

OKREŚLENIE SKŁADU CHEMICZNEGO MAKUCHU RZEPAKOWEGO

Stanisław Kalembasa, Elżbieta Anna Adamiak

Katedra Gleboznawstwa i Chemii Rolniczej, Akademia Podlaska
ul. Prusa 14, 08-110 Siedlce
e-mail: kalembasa@ap.siedlce.pl

Streszczenie. Przedstawiono wyniki badań składu chemicznego makuchu rzepakowego. W pobranych próbkach materiału roślinnego oznaczono zawartość suchej masy, popiołu surowego, zawartość tłuszczu, zawartość azotu ogólnego oraz energii metabolicznej brutto, a także zawartość 26 pierwiastków (makro- i mikroelementy oraz wybrane pierwiastki śladowe, w tym metale ciężkie). Uzyskane dane opracowano statystycznie. Stwierdzono, że makuch rzepakowy jest bogatym źródłem azotu oraz makro- i mikroelementów przydatnych w nawożeniu roślin.

Słowa kluczowe: makuch rzepakowy, skład elementarny, białko ogólne, włókno surowe, tłuszcz surowy, energia metaboliczna brutto

WSTĘP

Areał uprawy rzepaku w Polsce zwiększył się w latach 2000-2009 z 437 do 800 tys. ha. Nastąpiło to, między innymi, ze względu na zapotrzebowanie energetyczne (Rzepiński 2009). Członkostwo Polski w Unii Europejskiej nakłada na państwo pewne obowiązki, w rozumieniu Dyrektywy 2009/28/WE, dotyczącej promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych (Dyrektywa...2009).

Nasiona rzepaku bezpośrednio wykorzystywane są do produkcji oleju rzepakowego. Olej rzepakowy jest półproduktem do produkcji oleju napędowego biodiesla. Produktem ubocznym przy produkcji oleju rzepakowego (wykorzystywanego do produkcji biodiesla), są makuchy rzepakowe, wykorzystywane przeważnie jako pasza dla zwierząt (Rozporządzenie...2007). Powstają one w czasie procesu fizycznego tłoczenia nasion rzepaku. Taka proekologiczna technologia przetworu nasion, bez ekstrakcji rozpuszczalnikami organicznymi, nie powoduje emisji do atmosfery węglowodorów alifatycznych (Wojciechowski 2009). Znaczne zwiększenie ilości makuchu w kraju zmusza do poszukiwania alternatywnych

metod jego wykorzystania. Odpowiednio wczesne opracowanie innowacyjnych metod utylizacji tego produktu zapobiegnie ewentualnym problemom z jego nadprodukcją oraz umożliwi obniżenie kosztów pozyskania biopaliw.

Makuch, jeśli nie zostanie poddany oddziaływaniu odpowiednio wysokiej temperatury, może nadal zawierać substancje antyżywniowe, głównie glukozynolany i synapiny. Obróbka hydrotermiczna nasion, płatkowanie, kondycjonowanie i tłoczenie w temperaturze 90°C ma wpływ na dezaktywację enzymu mirozynyzy. Powoduje on rozkład głównych związków antyżywniowych, które oddziałują negatywnie na zdrowotność i produktywność zwierząt (Smulikowska 2006, Borys 2007).

Biorąc pod uwagę zawartość w makuchu substancji szkodliwych dla zdrowia zwierząt oraz jego stałą konsystencję, umożliwiającą mechaniczne rozmieszczanie na użytkach rolnych, nasuwa się pytanie odnośnie możliwości jego wykorzystania jako nawozu organicznego. Potwierdzają to doniesienia naukowe wskazujące na zawartość w składzie makuchu składników mineralnych (Ca, Mg, P, Fe, Mn) oraz związków organicznych biochemicznie czynnych (białka, tłuszcze) (Strzełiński 2006, Wojciechowski 2009).

Celem badań była ocena składu chemicznego makuchu rzepakowego, jako źródła składników pokarmowych łatwo dostępnych dla roślin w aspekcie wykorzystania nawozowego.

