

Wacław Krasucki, Jerzy Tys*, Eugeniusz R. Greła, Katarzyna Szafran
Akademia Rolnicza w Lublinie, * Instytut Agrofizyki PAN w Lublinie

Skład chemiczny nasion rzepaku przechowywanego w warunkach symulujących silosy przemysłowe

Chemical composition of rapeseeds stored under conditions simulating the industrial silos

Słowa kluczowe: nasiona rzepaku, skład chemiczny, kwasy tłuszczowe, glukozynolany, przechowywanie

Keywords: rapeseeds, chemical composition, fatty acids, glucosinolate, storage

Celem podjętych badań było określenie zmian zawartości białka ogólnego, włókna i jego frakcji, tłuszczu surowego i profilu kwasów tłuszczowych, zawartości glukozynolanów, liczby kwasowej, nadtlenkowej i anizydynowej oraz zawartości chlorofilu w nasionach rzepaku ozimego odmiany Bolko i Marita w zależności od warunków składowania (temperatura, wilgotność, obciążenie i czas składowania). Przeprowadzone badania wykazały nieznaczny wpływ warunków przechowywania na zmiany zawartości podstawowych składników chemicznych nasion. Stwierdzono natomiast, że warunki przechowywania wpłynęły znacząco na zmiany w składzie kwasów tłuszczowych. Nastąpiły one szczególnie w obrębie kwasów nienasyconych C₁₈. Zanotowano znaczny wzrost kwasu oleinowego C_{18:1} i kwasów hipercholesterolemicznych (mirystynowy C_{14:0} i palmitynowy C_{16:0}) przy jednoczesnym obniżeniu zawartości niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych – linolowy C_{18:2} i linolenowy C_{18:3}. Największe zmiany w profilu kwasów tłuszczowych zanotowano przy składowaniu nasion w temperaturze 30°C i wilgotności 11%. Te warunki składowania wywoływały więc najbardziej niekorzystne zmiany w wartości technologicznej (wzrost liczby kwasowej i nadtlenkowej) i pokarmowej nasion.

The aim of this study was to evaluate changes in the contents of crude protein, fibre and its fractions, crude fat and fatty acid profile, glucosinolate levels, acidic number, peroxide and anisidinic values, and chlorophyll levels in winter rapeseeds of Bolko and Marita varieties in relation to their storage conditions (temperature, humidity, pressure degree and duration of storage). The results showed a non-significant effect of storage conditions on the changes in levels of proximate nutrients in the seeds. It has been documented, however, that the storage conditions affected significantly the composition of fatty acids, C₁₈ in particular. There was a substantial increase in the contents of oleic (C_{18:1}) and hypercholesterolemic (myristic C_{14:0} and palmitic C_{16:0}) fatty acids, whereas the levels of essential unsaturated fatty acids (linoleic, C_{18:2} and linolenic, C_{18:3}) declined. The greatest changes in fatty acid profile were noted during the storage of seeds at the temperature of 30°C and humidity of 11%. Therefore, these storage conditions imposed the most unfavorable changes accounted for determining the technological value (elevated acidic number and peroxide value) and nutritive quality of seeds.

Wstęp

O przydatności technologicznej i żywieniowej nasion rzepaku decyduje ich skład chemiczny, zwłaszcza zawartość składników pokarmowych i substancji antyodżywczych, która jest ściśle związana z ich przynależnością gatunkową i zależy przede wszystkim od czynników genetycznych. W określonych warunkach zawartość składników ulega jednak wahaniom w zależności od odmiany, rodzaju gleby, nawożenia, warunków atmosferycznych oraz zabiegów technologicznych stosowanych w celu ich uszlachetnienia (ogrzewanie, parowanie, autoklawowanie itp.). Z tych powodów istnieje potrzeba stałego monitorowania składu chemicznego nasion, a szczególnie w okresie ich składowania. Przechowywanie tak wrażliwego surowca, jakim są nasiona rzepaku, odbywa się z dość dużym ryzykiem i to znacznie większym niż magazynowanie np. zbóż. Związane jest to między innymi (oprócz budowy morfologiczno-anatomicznej) z ilością poszczególnych składników wchodzących w skład nasion. Nasiona rzepaku mimo wysokiej wartości energetycznej i białkowej nie są jednak powszechnie stosowane w żywieniu zwierząt ze względów ekonomicznych (Buraczewski 1995), a stanowią one surowiec dla przemysłu tłuszczowego, zaś produkty uboczne — śruta poekstrakcyjna oraz wytloki — są wykorzystywane na cele paszowe (Krasucki 1998).

