzepakowego były porównywalne z doniesieniami innych autorów (Bielecka i in. 2009, Kalembasa i Adamiak 2010).

Zawartość analizowanych pierwiastków oznaczonych w roztworze rzepakowym po mineralizacji „na sucho” była wyższa niż po mineralizacji „na mokro”. Jedynie w przypadku siarki stężenia w roztworze, co jest zgodne z danymi literaturowymi były wyższe po mineralizacji „na mokro” niż po spopieleniu (Kowalenko i van Laerhoven 1998). Stosunek zawartości większości pierwiastków, rozkład po mineralizacji mokrej do suchej, kształtował się na poziomie 80-90%. Wartości te były niższe niż podawane przez Narina i jego współpracowników (2004) oraz Soylaka i jego współpracowników (2004) dla metali ciężkich, gdzie ten stosunek kształtował się na poziomie 95-103%.

Przyczyną niższych zawartości siarki po mineralizacji „na sucho” mogły być straty spowodowane zbyt szybką wstępną mineralizacją oraz dość długim czasem jej trwania. Niska zawartość siarki w roztworze po mineralizacji „na sucho” w stosunku do roztworu rzepakowego po mineralizacji „na mokro” była spowodowana nie przechodzeniem całego analitu do roztworu. Straty siarki były spowodowane wskutek lotności tlenków siarki, jakie tworzy ona podczas mineralizacji „na sucho”. Według Kowalenki i van Laerhovena (1998), w celu oznaczenia zawartości siarki w roztworach uzyskanych metodą mineralizacji „na sucho” do próbek należy dodać roztworu azotanu magnezu, tlenku srebra lub wodorowęglanu sodu, które powodują zatrzymanie jej związków w czasie spopielenia.

Jak wynika z doniesień literaturowych, magnez, wapń, fosfor oraz żelazo przy mineralizacji „na sucho”, podczas spopielenia prób w temperaturze 450°C lub powyżej niej nie wykazują strat tych pierwiastków (Sirivastava i in. 2008, Kira i Maihara 2007).

Matejovic i Durackova (1994) wykazali, że zawartość takich pierwiastków jak: P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn analizowana po mineralizacji „na sucho” w materiale roślinnym daje wyższe wyniki ich zawartości w porównaniu do roztworu rzepakowego po mineralizacji „na mokro”, co potwierdzają uzyskane wyniki przedstawione w niniejszej pracy.

Tabela 1. Zawartość średnia wybranych pierwiastków w makuchu rzepakowym po mineralizacji „na sucho” (\bar{x}_a) oraz „na mokro” (\bar{x}_b) (n = 10)

Table 1. Average content of selected elements in rapeseed cake after mineralisation by „dry ashing” (\bar{x}_a) and „wet ashing” (\bar{x}_b) (n = 10)

Pierwiastek Element	Mineralizacja „na sucho” Dry ashing		Mineralizacja „na mokro” Wet ashing		F-test	$R\% = \frac{\bar{x}_b}{\bar{x}_a} \cdot 100\%$
	\bar{x}_a	RSD	\bar{x}_b	RSD		
	(g·kg ⁻¹)	(%)	(g·kg ⁻¹)	(%)		(%)
P	9,00	3,09	7,88	1,48	138**	88%
K	10,9	4,43	9,80	1,37	48,4**	90%
Ca	6,21	2,79	5,41	1,90	161**	87%
Mg	4,03	2,58	3,56	1,19	179**	88%
S	1,96	9,18	5,15	1,51	2644**	263%
	(mg·kg ⁻¹)	(%)	(mg·kg ⁻¹)	(%)		(%)
Fe	118	4,35	102	5,58	43,3**	86%
Mn	50,9	8,72	43,9	8,54	32,0**	86%
Mo	0,870	13,1	0,724	19,8	6,39*	83%
Ba	4,04	6,16	3,66	3,96	17,5**	91%
Sr	11,7	5,19	10,5	2,08	39,5**	90%
Cr	0,487	9,15	0,352	20,2	26,1**	72%
Zn	43,3	2,13	37,1	7,79	42,4**	86%
Ni	0,985	10,3	0,555	33,7	41,2**	56%

\bar{x}_a – średnia po minealizacji „na sucho” – mean value for “dry ashing”, \bar{x}_b – średnia po minealizacji „na mokro” – mean value for “wet ashing”,

RSD – względne odchylenie standardowe – relative standard deviation.