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Materiał badawczy stanowiło 20 próbek makuchu rzepakowego, pobranego z olejarni na terenie środkowowschodniej Polski. Próbki te wstępnie rozdrobniłno i oznaczono w nich procentową zawartość suchej masy, metodą suszarkowo-wagową wysuszając do stałej masy w temperaturze 105°C. Następnie, po dokładnym rozdrobnieniu, zmineralizowano makuch „na sucho” w piecu muflowym, w temperaturze 450°C. Po zakończeniu tego procesu określono wagowo ilość popiołu surowego. Popiół surowy poddano dalszej obróbce (zalano stężonym HNO₃ i odparowano jego nadmiar do sucha) w celu upewnienia się, że zostały utlenione wszystkie substancje organiczne. W kolejnym etapie analizy popiół zalano rozcieńczonym kwasem solnym, celem rozłożenia węglanów oraz strącenia krzemionki, i odparowano do sucha. Po odparowaniu nadmiaru kwasu solnego uzyskano popiół właściwy, który zalano 10% HCl celem jego rozpuszczenia. Powstały roztwór przesączono do kolb miarowych, oddzielając krzemionkę na sączku, a następnie całość uzupełniono do kreski. W tak przygotowanym roztworze oznaczono:

- zawartość 26 pierwiastków (z grupy: makroelementów – P, K, Ca, Mg, Na; mikroelementów i pierwiastków śladowych – Fe, Al, Mn, Co, Mo, B,

Li, Ti, Ba, Sr, Se, w tym metali ciężkich – Pb, Cd, Cr, Cu, Zn i Ni), metodą atomowej spektrometrii emisyjnej z indukcyjnie wzbudzaną plazmą argonową (ICP-AES), na spektrometrze Optima 3200 RL, firmy Perkin-Elmer. Pozwala ona na przeprowadzanie analizy wielopierwiastkowej przy minimalnych efektach matrycowych (Boss i Fredeen 1999);

- zawartość siarki – w roztworze analitycznym, uzyskanym po mineralizacji badanego materiału w mieszaninie 2:1 HNO₃ i H₂O₂ (na mokro);
- zawartość azotu, wodoru i węgla – na autoanalyzerze SERIES II 2400, firmy Perkin-Elmer, z detektorem przewodności cieplnej (TCD);
- zawartość białka ogólnego – metodą Kjeldahla (PN-75/A-04018+Az3:2002);
- tłuszcz surowy – według Soxhleta, stosując wielokrotną ekstrakcję na ekstraktorze do momentu uzyskania bezbarwnego rozpuszczalnika, a następnie jego nadmiar odparowano i określono wagowo (PN-A-79011-4:1998);
- zawartość włókna surowego – metodą wendeńską, podwójnej hydrolizy kwasowej roztworem kwasu siarkowego (VI), a następnie alkalicznej roztworem wodorotlenku sodu; pozostały po hydrolizie osad wysuszono, zważono i wyliczono procentową zawartość włókna surowego;
- wartość energii metabolicznej brutto makuchu – za pomocą kalorymetru (PN-ISO 9831:2002).

Analizę chemiczną przeprowadzono w trzech powtórzeniach. Uzyskane dane opracowano statystycznie. Wartości odchylenia standardowego (SD), dla wartości poszczególnych pierwiastków, obliczono z wykorzystaniem metody najmniejszych kwadratów, a współczynniki korelacji za pomocą testu Pearsona.

WYNIKI I DYSKUSJA

W analizowanym makuchu rzepakowym stwierdzono, średnio, 95,5% suchej masy, 6,14% popiołu surowego, 32,3% białka ogólnego, 13,9% włókna surowego, a wartość metaboliczna brutto wynosiła 21,9 MJ·kg⁻¹ (tab. 1). Gęsiorek i in. (2007) podają, że makuch jako produkt odpadowy przy produkcji oleju, poprzez tłoczenie nasion rzepaku, charakteryzuje się znaczną zawartością kwasów tłuszczowych oraz naturalnych przeciwutleniaczy. Zawartość włókna surowego w makuchu, dodatkowo podnosi jego potencjalne wartości nawozowe dla gleb uprawnych, wzbogacając je w węgiel organiczny dostępny dla drobnoustrojów (Borys 2007). Tyś i in. (2006) donoszą, że wysoka zawartość tłuszczu oraz włókna w makuchu wynika ze stopnia wytłoczenia nasion rzepaku, a zawartość białka uwarunkowana jest w znacznym stopniu od cech genetycznych tych roślin.

Wartości minimalne i maksymalne badanych parametrów były niewiele zróżnicowane, o czym świadczą niskie współczynniki zmienności.

