

Maria Osek

Akademia Podlaska w Siedlcach, Katedra Żywnienia Zwierząt i Gospodarki Paszowej

Wpływ czasu i warunków przechowywania na zmiany zachodzące we frakcji lipidowej wybranych produktów rzepakowych

Influence of storage time and conditions on changes in lipid fraction of some rapeseeds products

Słowa kluczowe: nasiona rzepaku, wytlók rzepakowy, olej rzepakowy, przechowywanie, stabilność frakcji lipidowej

Key words: rapeseed, rapeseed cake, rapeseed oil, storage, lipid fraction stability

Badano wpływ czasu i warunków przechowywania na zmiany zachodzące w lipidach nasion rzepaku, oleju i wylłoku rzepakowego. Zmiany charakteryzowano liczbą kwasową, liczbą nadtlenkową i udziałem kwasów tłuszczowych we frakcji lipidowej. Olej i wylłok przechowywano przez 8 miesięcy, a nasiona rzepaku przez 4 miesiące, bez dostępu światła, w 3 pomieszczeniach różniących się temperaturą powietrza i wilgotnością. Wykazano, że czas przechowywania miał istotny wpływ na liczbę kwasową oleju i wylłoku oraz nadtlenkową nasion i oleju. Nie stwierdzono wpływu czasu na tempo hydrolizy w nasionach. Tempo utleniania lipidów wylłoku było najwyższe do 4 miesięcy, a następnie zmalało. Analiza wpływu rodzaju badanych produktów rzepakowych wykazała, że najwyższym tempem hydrolizy charakteryzował się wylłok, a utleniania olej. Hydroliza i utlenianie frakcji lipidowej badanych produktów najwolniej zachodziły w pomieszczeniu, w którym była najniższa temperatura i wilgotność powietrza (+4°C, 45%). Udział kwasów tłuszczowych w lipidach badanych produktów zależał tylko od czasu przechowywania i rodzaju produktu.

The aim of this study was to investigate the influence of storage time and conditions on changes in rapeseed lipids, rapeseed cake and rapeseed oil. Changes were characterized by acid value, peroxide value and content of fatty acids in lipid fraction. Oil and rapeseed cake were stored for eight months and rapeseeds for four months in rooms with different temperature and air humidity, without sun light. Investigations showed significant influence of storage time on acid value of oil and rapeseed cake and on peroxide value of rapeseeds and oil. There was not found the influence of storage time on hydrolysis rate in rapeseed. The highest rate of lipids oxidation in rapeseed cake was after 4 months, and then decreased. Analysis of the type of rapeseeds products showed, that the highest rate of hydrolysis was observed in rapeseed cake and the highest oxidation rate in oil. The slowest hydrolysis and oxidation of lipid fraction was in a room with the lowest temperature and air humidity (+4°C, 45%). Fatty acids composition in lipids depended only on storage time and type of product.

Wstęp

Nasiona rzepaku oraz produkty ich przerobu, takie jak wytlók czy olej coraz częściej wykorzystywane są w żywieniu zwierząt, zwłaszcza jako źródło energii. Produkty te powinny charakteryzować się dobrą jakością, która jest wypadkową jakości surowca oraz przemian zachodzących w okresie od pozyskania do spożycia. Wielkość zachodzących przemian i ich charakter zależą od wielu czynników, a w szczególności od temperatury, dostępu światła, tlenu i wilgotności. Składniki pokarmowe zawarte w paszach są w różnym stopniu podatne na oddziaływanie warunków środowiskowych. Zdaniem Kwietniaka i Harenzy (1990) najbardziej stabilne są związki mineralne, natomiast do najmniej stabilnych należą lipidy, które mogą ulegać hydrolizie, pirolizie i oksydacji. Oksydacja frakcji lipidowej jest główną przyczyną obniżania się jakości pasz, ponieważ zachodzi z różnym nasileniem w różnych warunkach przechowywania. O kierunku i szybkości przemian zachodzących w oleju rzepakowym decydują zwłaszcza dwa enzymy: lipaza i lipoksygenaza. Lipidy nasion roślin oleistych są jednak w pewnym stopniu w naturalny sposób zabezpieczone przed hydrolitycznym i utleniającym działaniem tych enzymów, z racji występujących w nich związków fenolowych, działających antyoksydacyjnie (Zadernowski i in. 1998, Zúkalová i Vašák 1998).