W czasie składowania nasion rzepaku w zależności od warunków (temperatury, wilgotności oraz stopnia uszkodzeń i zanieczyszczeń), a także i wyniku zachodzących procesów biologicznych i chemicznych następuje często znaczne pogorszenie wartości technologicznej, a następnie przydatności pokarmowej.

Opracowanie w Instytucie Agrofizyki PAN w Lublinie stanowiska symulującego warunki (Tys i Szwed 1997), jakie mogą występować w silosach przemysłowych w czasie składowania nasion dało możliwość stałej kontroli zachodzących zmian w składzie chemicznym w zależności m.in. od temperatury, wilgotności i obciążenia.

Celem podjętych badań było określenie zmian w zawartości białka ogólnego, włókna i jego frakcji, tłuszczu surowego i profilu kwasów tłuszczowych, zawartości glukozyolanów, liczby kwasowej, nadtlenkowej i anizydynowej oraz zawartości chlorofilu w nasionach rzepaku w zależności od warunków składowania (przez 180 dni).

Material i metody

Materiał do badań stanowiły nasiona rzepaku ozimego odmiany Bolko i Marita. Próbkę nasion o masie około 2,5 kg i wilgotności 7 i 11% wsypywano do gumowych pojemników z tekstolitowymi głowicami, które zostały oprzyrządowane w przetworniki temperatury i wilgotności oraz dreny umożliwiającej

połączenie atmosfery próbki nasion z atmosferą na zewnątrz zbiornika. Następnie umieszczono je w komorach ciśnieniowych, gdzie poddawane były obciążeniom, jakie mogą występować w silosach przemysłowych (300 kPa). Konstrukcja komór ciśnieniowych umożliwiała stałe obciążenie nasion oraz temperaturę w zakresie od 7 do 30°C. Niską temperaturę zapewniał agregat chłodniczy, natomiast wysoką system odpowiednich grzałek. Zmiany temperatury i wilgotności podlegały ciągłej rejestracji. Analizę składu chemicznego wykonywano na próbkach nasion po 180 dniach ich składowania. Uzyskane wyniki porównywano z próbkami kontrolnymi, które stanowiły nasiona przechowywane w worku w warunkach magazynowych o stałej temperaturze i wilgotności.

Zawartość podstawowych składników w nasionach rzepaku oznaczono metodami konwencjonalnymi według Skulmowskiego (1974). Frakcje włókna (NDF, ADF, ADL) oznaczano przy pomocy aparatu Ankom²²⁰ Fiber Analyzer metodą Goergina i Van Soesta (1970). Zawartość glukozyolanów oznaczono metodą chromatografii gazowej, rozdzielając je w formie pochodnych siliowych desulfoglukozyolanów (Michalski i in. 1995). Procentową zawartość kwasów tłuszczowych w sumie kwasów frakcji lipidowej oznaczono metodą chromatografii gazowej według postępowania podanego przez Rotenberga i Andersena (1980), po uprzednim zmydleniu i estryfikacji 14% BF₃ w metanolu. Warunki oznaczeń kwasów tłuszczowych przedstawiały się następująco:

- kolumna kapilarna SCOT z Silarem 5CP, 15 m × 0,5 mm,
- temperatura kolumny 185°C, dozownika 300°C i detektora 250°C,
- detektor płomieniowo-jonizacyjny (FID), czułość 5×10^{-10} ,
- gaz nośny hel, przepływ 2 ml/min.

Z uzyskanych diagramów, posługując się standardami firmy Applied Science Laboratories, zidentyfikowano następujące kwasy tłuszczowe:

- kwasy nasycone: mirystynowy, palmitynowy, stearynowy i arachinowy;
- kwasy jednonienasycone: palmitoleinowy, oleinowy, gadoleinowy i erukowy;
- kwasy tłuszczowe wielonienasycone: linolowy i linolenowy.

Stabilność oleju oceniano zgodnie z Polskimi Normami oznaczając liczbę kwasową (LK) [PN-60/A-86921], nadtlenkową (LOO) [PN-84/A-86918] i anizydynową (LA) [PN 93/A-86926] oraz zawartość chlorofilu [BN-86/8030-30].