Średnia wartość energii brutto w suchej masie badanego makuchu wynosiła $21,9 \text{ MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$, przy wartościach skrajnych $21,0 \text{ MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ oraz $22,5 \text{ MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$. Wartości te są porównywalne z otrzymanymi przez Cieślukowskiego i in. (2006). Wartość energetyczna makuchu jest niższa do wartości energetycznej węgla kamiennego, dla którego wynosi ona (średnio) $26 \text{ MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$.

Tabela 1. Procentowa zawartość suchej masy, popiołu, białka, tłuszczu i wartości energetycznej badanego makuchu rzepakowego

Table 1. Percentage content of dry matter content, ash, protein, fat, and the energy value in rapeseed cake

Wyszczególnienie Specification	Makuch rzepakowy Rapeseed cake			SD	CV (%)
	średnia mean	min	max		
Sucha masa Dry matter (%)	95,5	95,3	95,7	0,119	0,125
Popiół surowy Crude ash (%)	6,14	5,93	6,95	0,273	4,44
Białko ogólne Total protein (%)	32,3	32,2	32,4	0,0625	0,193
Tłuszcz surowy Raw ether extract (%)	13,9	13,8	14,0	0,0821	0,591
Włókno surowe Crude fibre (%)	12,6	11,9	13,3	0,449	3,56
Energia metaboliczna brutto Metabolic energy, gross ($\text{MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$)	21,9	21,0	22,5	0,791	3,61

SD – odchylenie standardowe – standard deviation.

CV – współczynnik zmienności – coefficient of variation.

Porównując badania własne z doniesieniami literaturowymi (Leming i Lamber 2005, Çulcouloğlu i in. 2005, Kaldmäe i in. 2006, Wojciechowski 2009), dotyczące procentowej zawartości suchej masy, popiołu, białka, tłuszczu i wartości energetycznej makuchu rzepakowego zaobserwowano niewielkie różnice, spowodowane prawdopodobnie odmianą rzepaku, technologią obróbki oraz metodą pozyskania oleju z jego nasion.

Analiza chemiczna (tab. 2) wykazała, że makuch rzepakowy cechował się znaczną zawartością pierwiastków z grupy makro- i mikroelementów, a śladową lub niewielką ilością metali ciężkich. W makuchu stwierdzono, średnio, 2-3 krot-

nie więcej N i P, stosunek C:N = 9,90, zbliżoną zawartość K, nieco mniej Mg i S, o połowę mniej Ca, a także kilka-kilkanaście razy mniej Fe, Mn, Co, Mo i B, w porównaniu z obornikiem (Maćkowiak i Żebrowski 2000).

Zawartość badanych pierwiastków można ułożyć w następujące szeregi malejących wartości:

- makroskładników: C>H>N>K>P>Ca>S>Mg>Na;
- pozostałe pierwiastki: Fe>Mn>Zn>B>Sr>Ba>Cu>Al>Mo>Ni>Cr>Se>Pb>Ti>Cd>Co>Li.

Potencjalna wartość nawozowa makuchu rzepakowego wynika głównie z dużej zawartości w nim azotu oraz innych makroskładników (P, K, Ca, Mg) dostępnych dla roślin. Makuch jest także bogatym źródłem siarki, której zawartość jest następstwem znacznego zapotrzebowania rzepaku na siarkę, bezpośrednio wbudowywaną w strukturę aminokwasów tej rośliny (Podleśna 2005). Analiza makroelementów makuchu rzepakowego wykazała, że spełnia on wymagania jakościowe, jakimi powinny się charakteryzować nawozy organiczne (Rozporządzenie...2008). Skład chemiczny badanego makuchu rzepakowego był porównywalny z podawanym przez Bielecką i in. (2009).

Analiza chemiczna wykazała, że zawartość metali ciężkich w makuchu była niewielka, i zróżnicowana między poszczególnymi pierwiastkami. Stwierdzono znacznie mniej tych metali niż w oborniku (Maćkowiak i Żebrowski 2000, Ociepa i in. 2007). Większa wartość (wśród metali w badanym makuchu) stężenia cynku (średnio $41,3 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) mieści się w granicach dla naziemnych części roślin, nie objętych wpływem zanieczyszczenia, które kształtuje się w zakresie $10\text{--}70 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (Kabata-Pendias i Pendias 1999). Zawartość metali ciężkich, kształtująca się poniżej dopuszczalnej wartości (Rozporządzenia...2007), nie budzi zastrzeżeń z punktu widzenia przeznaczenia makuchu rzepakowego do nawozowego stosowania w rolnictwie.