Celem przeprowadzonych badań było określenie wpływu czasu i różnych warunków przechowywania na zmiany zachodzące w lipidach nasion rzepaku i produktach jego przerobu (olej, wytlók).

Material i metody badań

Materiałem badawczym były nasiona rzepaku oraz uzyskany z nich olej i wytlók. Nasiona pochodziły ze skupu z regionu Podlasia, poddano je tłoczeniu „na zimno” w Olejarni Nosów k. Białej Podlaskiej.

Z partii nasion i uzyskanego oleju oraz wytlóku pobrano próby, które przechowywano bez dostępu światła przez 8 miesięcy (wytłók i olej) oraz 4 miesiące (nasiona) w trzech pomieszczeniach, różniących się temperaturą i wilgotnością powietrza.

Warunki składowania — *Storage conditions*

	Średnia temperatura <i>Average temperature</i>	Wilgotność względna <i>Relative humidity</i>
I pokój laboratoryjny — <i>laboratory room</i>	20°C	50%
II magazyn blaszany — <i>iron sheet warehouse</i>	15,5°C	79%
III lodówka — <i>refrigerator</i>	4°C	45%

W dniu rozpoczęcia badań z każdej paszy pobrano po 4 próbki do oznaczenia liczby kwasowej i nadtlenkowej (PN-84/A-85803) oraz składu i udziału (% sumy) kwasów tłuszczowych we frakcji lipidowej, metodą chromatografii gazowej na aparacie Chrom 5. Zmiany zachodzące w tłuszczu produktów rzepakowych analizowano co dwa miesiące na podstawie oznaczeń wykonywanych w odstępach 2-tygodniowych. Nasiona i wytlók poddano dodatkowo analizie na zawartość podstawowych składników pokarmowych, metodami konwencjonalnymi według Skulmowskiego (1974). Frakcje włókna oznaczono metodą Van Soesta i Wine (1967), natomiast glukozytolany metodą silolową (Michalski i in. 1995). Wyniki opracowano statystycznie za pomocą jedno i dwuczynnikowej analizy wariancji, a o istotności różnic wnioskowano na podstawie testu rozstępu Duncana (Ruszczyc 1981).

Wyniki i dyskusja

W celu pełniejszej charakterystyki materiału badawczego poddano go (przed rozpoczęciem doświadczenia) analizom chemicznym na zawartość podstawowych składników pokarmowych, glukozytolanów i kwasu erukowego (tab. 1). Nasiona rzepaku, które tłoczono „na zimno” były nieznannej odmiany, ponieważ pochodziły ze skupu z całej środkowo-wschodniej Polski. Wyniki oznaczeń zawartości glukozytolanów i kwasu erukowego świadczą jednak, że były to odmiany podwójnie ulepszone (00). Poziom podstawowych składników pokarmowych, zarówno w nasionach, jak i wtyłoku rzepakowym był zbliżony do wartości podawanych w piśmiennictwie (Pastuszevska 1992, NŻD 1996).