Wyniki i dyskusja

Przeprowadzone badania wykazały, że zmiany w składzie chemicznym analizowanych odmian nasion rzepaku w czasie ich składowania były uzależnione od wszystkich uwzględnionych w badaniach czynników. Najistotniejsze zmiany, jakie zaobserwowano były związane przede wszystkim z wilgotnością nasion. Uzyskane dane liczbowe z oznaczonych wskaźników charakteryzujących wartość

technologiczną i jakościową badanych nasion rzepaku (średnie wartości z 6 prób) przedstawiono w tabelach 1–5.

Oceniane odmiany charakteryzowały się znaczną zawartością białka ogólnego (Bolko 21,4–21,6, Marita 22,4–22,7 % s.m). Zawartość białka ogólnego w ocenianych odmianach była zbliżona do wartości podawanych przez innych autorów (Matyka i in. 1992, Korol i in. 1994, Banaszekiewicz 2000).

Zawartość włókna surowego i jego frakcji była wyższa w nasionach odmiany Marita (z wyjątkiem włókna neutralnego detergentowego). Podobne wartości przedstawia w swoich badaniach Banaszekiewicz (1999).

Przeprowadzone badania mierzące do określenia zawartości tłuszczu w nasionach wykazały, że ta cecha jest również uzależniona od warunków genetycznych. Największe ilości tłuszczu surowego stwierdzono w nasionach odmiany Bolko od 46,4 do 46,7%, a w nasionach odmiany Marita od 43,0 do 43,2%. Ta cecha nasion wykazała również istotne uzależnienie od warunków składowania, dotyczyło to szczególnie zawartości kwasów tłuszczowych frakcji lipidowej tłuszczu. Jak wynika z przedstawionych danych (tab. 2 i 3) warunki składowania wywierały znaczący wpływ na zawartość kwasów tłuszczowych nienasyconych, powodując generalnie spadek zawartości niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych ($C_{18:2}$ i $C_{18:3}$) przy jednoczesnym wzroście zawartości kwasu oleinowego ($C_{18:1}$). Zależność ta dotyczyła obu badanych odmian.

Udział kwasów tłuszczowych neutralnych i hipocholesterolemicznych ulegał zmniejszeniu przy jednoczesnym wzroście zawartości kwasów tłuszczowych hipercholesterolemicznych ($C_{14:0}$ i $C_{16:0}$) w zależności od warunków składowania. Największe zmiany w profilu kwasów tłuszczowych zanotowano przy składowaniu nasion w temperaturze 30°C i wilgotności 11%. Te warunki składowania wywoływały więc najbardziej niekorzystne zmiany wpływające na wartość technologiczną i pokarmową nasion.

Ogólna zawartość glukozyolanów w badanych odmianach nasion była podobna (tab. 4). Natomiast zróżnicowane warunki składowania wpływały na ich wzrost w odmianie Bolko o 28,8% i w odmianie Marita o 32,2% w temperaturze 30°C i wilgotności 11%.

Zastosowane warunki składowania (temperatura, wilgotność) wykazywały znaczący wpływ na jakość nasion rzepaku. Najistotniejsze zmiany zanotowano podczas ich przechowywania w temperaturze 30°C i wilgotności 11%. Te parametry składowania nasion wykazały najbardziej niekorzystny wpływ na podstawowe wyróżniki oleju (tab. 5), powodując wzrost zarówno liczby kwasowej (Bolko od 0,9 do 3,5 mg KOH/g; Marita od 1,2 do 5,5 mg KOH/g), jak i nadtlenkowej (odpowiednio od 1,2 do 5,5 i od 1,3 do 5,1 mMO/kg), przy jednocześnie wyraźnym spadku zawartości chlorofilu (średnio z około 5 do 3 mg/kg).

Tabela 1

Skład chemiczny nasion rzepaku odmian Bolko i Marita (odmiany ozime) w różnych warunkach składowania (temperatura, wilgotność) — *Chemical composition of rapeseeds var. Bolko and Marita (winter varieties) stored in various conditions (temperature, humidity)*