Test F – wartość testu F-Snedecora (wartości krytyczne: $F_{(0,05; 1; 18)} = 4,41$; $F_{(0,01; 1; 18)} = 8,28$) – F-Snedecor test (critical values: $F_{(0,05; 1; 18)} = 4.41$; $F_{(0,01; 1; 18)} = 8.28$),

* istotne, przy $p < 0,05$ dla $n = 20$; * significant at $p < 0.05$ for $n = 20$.

** istotne, przy $p < 0,01$ dla $n = 20$; * significant at $p < 0.01$ for $n = 20$.

R – odzysk – recovery.

Otrzymano bardzo dobrą precyzję pomiarową, wyrażoną jako względne odchylenie standardowe (RSD), które dla większości pierwiastków nie przekraczało

10%. Jedynie dla molibdenu i niklu w przypadku obu mineralizacji oraz dla chromu po mineralizacji „na mokro”, względne odchylenie standardowe kształtowało się powyżej 10%. Względne odchylenie standardowe zawartości makroelementów w makuchu rzepakowym po jego mineralizacji „na mokro” (RSD < 2%) było niższe niż po mineralizacji suchej (RSD < 10%), co świadczy o lepszej precyzji tego sposobu mineralizacji. Porównując badania własne z doniesieniami literaturowymi (Fleurence i Le Coeur 1993, Kuras i Wachowicz 2006, Sirivastava i in. 2008) zaobserwowano niewielkie różnice, spowodowane prawdopodobnie rodzajem materiału biologicznego oraz odmienną metodą uzyskania wyników.

Analiza wariancji wykazała statystycznie istotny wpływ sposobu mineralizacji makuchu rzepakowego na zawartości oznaczonych pierwiastków. Zawartości oznaczonych pierwiastków, wartości średnie uzyskane testowanymi w niniejszych badaniach metodami różniły się istotnie na poziomie $\alpha = 0,01$ (z wyjątkiem Mo, w przypadku, którego różnica była istotna tylko na poziomie $\alpha = 0,05$).

Najlepszą metodą określania dokładności testowanej metody jest analiza próbek o ściśle określonym składzie – referencyjnych materiałów certyfikowanych. Niestety nie są dostępne próbki makuchu rzepakowego z certyfikowanymi zawartościami pierwiastków, dlatego też do określenia dokładności metody wybrano inny materiał roślinny herbatę NCS DC 73351 (tab. 2). Materiał ten wykazuje różnice pod względem matrycy, jak i poziomu stężeń. Jednak, ma on wyznaczoną niepewność wyniku, co jest zgodne z wymogami normy ISO/IEC 17025.

Badania odzysku są bardzo ważnym elementem udokumentowania wiarygodności wyników pomiarów (Krata i Bulska 2004). Procentowy odzysk zawartości makroelementów z materiału certyfikowanego mieścił się w granicach; dla mineralizacji suchej od 59% do 107%, a dla mineralizacji mokrej od 76% do 91%. Wyniki oznaczania makroelementów w próbkach herbaty metodą mineralizacji suchej w stosunku do mineralizacji mokrej potwierdzają oznaczenia wykonane dla makuchu rzepakowego.

Współczynniki odzysku mikroelementów i metali ciężkich w materiale certyfikowanym zawierały się w granicach; dla mineralizacji suchej od 60% do 97%, a dla mineralizacji mokrej od 62% do 122%. Wartości odzysku zawartości oznaczonych pierwiastków Mn, Ba, Sr i Ni w herbacie podczas dwóch sposobów mineralizacji, również zostały potwierdzone w stosunku do ich oznaczeń w makuchu. Nie zostały potwierdzone jedynie dla Fe, Cr i Zn, czego przyczyną mogło być odmienność matrycy analizowanego materiału roślinnego (Mokgalaka i in. 2004).