Zmiany zachodzące we frakcji lipidowej nasion rzepaku przechowywanych przez cztery miesiące, które charakteryzuje liczba kwasowa, liczba nadtlenkowa oraz udział kwasów tłuszczowych (% sumy), przedstawiono w tabeli 2. Wynika z niej, że czas przechowywania nasion, niezależnie od rodzaju warunków, nie miał istotnego wpływu na liczbę kwasową. Należy jednak zaznaczyć, że po dwóch miesiącach była ona wyższa o ponad 1 mg KOH/g, a następnie utrzymywała się na zbliżonym poziomie przez kolejne dwa miesiące przechowywania. Wyraźny wpływ ($p < 0,01$) czasu przechowywania stwierdzono w odniesieniu do liczby nadtlenkowej. W każdych warunkach w miarę wydłużania się czasu przechowywania następował wzrost tej liczby, osiągając po 4 miesiącach poziom około 10 milirównoważników O/kg tłuszczu w porównaniu do wartości 3,57 na początku badań i 5–6 milirównoważników po dwóch miesiącach przechowywania. W udziale kwasów tłuszczowych nie odnotowano większych zmian podczas przechowywania. Ilość kwasów nasyconych była na poziomie 4,4–4,6%, a nienasyconych około 95,5%. Zaobserwowano jednak niewielki spadek monoenoowych, a wzrost polienoowych kwasów tłuszczowych w miarę wydłużania się okresu przechowywania. Zastanawiający i trudny do zinterpretowania jest wzrost poziomu kwasów polienoowych,

gdyż raczej należałoby spodziewać się ich spadku. Być może przyczyną uzyskanych wyników była mała precyzja chromatografu gazowego i sposób liczenia zawartości kwasów tłuszczowych w próbce. Pojawiające się na chromatogramie produkty utleniania kwasów nienasyconych w postaci dodatkowych pików chromatograficznych, czasem nie rozdzielonych, nie są liczone przez integrator. Wyrażenie procentowego udziału poszczególnych kwasów w sumie wszystkich kwasów w sytuacji gdy nie są liczone dodatkowe piki, powoduje zawyżenie zawartości tych kwasów. Aby wyeliminować te błędy, należałoby wyrażać zawartość kwasów w g/kg produktu.

Tabela 1

Skład chemiczny nasion i wycioku rzepakowego
Chemical composition of rapeseeds and rapeseed cake

Wyszczególnienie <i>Item</i>	Nasiona rzepaku <i>Rapeseed</i>	Wyciok rzepakowy <i>Rapeseed cake</i>
Składniki pokarmowe — <i>Nutrients</i> [%]		
— sucha masa — <i>dry matter</i>	92,49	90,66
— popiół surowy — <i>crude ash</i>	4,22	6,02
— białko ogólne — <i>crude protein</i>	19,87	27,96
— tłuszcz surowy — <i>crude fat</i>	40,73	17,33
— włókno surowe — <i>crude fibre</i>	6,01	9,08
— bez-N wyciągowe — <i>N-free extractives</i>	21,86	30,27
— NDF — <i>neutral detergent fibre</i>	12,09	18,34
— ADF — <i>acid detergent fibre</i>	9,39	14,80
— ADL — <i>acid detergent lignin</i>	3,94	6,89
Glukozynolany ogółem <i>Glucosinolates total</i> [$\mu\text{mol/g s.m.b.}$]	16,6	17,3
— alkenowe — <i>alkenyls</i>	13,5	14,2
— progoitryna — <i>progoitrin</i>	9,2	9,5
— gluconapina — <i>gluconapin</i>	3,6	4,1
— glucobrassicapina <i>glucobrassicapin</i>	0,7	0,6
Kwas erukowy (% sumy kwasów) <i>Erucic acid (percent total acids)</i>	0,13	0,20

Analizując te same wskaźniki we frakcji lipidowej oleju i wycioku (tab. 3 i 4), przechowywanych przez dłuższy okres (8 miesięcy) niż nasiona, stwierdzono większe nasilenie zmian. Liczba kwasowa oleju przechowywanego w warunkach I i II przez całe doświadczenie rosła i po 8 miesiącach wynosiła odpowiednio 2,51 i 2,58, różniąc się istotnie od wartości na początku doświadczenia (2,19) i po dwóch miesiącach (2,28). Olej przechowywany w lodówce przez sześć miesięcy charakteryzował się podobną do wyjściowej LK (około 2,2), dopiero po kolejnych dwóch miesiącach liczba ta istotnie ($p < 0,01$) wzrosła, osiągając poziom 2,42.