Charakterystyka <i>Characteristic</i>	Odmiana rzepaku — <i>Rape variety</i>							
	Bolko				Marita			
	kontrolna <i>control</i> 14,5°C/7%	30°C/7%	30°C/11%	7°C/11%	kontrolna <i>control</i> 14,5°C/7%	30°C/7%	30°C/11%	7°C/11%
Sucha masa — <i>Dry matter</i> [%]	93,6	93,4	93,7	93,5	93,7	93,2	93,4	93,6
Białko ogólne [% s.m] <i>Crude protein</i> [% DM]	21,6	21,5	21,5	21,4	22,6	22,4	22,7	22,5
Włókno surowe [% s.m] <i>Crude fibre</i> [% DM]	7,7	7,8	7,5	7,6	8,6	8,4	8,2	8,4
Fracje włókna [% s.m] <i>Fibre fraction</i> [% DM]								
NDF — włókno detergentowe neutralne <i>NDF — Neutral detergent fibre</i>	21,6	21,1	21,4	21,3	20,7	20,4	20,6	20,8
ADF — włókno detergentowe kwaśne <i>ADF — Acid detergent fibre</i>	15,8	15,3	15,7	15,5	16,3	16,7	16,2	16,5
ADL — lignina detergentowa kwaśna <i>ADL — Acid detergent lignin</i>	6,2	6,3	6,1	6,5	6,9	6,7	6,8	6,6

Tabela 2

Zawartość tłuszczu surowego i skład kwasów tłuszczowych w nasionach rzepaku odmian Bolko i Marita w różnych warunkach składowania — *Content of crude fat and fatty acids composition in rapeseeds var. Bolko and Marita stored in various conditions*

Odmiana rzepaku <i>Rape variety</i>	Temperatura składowania <i>Storage temperature</i> [°C]	Wilgotność nasion <i>Humidity of seeds</i> [%]	Tłuszcz surowy [% s.m] <i>Crude fat</i> [% DM]	Skład kwasów tłuszczowych [%] <i>Fatty acids composition</i> [%]									
				14:0	16:0	16:1	18:0	18:1	18:2	18:3	20:0	20:1	22:1
1 Bolko — <i>Control</i>	14,5	7	46,7	0,04	4,81	0,32	1,76	60,79	20,37	9,35	0,34	1,88	0,34
2 Bolko	30	7	46,6	0,05	5,01	0,32	1,78	64,31	17,83	8,47	0,21	1,67	0,35
2 Bolko	30	11	46,4	0,05	4,81	0,27	1,75	67,26	16,55	7,22	0,38	1,35	0,36
4 Bolko	7	11	46,7	0,05	5,00	0,31	1,79	62,79	19,07	8,56	0,29	1,79	0,37
5 Marita — <i>Control</i>	14,5	7	43,2	0,05	4,69	0,37	1,86	60,53	20,90	9,71	0,26	1,51	0,12
6 Marita	30	7	43,1	0,05	4,74	0,36	1,90	64,26	18,74	8,24	0,24	1,30	0,17
7 Marita	30	11	43,0	0,04	4,81	0,37	1,95	66,03	17,73	7,32	0,29	1,31	0,15
8 Marita	7	11	43,2	0,04	4,76	0,31	1,91	62,58	19,57	9,10	0,22	1,38	0,13

Tabela 3

Sumy i stosunki grup kwasów tłuszczowych w oleju nasion rzepaku odmian Bolko i Marita w różnych warunkach składowania
Sums and ratio of fatty acid groups in oil of rapeseeds var. Bolko and Marita stored in various conditions

Cecha <i>Trait</i>	Odmiana rzepaku — <i>Rape variety</i>							
	Bolko				Marita			
	kontrolna <i>control</i> 14,5°C/7%	30°C/7%	30°C/11%	7°C/11%	kontrolna <i>control</i> 14,5°C/7%	30°C/7%	30°C/11%	7°C/11%
Suma kwasów tłuszczowych nienasyconych <i>Total unsaturated fatty acids</i>	93,05	92,95	92,81	92,89	93,14	93,07	92,91	93,07
Suma kwasów tłuszczowych nasyconych <i>Total saturated fatty acids</i>	6,95	7,05	7,29	7,13	6,86	6,93	7,09	6,93
Stosunek kwasów tłuszczowych nienasyconych do nasyconych <i>Ratio of unsaturated to saturated fatty acids</i>	13,39	13,18	12,73	13,02	13,51	13,43	13,10	13,43
Suma kwasów tłuszczowych neutralnych lub hipocholesterolemicznych (C _{18:0} + kwasy nienasycone) <i>Total neutral or hypocholesterolemic fatty acids</i>	94,81	94,73	94,56	94,68	95,00	94,95	94,49	94,98
Suma kwasów tłuszczowych hipercholesterolemicznych (C _{14:0} + C _{16:0}) <i>Total hypercholesterolemic fatty acids</i>	4,85	5,06	5,16	5,05	4,74	4,79	4,85	4,80