W składzie elementarnym (C, H, N) makuchu rzepakowego dominował węgiel, przy średnim stosunku C:H:N = 9,9:1,5:1. Wąski stosunek C/N (średnio 9,90), wskazuje na możliwość szybkiej jego mineralizacji w środowisku glebowym i uwalnianie składników pokarmowych dla roślin. Guca-Królikowska i Wacławek (2006) podają, że na zawartość pierwiastków w masie makuchu rzepakowego wpływają głównie cechy genetyczne roślin rzepaku.

Przeprowadzona ocena statystyczna wykazała, że najsilniejsze dodatnie korelacje $r = \pm (1\text{--}0,9)$ w analizowanych próbach makuchu rzepakowego, wykazały pary pierwiastków (układając je w szeregu malejącym) Mg:Zn>Ca:Mg>Ca:Sr, natomiast nie odnotowano bardzo silnych korelacji ujemnych. Silne korelacje $r = \pm (0,9\text{--}0,7)$ dodatnie stwierdzono pomiędzy parami pierwiastków (układając je w szeregu malejącym) Ba:P>Ca:Ba>Mg:Ba>Ca:Zn>Ba:Sr>Mg:Sr>P:Ca>Cu:Zn>P:Fe>Mg:Cu>Li:Zn>Ca:Cu>P:Mg>Ba:Zn (tab. 3).

Tabela 2. Zawartość pierwiastków w suchej masie makuchu rzepakowego (n = 20) i obornika
Table 2. Concentration of elements in dry matter of rapeseed cake (n = 20) and FYM

Pierwiastek Element	Makuch rzepakowy Rapeseed cake			SD	CV	Obornik* FYM
	średnia mean	min	max			
	(g·kg ⁻¹)	(g·kg ⁻¹)	(g·kg ⁻¹)			
C	479	465	492	6,45	1,35	—
H	71,1	68,3	78,0	1,28	4,10	—
N	48,4	43,1	53,1	2,34	4,83	22,4
C/N	9,90	10,8	9,27	—	—	20-25
P	8,98	8,47	9,65	0,348	3,88	3,17
K	11,1	10,2	12,5	0,550	4,95	13,0
Ca	6,10	5,39	6,83	0,340	5,57	14,4
Mg	3,88	3,51	4,25	0,253	6,52	4,52
Na	0,049	0,034	0,068	0,0103	21,2	1,91
S	5,16	4,99	5,29	0,0787	1,53	6,54
	(mg·kg ⁻¹)	(mg·kg ⁻¹)	(mg·kg ⁻¹)	(mg·kg ⁻¹)	(%)	(mg·kg ⁻¹)
Fe	118	109	145	8,07	6,84	2449
Al	3,37	2,72	4,33	0,369	10,9	—
Mn	48,6	43,8	62,9	4,30	8,85	345
Co	0,043	0,024	0,057	0,0088	20,4	1,94
Mo	0,968	0,711	1,192	0,0983	10,2	1,63
B	13,0	12,4	13,6	0,434	3,33	21,5
Li	0,019	0,015	0,024	0,0027	14,3	—
Ti	0,082	0,055	0,109	0,0173	21,2	—
Ba	3,97	3,65	4,46	0,259	6,52	—
Sr	11,5	10,1	12,8	0,745	6,48	—
Se	0,360	0,159	0,581	0,113	31,4	—
Pb	0,156	0,111	0,232	0,0282	18,1	12,8
Cd	0,054	0,043	0,065	0,0057	10,6	1,80
Cr	0,465	0,417	0,550	0,0424	9,12	45,3
Cu	3,63	3,32	4,04	0,242	6,66	23,0
Zn	41,3	37,0	45,1	2,89	7,00	194
Ni	0,866	0,709	1,222	0,143	16,5	1,90

SD – odchylenie standardowe – standard deviation.

CV – współczynnik zmienności – coefficient of variation.

As, Sn, V – nie wykryto – not determined.