Tabela 2

Liczba kwasowa, liczba nadtlenkowa, udział (% sumy) kwasów tłuszczowych we frakcji lipidowej nasion rzepaku
Acid value, peroxide value and fatty acids content (percent of total) in lipid fraction rapeseed

Wyszczególnienie <i>Item</i>	Warunki przechowywania — <i>Conditions of storage</i>								
	I — pokój laboratoryjny <i>laboratory room</i>			II — magazyn blaszany <i>iron sheet warehouse</i>			III — lodówka <i>refrigerator</i>		
	Okres przechowywania (miesiące) — <i>Duration of storage (months)</i> (średnie ± odchylenie standardowe — <i>mean ± standard deviation</i>)								
	0	2	4	0	2	4	0	2	4
Liczba kwasowa <i>Acid value (mg KOH/g)</i>	2,70 ± 0,20	3,76 ± 0,22	3,88 ± 0,60	2,70 ± 0,20	4,06 ± 0,83	3,93 ± 0,59	2,70 ± 0,20	4,04 ± 0,93	3,26 ± 0,55
Liczba nadtlenkowa (milirów. O/kg) <i>Peroxide value</i> (<i>milliequivalents O/kg</i>)	3,57 ± 0,17 B	6,14 ± 0,13 B	9,94 ± 0,94 A	3,57 ± 0,17 B	5,71 ± 0,19 B	10,60 ± 0,94 A	3,57 ± 0,17 B	5,09 ± 0,52 B	9,71 ± 1,21 A
Kwasy tłuszczowe <i>Fatty acids</i>									
— nasycone — <i>SFA</i>	4,60 ± 0,08	4,50 ± 0,16	4,39 ± 0,17	4,60 ± 0,08 A	4,46 ± 0,11 AB	4,21 ± 0,06 B	4,60 ± 0,08	4,60 ± 0,20	4,52 ± 0,18
— nienasycone — <i>UFA</i>	95,32 ± 0,20	95,36 ± 0,15	95,30 ± 0,32	95,32 ± 0,20 b	95,44 ± 0,12 ab	95,78 ± 0,06 a	95,32 ± 0,20	95,35 ± 0,19	95,41 ± 0,09
— monoenowe — <i>MUFA</i>	70,97 ± 0,44	70,74 ± 0,84	69,40 ± 0,53	70,97 ± 0,44	70,58 ± 0,13	69,41 ± 0,47	70,97 ± 0,44	70,48 ± 0,61	69,02 ± 0,30
— polienowe — <i>PUFA</i>	24,35 ± 0,41	24,62 ± 0,69	26,14 ± 0,40	24,35 ± 0,41	24,86 ± 0,18	26,37 ± 0,46	24,35 ± 0,41	24,87 ± 0,43	26,39 ± 0,26

A, B, C — różnice wysoce istotne — *highly significant differences* ($P \leq 0,01$)

a, b, c — różnice istotne — *significant differences* ($P \leq 0,05$)

Tabela 3

Liczba kwasowa i liczba nadtlenkowa oleju i wytloku rzepakowego
Acid value and peroxide value of oil and rapeseed cake