Tabela 4

Zawartość glukozynolanów w nasionach rzepaku odmiany Bolko i Marita w różnych warunkach składowania (temperatura, wilgotność) — *Content of glucosinolates in rapeseeds var. Bolko and Marita stored in various conditions (temperature, humidity)*

Charakterystyka <i>Characteristic</i>	Warunki składowania — <i>Stored in various conditions</i>							
	kontrolna — <i>control</i> 14,5°C/7%		30°C/7%		30°C/11%		7°C/11%	
	Bolko	Marita	Bolko	Marita	Bolko	Marita	Bolko	Marita
Glukonapina — <i>Gluconapin</i>	2,7	2,5	3,1	3,4	3,7	3,8	3,5	3,6
Glukobrassicapina — <i>Glucobrassicapin</i>	0,8	0,7	1,1	1,4	0,8	0,9	0,9	0,9
Progoitryna — <i>Progoitrin</i>	6,1	6,5	7,3	7,5	7,9	8,2	7,2	7,5
Napoleiferyna — <i>Napoleiferin</i>	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,1	0,1
Suma glukozynolanów alkenowych [μM/g nasion] <i>Sum of glucosinolates alkenyl</i> <i>[μM/g of seeds]</i>	9,7	9,9	11,7	12,5	12,5	13,1	11,7	12,1
Glukozynolany indolowe [μM/g nasion] <i>Glucosinolates indole [μM/g of seeds]</i>								
4-hydroksybrassicyna <i>4-hydroxybrassicin</i>	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
4-OH glukobrassicyna <i>4-OH glucobrassicin</i>	1,8	1,9	1,8	1,7	1,9	1,8	1,7	1,9
Suma glukozynolanów [μM/g nasion] <i>Sum of glucosinolates [μM/g of seeds]</i>	11,6	11,9	13,6	14,3	14,5	15,0	13,5	14,1

Tabela 5

Wartości liczby kwasowej, nadtlenkowej, anizydynowej oraz zawartości chlorofilu w nasionach rzepaku odmian Bolko i Marita (odmiany ozime) w różnych warunkach składowania — *Acid value, peroxide value, anisidine value and contents of chlorophyll in rapeseeds var. Bolko and Marita (winter varieties) stored in various conditions*

Odmiana rzepaku <i>Rape variety</i>	Temperatura składowania <i>Storage temperature</i> [°C]	Wilgotność nasion <i>Humidity of seeds</i> [%]	Liczba kwasowa <i>Acidic value</i> [mg KOH/g]	Liczba nadtlenkowa <i>Peroxide value</i> [mMO/kg]	Liczba anizydynowa <i>Anisidine value</i>	Zawartość chlorofilu <i>Chlorophyll value</i> [mg/kg]
Bolko (kontrolna) <i>Bolko (control)</i>	14,5	7	0,9	1,2	2,5	5,3
Bolko	30	7	2,1	3,6	2,8	4,7
Bolko	30	11	3,5	5,5	3,5	3,3
Bolko	7	11	2,4	4,8	3,0	4,6
Marita (kontrolna) <i>Marita (control)</i>	14,5	7	1,1	1,3	2,7	4,8
Marita	30	7	2,2	3,8	3,0	4,1
Marita	30	11	3,9	5,1	3,8	3,1
Marita	7	11	2,5	4,9	3,2	3,9

Liczba anizydynowa będąca odzwierciedleniem wtórnych produktów utleniania oleju badanych nasion była proporcjonalna do ilości nadtlenu. Podczas przechowywania ilość aldehydów wzrastała liniowo we wszystkich olejach, pozostając w korelacji ze wzrostem liczby nadtlenu. Podobne spostrzeżenia przedstawia Husain i in. (1987), którzy zauważyli za Yoshidą i in., że istnieje dodatnia korelacja pomiędzy liczbą nadtlenu a ilością aldehydu 2-malonowego, będącego produktem degradacji kwasów tłuszczowych o 3 i więcej wiązań podwójnych. Aldehyd 2-malonowy jest z pewnością jednym z aldehydów oznaczanych w reakcji z p-anizydyną, gdyż może powstawać z kwasu linolenowego zawartego w oleju rzepakowym (Rotkiewicz i in. 1995).