* Maćkowiak i Żebrowski (2000)

Tabela 3. Współczynniki korelacji pomiędzy badanymi pierwiastkami w analizowanym makuchu rzepakowym

Table 3. Coefficients of correlation between the elements determined in analysed rapeseed cake

	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Al	Li	Ba	Sr	Cr	Cu	Zn	Ni
P	1													
K	0,554*	1												
Ca	0,809*	0,485*	1											
Mg	0,710*	0,246	0,922*	1										
S	-0,155	0,057	-0,192	-0,238	1									
Fe	0,756*	0,534*	0,645*	0,559*	-0,133	1								
Al	0,178	0,082	-0,113	-0,191	-0,096	0,090	1							
Li	0,525*	0,185	0,555*	0,627*	0,061	0,162	0,036	1						
Ba	0,889*	0,517*	0,872*	0,840*	-0,038	0,653*	-0,077	0,515*	1					
Sr	0,685*	0,572*	0,908*	0,812*	-0,015	0,657*	-0,221	0,435	0,822*	1				
Cr	0,230	-0,088	0,451*	0,585*	-0,606*	0,125	-0,013	0,206	0,301	0,249	1			
Cu	0,496*	0,096	0,720*	0,742*	-0,436	0,431	-0,032	0,428	0,512*	0,522*	0,658*	1		
Zn	0,593*	0,087	0,830*	0,954*	-0,245	0,397	-0,194	0,722*	0,701*	0,672*	0,622*	0,793*	1	
Ni	0,183	-0,294	0,466*	0,675*	-0,127	0,138	-0,481*	0,379	0,410	0,431	0,324	0,447*	0,696*	1

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

Wartość krytyczna współczynnika korelacji $r = \pm 0,444$; Critical value of correlation coefficient $r = \pm 0,444$.

Współczynniki korelacji (tab. 3) potwierdzają regułę synergizmu pierwiastków pobieranych przez rośliny rzepaku, a w licznych przypadkach determinują one ilościowe stosunki składników mineralnych w jego tkankach. Przykładowo fosfor wykazuje wysokie wartości współczynnika korelacji z kationami Ca^{2+} ($r = 0,809$), Fe^{2+} ($r = 0,756$) i Ba^{2+} ($r = 0,889$). Wynika z tego, iż materia organiczna może zwiększać rozpuszczalność fosforanów w sposób pośredni, dzięki chelatowaniu tych kationów, które powodują wytrącanie nierozpuszczalnych fosforanów. Istotna, dodatnia korelacja $r = 0,922$ pomiędzy kationami Ca^{2+} i Mg^{2+} wynika z współzależności biologicznej tych dwóch pierwiastków.

Słabą wartość ujemnej korelacji wykazano jedynie pomiędzy parami pierwiastków (w szeregu malejącym) $\text{S}:\text{Cr} > \text{Al}:\text{Ni} > \text{B}:\text{Cr}$. Z badań chemicznych parametrów wpływających na interakcje pierwiastków wynika, że pierwiastki o podobnych właściwościach fizycznych i chemicznych działają biologicznie antagonistycznie (Guca-Królikowska i Wacławek 2006).

WNIOSKI

1. Badany makuch rzepakowy posiadał dobre właściwości fizyczne; był powietrznie suchy, sypki, a w suchej masie zawierał znaczące ilości materii organicznej – związków tłuszczowych, białek i włókna surowego. Cechował się także wysoką energią metaboliczną brutto, porównywalną z wartością energetyczną węgla kamiennego.

2. Analiza chemiczna wykazała, że makuch rzepakowy zawierał makroskładniki niezbędne w odżywianiu roślin. Ze składników nawozowych zawierał więcej azotu (dwukrotnie), fosforu i siarki, porównywalne ilości potasu i magnezu, a najmniej wapnia, w porównaniu z obornikiem.

3. Ze względu na śladową zawartość metali ciężkich makuch rzepakowy można przeznaczyć do nawozowego stosowania w rolnictwie.

PIŚMIENNICTWO

- Bielecka G., Rubaj J., Korol W., 2009. The Reed for standardization of mechanically extracted rapeseed as a by-product from biofuel production. *Karmiva*, 51(1), 3-9.
- Borys B., 2007. Substancje antyżywniowe w paszach roślinnych dla kóz. *Wiadom. Zootechn.*, 45(1-2), 55-65.
- Boss C.B., Fredeen K.J., 1999. Concepts, instrumentation and techniques in inductively coupled plasma optical emission spectrometry. Norwalk: Perkin-Elmer.
- Cieślakowski B., Juliszewski T., Łapczyńska-Kordon B., 2006. Utylizacja na cele energetyczne produktów ubocznych technologii biopaliwowej. *Inżynieria Rolnicza*, 12, 51-57.
- Çulcouoğlu E., Ünay E., Karaosmanoğlu F., 2005. Characterization of the bio-oil of rapeseed cake. *Energy Sources*, 27, 1217-1223.

- Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/28/WE z dnia 23 kwietnia 2009 roku w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych.
- Gęsiorek E., Fronia J., Firuta P., Podgórski W., 2007. Makuch rzepakowy jako substrat do biosyntezy kwasu szczawiowego metodą Solid State. *Acta Sci. Pol., Biotechnologia*, 6(3), 27-32.
- Gruca-Królikowska S., Waclawek W., 2006. Metale w środowisku. Cz. II. Wpływ metali ciężkich na środowisko. *Chemia, Dydaktyka, Ekologia, Metrologia*, 11 (1-2), 41-56.
- Kabata-Pendias A., Pendias H. 1999. *Biogeochemia pierwiastków śladowych*. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.
- Kaldmäe H., Kass M., Kärt O., Olt A., 2006. Effect of temperature on the degradation of rapeseed cake protein. *Vererinarija ir Zootechnika*, 36(58), 30-34.
- Leming R., Lember A., 2005. Chemical composition of expeller-extracted and cold-pressed canola meal. *Agraarteadus* 16, 103-109.
- Maćkowiak Cz., Żebrowski J., 2000. Skład chemiczny obornika w Polsce. *Nawozy i Nawożenie*, 4(5), 119-130.
- Metoda badawcza: PN-75/A-04018+Az3:2002.
- Metoda badawcza: PN-A-79011-4:1998.
- Metoda badawcza: PN-ISO 9831:2002. Pasze, produkty zwierzęce, kał i mocz. Oznaczanie wartości energetycznej brutto. Metoda bomby kalorymetrycznej.
- Ociepa A., Pruszek K., Lach J., Ociepa E., 2007. Ocena stosowania nawozów organicznych i osadów ściekowych pod kątem zanieczyszczenia gleb metalami ciężkimi. *Chemia i Inżynieria Ekologiczna, Opole*, 1(1-2), 195-199.
- Podleśna A., 2005. Nawożenie siarką jako czynnik kształtujący metabolizm roślin uprawnych i jakość płodów rolnych. *Pam. Puł.*, 139, 161-174.
- 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 24 stycznia 2007 roku w sprawie limitów tolerancji zawartości składników pokarmowych i dodatków paszowych. *Dz. U. nr 20, poz. 120*.
- Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 8 stycznia 2007 roku w sprawie materiałów paszowych wprowadzanych do obrotu. *Dz. U. nr 2, poz. 24*.
- 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*.
- Rzepiński W., 2009. Koncepcja zagospodarowania produktów ubocznych i zanieczyszczeń powstających przy przerobieniu nasion rzepaku. *Problemy Inżynierii Rolniczej*, 1, 145-151.
- Smulikowska S., 2006. Wartość odżywcza wyłoków rzepakowych produkowanych w kraju dla drobiu. *Wiadom. Zootech.*, 44(3), 22-28.
- Strzeleński 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.
- Tyś J., Jackowska I., Rybacki R., 2006. Wartość technologiczna nasion różnych odmian rzepaku ozimego przeznaczonych na biopaliwa. *Acta Agrophysica*, 8(4), 1017-1030.
- Wojciechowski A., 2009. Wykorzystanie poekstrakcyjnej śruty rzepakowej oraz makuchu rzepakowego w żywieniu kur nieśnych. *Polskie Drobiarstwo*, 9, 46-47.

DETERMINATION OF CHEMICAL COMPOSITION
OF RAPESEED CAKE

Stanislaw Kalembasa, Elzbieta Anna Adamiak

Soil Science and Plant Nutrition, Academy of Podlasie

ul. B. Prusa14, 08-110 Siedlce

e-mail: kalembasa@ap.siedlce.pl

Abstract: The paper presents the results of chemical analyses of rapeseed cake. In collected samples the content of dry mass, crude ash, fat, total nitrogen, and gross metabolic energy, as well as content of 26 elements (macro- and microelements and selected trace elements, also heavy metals) were determined. Received results of researches were processed statistically. It was found that rapeseed cake is a rich source of nitrogen, macro- and microelements which are useful in plant fertilization.

Keywords: rapeseed cake, chemical composition, total protein, crude fibre, raw fat, gross metabolic energy