Wyszczególnienie <i>Item</i>	Okres przechowywania (miesiące) — <i>Duration of storage (months)</i> (średnie ± odchylenie standardowe — <i>mean ± standard deviation</i>)				
	0	2	4	6	8
Olej — <i>Oil</i>					
Liczba kwasowa (mg KOH/g) — <i>Acid value</i>					
I	2,19 ± 0,03 B	2,28 ± 0,01 B	2,33 ± 0,06 AB	2,38 ± 0,04 AB	2,51 ± 0,05 A
II	2,19 ± 0,03 B	2,28 ± 0,03 B	2,37 ± 0,07 AB	2,42 ± 0,02 AB	2,58 ± 0,08 A
III	2,19 ± 0,03 b	2,27 ± 0,02 b	2,23 ± 0,03 b	2,24 ± 0,04 b	2,42 ± 0,07 a
Liczba nadtlenkowa (milirównoważników O/kg) — <i>Peroxide value (milliequivalents O/kg)</i>					
I	3,43 ± 0,23 C	7,54 ± 1,78 C	15,02 ± 1,26 B	21,47 ± 2,40 AB	28,02 ± 0,30 A
II	3,43 ± 0,23 C	8,80 ± 2,08 C	14,80 ± 0,32 B	21,37 ± 1,66 A	18,32 ± 0,93 AB
III	3,43 ± 0,23 B	7,09 ± 1,66 B	12,42 ± 0,27 A	14,76 ± 0,93 A	15,03 ± 0,26 A
Wytłok — <i>Rapeseed cake</i>					
Liczba kwasowa (mg KOH/g) — <i>Acid value</i>					
I	7,14 ± 0,40 D	15,52 ± 1,73 C	26,64 ± 2,18 B	32,90 ± 0,85 A	34,68 ± 0,13 A
II	7,14 ± 0,40 D	16,76 ± 2,10 C	31,24 ± 3,21 B	38,98 ± 1,05 AB	43,16 ± 0,56 A
III	7,14 ± 0,40 D	9,52 ± 0,91 CD	11,76 ± 0,68 BC	13,61 ± 0,24 AB	14,39 ± 0,09 A
Liczba nadtlenkowa (milirównoważników O/kg) — <i>Peroxide value (milliequivalents O/kg)</i>					
I	4,42 ± 0,31 B	7,26 ± 0,31 B	12,46 ± 0,93 A	8,40 ± 1,49 AB	9,52 ± 1,70 AB
II	4,42 ± 0,31 B	6,46 ± 0,54 B	12,18 ± 1,25 A	6,72 ± 0,67 B	7,21 ± 0,75 B
III	4,42 ± 0,31 B	6,12 ± 0,12 AB	10,84 ± 2,17 A	6,12 ± 0,60 AB	6,99 ± 0,65 AB

A, B, C — różnice wysoce istotne — *highly significant differences* ($P \leq 0,01$)

a, b, c — różnice istotne — *significant differences* ($P \leq 0,05$)

Podobne wyniki dotyczące zmian liczby kwasowej oleju rzepakowego przechowywanego przez sześć miesięcy wykazały Rotkiewicz i Konopka (1998). Autorki badały 10 olejów, uzyskanych w procesie tłoczenia nasion „na zimno”. Po sześciu miesiącach liczba kwasowa badanych olejów była trzykrotnie większa (1,43–6,28) niż w dniu rozpoczęcia badań (0,49–1,69) i zależała od wartości wyjściowej. Również Podkówka i Podkówka (1995) dowiedli, że w miarę wydłużania się czasu przechowywania liczba kwasowa oleju wzrastała, a wzrost był tym większy, im wyższa była temperatura w pomieszczeniu, w którym olej przechowywano.

Tabela 4

Zawartość kwasów tłuszczowych we frakcji lipidowej oleju i wycioku rzepakowego (% sumy)
Fatty acids content (percentage in total) in lipid fraction of oil and rapeseed cake