Wnioski

1. Warunki składowania (temperatura, wilgotność, obciążenie i czas składowania) wykazywały nieznaczny wpływ na zmiany zawartości podstawowych składników w nasionach.
2. Różnice w zawartości zarówno białka ogólnego, tłuszczu surowego oraz włókna surowego i jego frakcji wynikały natomiast z cech odmianowych.
3. Warunki przechowywania wpłynęły znacząco na zmiany w składzie kwasów tłuszczowych. Nastąpiły one szczególnie w obrębie kwasów nienasyconych C_{18} . Zanotowano znaczny wzrost kwasu oleinowego i kwasów tłuszczowych hipercholesterolemicznych ($C_{14:0}$ i $C_{16:0}$) przy jednoczesnym obniżeniu zawartości niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych ($C_{18:2}$, $C_{18:3}$).
4. Największe zmiany w profilu kwasów tłuszczowych zanotowano przy składowaniu nasion w temperaturze 30°C i wilgotności 11%. Te warunki składowania wywoływały więc najbardziej niekorzystne zmiany wpływające na wartość technologiczną (wzrost liczby kwasowej i nadtlenu) i pokarmową nasion.

Conclusions

1. The storage conditions (temperature, humidity, pressure degree and duration of storage) exerted non-significant effect on the content of proximate nutrients in the seeds.
2. Differences in the content of crude protein, crude fat and crude fibre or its fractions were attributed to the specificity of varieties.
3. The storage conditions influenced significantly the changes in fatty acid composition, and the unsaturated fatty acids, C_{18} in particular. There was

- a significant increase in the levels of oleic acid and hypercholesterolemic acids ($C_{14:0}$ and $C_{16:0}$), whereas the concentrations of essential unsaturated fatty acids ($C_{18:2}$, $C_{18:3}$) decreased.
4. The greatest changes in the profile of fatty acids were noted during the storage of seeds at the temperature of 30°C and humidity of 11%. These conditions caused the most unfavorable changes accounted for the technological value (increase in acidic number and peroxide value) and nutritive quality of the seeds.

Literatura

- Banaszkiewicz T. 1999. Skład i wartość pokarmowa frakcji nasion rzepaku uzyskanych podczas obłuskiwania na mlewniku walcowym. *Rośliny Oleiste*, XX (1): 295–304.
- Banaszkiewicz T. 2000. Ocena wartości pokarmowej nowych odmian rzepaku w testach na kurczętach brojlerach. *Rozprawa naukowa nr 61, Akademia Podlaska, Siedlce*.
- Buraczewski S. 1995. Pasze rzepakowe w żywieniu zwierząt. *Materiały XXV Sesji Żywniowej w Poznaniu*, 51–52.
- Goergin H.K., Van Soest P.J. 1970. Forage fiber analysis (apparatus, reagents, procedures and some application). *Agricultural Handbook*, 379, ARS, USDA, 1–20, Washington, DC.
- Husain S.R., Cillard J., Cillard P. 1987. α -tocopherol prooxidant effect and malondialdehyde production. *JAOCS*, 64 (1): 109–111.
- Korol W., Jaśkiewicz T., Bartuzi G., Bogusz G., Nieściór H., Grabowski C., Mojek E. 1994. Chemical composition of rapeseed from low glucosinolate varieties grown in Poland. *J. Anim. Feed Sci*, 3: 57–64.
- Krasucki W. 1998: Produkty uboczne z nasion rzepaku w żywieniu loch w okresie ciąży i laktacji. *Rozprawa habilitacyjna, AR Lublin*.
- Matyka S., Jaśkiewicz T., Bogusz G., Korol W. 1992. A note on the chemical composition of low glucosinolate rapeseed produced in North-Eastern Poland. *J. Anim. Feed Sci.*, 1: 177–182.
- Michalski K., Czernik-Kołodziej K., Krzymański J. 1995. Quantitative analysis glucosinolates in seeds of oilseed rape – effect of sample preparation on analytical results. *Proc. 9-th International Rapeseed Congress, Cambridge UK 4–7 VII*, t. 3: 911–913
- Rotenberg S., Andersen J.O. 1980. The effect of dietary citrus pectin of fatty acid balance and on the fatty acid content of the liver and small intestine in rats. *Acta Agric. Scand.*, 30: 8–12.
- Rotkiewicz D., Konopka I., Sobieski G. 1995. Stabilność olejów rzepakowych tłoczonych i ekstrahowanych na zimno. *Rośliny Oleiste*, XVI: 293–300.
- Skulmowski J. 1974. *Metody określania składu pasz i ich jakości*. PWRiL, Warszawa.
- Tys J., Szwed G. 1997. Symulowanie warunków przechowywania nasion rzepaku w silosach. *Rośliny Oleiste*, XVIII (2): 451–458.