Dodatkowo należy zaznaczyć, że na wyniki otrzymanych zawartości analizowanych pierwiastków po obu metodach mineralizacji miała wpływ wielkość naważki. W przypadku próbek, których masa będzie znacząco mniejsza od 1000 mg

(przy niezmiennych objętości roztworów określonych w metodzie) będą również zmieniać się granice wykrywalności i oznaczalności, a w konsekwencji niektóre pierwiastki śladowe nie będą już wykrywane. Dlatego, przy równoczesnym oznaczaniu wszystkich omawianych pierwiastków występujących w bardzo różnych ilościach w materiale biologicznym, wskazane jest stosowanie większych naważek (>1000 mg), takie większe możliwości daje tylko mineralizacja sucha (Kuras i Wachowicz 2006)

Tabela 2. Zawartość makro- i mikroelementów w materiale certyfikowanym (n = 3)
Table 2. Content of macro- and microelements in certified reference materials (n = 3)

Pierwiastek Element	Mineralizacja „na sucho” Dry ashing		Mineralizacja „na mokro” Wet ashing		Wartość certyfikowana Certified value
	\bar{x}_a	odzysk recovery	\bar{x}_b	odzysk recovery	
	(g·kg ⁻¹)	(%)	(g·kg ⁻¹)	(%)	
P	2,83	100%	2,26	80%	2,84
K	17,7	107%	14,8	89%	16,6
Ca	4,30	100%	3,91	91%	4,30
Mg	1,79	105%	1,48	87%	1,70
S	1,45	59%	1,86	76%	2,45
	(mg·kg ⁻¹)	(%)	(mg·kg ⁻¹)	(%)	(mg·kg ⁻¹)
Fe	158	60%	165	62%	264
Mn	1175	95%	1003	81%	1240
Ba	49,4	85%	45,4	78%	58,0
Sr	14,7	97%	11,8	78%	15,2
Cr	–	–	0,930	122%	0,760
Zn	20,1	77%	24,7	94%	26,2
Ni	3,92	85%	3,13	68%	4,6

Cr – nie wykryto po mineralizacji „na sucho” – not detected after mineralisation by dry ashing.

Mo – nie wykryto – not detected.

\bar{x}_a – średnia po mineralizacji „na sucho” – mean value for “dry ashing”.

\bar{x}_b – średnia po mineralizacji „na mokro” – mean value for “wet ashing”.

R – odzysk – recovery.

WNIOSKI

1. Istotnym elementem procesu analitycznego jest przygotowanie próbki do badań oraz dobór takich warunków eksperymentalnych, które będą zapewniać precyzję i dokładność uzyskanych wyników.
2. Wyniki analizy zawartości poszczególnych pierwiastków w próbach makucho rzepakowego były zróżnicowane w zależności od zastosowanej metody rozkładu próbek.
3. Opisana procedura mineralizacji „na mokro” umożliwia uzyskanie wiarygodnych wyników oznaczeń siarki, w odróżnieniu od mineralizacji „na sucho”, po której uzyskuje się znacznie niższe wyniki, co jest spowodowane stratami pierwiastka podczas spopielania.
4. Do oznaczeń rutynowych zawartości wielu pierwiastków równocześnie metodą ICP–AES optymalna jest mineralizacja „na sucho”, ze względu na łatwe i proste wykonanie oraz stosunkowo krótki czas mineralizacji przy niewielkim zużyciu odczynników chemicznych.

PIŚMIENNICTWO

- Bielecka G., Rubaj J., Korol W., 2009. The need for standardization of mechanically extracted rapeseed as a by-product from biofuel production. *Karmiva*, 51(1), 3-9.
- Boss C.B., Fredeen K.J., 1999. Concepts, instrumentation and techniques in inductively coupled plasma optical emission spectrometry. Norwalk: Perkin-Elmer.
- Cieślakowski B., Łapczyńska-Kordon B., Knapik P., 2006. Analiza energetyczna mieszaniny paliw stałych z udziałem biokomponentów. *Inżynieria Rolnicza*, 13, 55-60.
- Fleurence J., Le Coeur C., 1993. Influence of mineralization methods on the determination of the mineral content of the boron seaweed *Undaria pinnatifida* by atomic absorption spectrometry. *Hydrobiologia* 260/261, 531-534.
- Gawdzik J., 2009. Wpływ mineralizacji próbki odcieków składowiskowych na wyniki oznaczeń niklu i cynku uzyskanych metodą AAS. *Chemia i Inżynieria Ekologiczna, Opole*, 3(2), 457-460.
- ISO/IEC 17025:2005. Ogólne wymagania dotyczące kompetencji laboratoriów badawczych i wzorujących.
- Kalembasa S., Adamiak E., 2010. Określenie składu chemicznego makucho rzepakowego. *Acta Agrophysica*, 15(2), 323-332.
- Kira C.S., Maihara V.A., 2007. Determination of major and minor elements in dairy products through inductively coupled plasma optical emission spectrometry after wet partial digestion and neutron activation analysis. *Food Chemistry*, 100, 390–395.
- Korcz W., Góralczyk K., Czaja K., Struciński P., Hernik A., Snopczyński T., Ludwicki J.K., 2008. Zastosowanie metod statystycznych w badaniach chemicznych. *ROCZN. PZH*, 59(2), 117-129.
- Kowalenko C.G., van Laerhoven C.J., 1998. Total sulfur determination in plant tissue, 12, 93-101. In Y.P. Kalra (ed.) *Handbook and reference methods for plant analysis*. CRC Press, New York.
- Krata A., Bulska E., 2004. „Błaski i cienie” stosowania materiałów odniesienia do oznaczania rtęci. *Analityka*, 3, 31-33.

- Kuras M., Wachowicz M., 2006. Efekty matrycowe w profilowaniu konopi (elementy walidacji metody). *Problemy Kryminalistyki*, 252, 5-15.
- Matusiewicz H., 1998. Metody przygotowywania próbek w analizie śladowej. *Materiały VII Poznańskiego Konserwatorium Analitycznego*, Poznań 1998.
- Meteljovic I., Durackova A., 1994. Comparison of microwave digestion, wet and dry mineralization, and sublimation of plant sample for determination of calcium, magnesium, potassium, phosphorus, sodium, iron, zinc, copper, and manganese. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 25(9&10), 1277-1288.
- Mokgalaka N.S., McCrindle R.I., Botha B.M., 2004. Multielement analysis of tea leaves by inductively coupled plasma optical emission spectrometry using slurry nebulisation. *J. Anal. At. Spectrom.*, 19, 1375-1378.
- Narin I., Tuzen M., Soylak M., 2004. Comparison of sample preparation procedures for the determination of trace heavy metals in house dust, tobacco and tea samples by atomic absorption spectrometry. *Annali di Chimica by Società Chimica Italiana*, 94, 867-873.
- Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 18 czerwca 2008 roku w sprawie wykonywania niektórych przepisów ustawy o nawozach i nawożeniu. *Dz. U. Nr 119, poz. 765*.
- Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 23 stycznia 2007 roku w sprawie dopuszczalnych zawartości substancji niepożądanych w paszach. *Dz. U. nr 20, poz. 119*.
- Sirivastava P., Sirivastava P.C., Sirivastava U., Singh U.S., 2008. Effect of sample preparation methods on analytical values of some micro- and secondary nutrients in plant tissues. *Columinations in Soil Science and Plant Analysis*, 39, 2046-2052.
- Soylak M., Tuzen M., Narin I., Sari H., 2004. Comparison of microwave, dry and wet digestion procedures for the determination of trace metal contents in spice samples produced in Turkey. *Journal of Food and Drug Analysis*, 12(3), 254-258.
- Strzetelski J., 2006. Możliwości wykorzystania w żywieniu bydła produktów ubocznych powstających przy głębokim tłoczeniu oleju z nasion roślin oleistych i produkcji bioetanolu. *Wiadom. Zootech.*, 44(3), 56-66.

IMPACT OF ORGANIC MATTER MINERALISATION METHOD ON THE CONTENT OF MACRO- AND MICROELEMENTS OF RAPESEED CAKE

Stanislaw Kalembasa, Dawid Jaremko, Elżbieta Anna Adamiak

Soil Science and Plant Nutrition Department,
Siedlce University of Natural of Sciences and Humanities
ul. B. Prusa 14, 08-110 Siedlce
e-mail: kalembasa@uph.edu.pl

Abstract. The aim of this study was to compare two methods of mineralisation of rapeseed cake. Total concentration of macro- and microelements in obtained solutions was determined. The samples were mineralised by the "dry" method in a muffle furnace at a temperature of 450°C and by the "wet" method, in a mixture of 2:1 HNO₃: H₂O₂ at 60°C. The concentration of 13 elements was determined by ICP-AES. The study showed significant differences in analysed elements concentration, depending on the method of preparation of the samples of biological material.

Key words: rapeseed cake, chemical composition, dry ashing, wet ashing, ICP-AES