Warunki Conditions	Kwasy tłuszczowe Fatty acids	Okres przechowywania (miesiące) — <i>Duration of storage (months)</i> (średnie ± odchylenie standardowe — <i>mean ± standard deviation</i>)				
		0	2	4	6	8
Olej — <i>Oil</i>						
I	SFA	3,93 ± 0,13 B	3,90±0,10 B	3,99±0,18 B	4,23±0,10 AB	4,77±0,09 A
	UFA	96,00 ± 0,42 a	96,04±0,10 a	95,92±0,18 a	95,54±0,25 ab	95,07±0,08 b
	MUFA	72,03 ± 0,37 A	71,63±0,55 B	70,67±0,35 BC	69,73±0,07 C	69,72±0,14 C
	PUFA	23,97 ± 0,31 B	24,41±0,46 B	25,25±0,19 AB	25,81±0,20 A	25,35±0,18 AB
II	SFA	3,93 ± 0,13 B	3,94±0,13 B	3,75±0,20 B	4,24±0,12 AB	4,74±0,07 A
	UFA	96,00 ± 0,42 a	96,00±0,16 a	96,22±0,32 a	95,58±0,06 ab	95,02±0,06 b
	MUFA	72,03 ± 0,37 A	71,23±0,53 A	70,97±0,26 AB	69,49±0,14 B	69,62±0,34 B
	PUFA	23,97 ± 0,31 B	24,76±0,42 B	25,26±0,07 AB	26,09±0,15 A	25,40±0,20 AB
III	SFA	3,93 ± 0,13 b	4,00±0,11 b	4,07±0,21 b	4,30±0,05 ab	4,64±0,11 a
	UFA	96,00 ± 0,42	95,93±0,25	95,90±0,32	95,46±0,26	95,22±0,15
	MUFA	72,03 ± 0,37 A	72,17±0,35 A	69,99±0,37 B	69,56±0,15 B	69,65±0,35 B
	PUFA	23,97 ± 0,31 B	23,76±0,29 B	25,91±0,18 A	25,90±0,34 A	25,57±0,10 A
Wyciok — <i>Rapeseed cake</i>						
I	SFA	4,84 ± 0,17 ab	4,76±0,23 b	4,94±0,15 ab	5,23±0,06 ab	5,37±0,07 a
	UFA	95,05 ± 0,13 a	95,19±0,23 a	94,89±0,15 ab	94,69±0,05 b	94,49±0,04 b
	MUFA	69,16 ± 0,56 A	68,30±0,73 B	67,33±0,20 B	68,24±0,30 B	67,28±0,22 B
	PUFA	25,89 ± 0,63 B	26,89±0,51 A	27,66±0,29 A	26,45±0,27 A	27,21±0,18 A
II	SFA	4,84 ± 0,17 b	5,02±0,16 b	5,05±0,15 b	5,41±0,05 ab	5,50±0,06 a
	UFA	95,05 ± 0,13 a	94,90±0,14 a	94,90±0,16 a	94,47±0,09 b	94,38±0,06 b
	MUFA	69,16 ± 0,56 A	67,17±0,30 B	67,37±0,19 B	68,31±0,31 B	67,51±0,30 B
	PUFA	25,89 ± 0,63 B	27,73±0,16 A	27,54±0,20 A	26,16±0,38 A	26,87±0,26 A
III	SFA	4,84 ± 0,17 B	4,70±0,15 B	5,02±0,09 AB	5,26±0,09 A	5,44±0,07 A
	UFA	95,05 ± 0,13 A	95,17±0,11 A	94,93±0,10 AB	94,60±0,09 B	94,45±0,07 B
	MUFA	69,16 ± 0,56 A	68,27±0,35 B	67,14±0,19 B	67,96±0,13 B	67,09±0,24 B
	PUFA	25,89 ± 0,63 B	26,90±0,24 A	27,78±0,10 A	26,65±0,16 A	27,36±0,94 A

A, B, C — różnice wysoce istotne — *highly significant differences* ($P \leq 0,01$)

a, b, c — różnice istotne — *significant differences* ($P \leq 0,01$)

Procesy utleniania badanego oleju zachodziły przez cały czas przechowywania, w każdym warunkach i podobnie jak w przypadku hydrolizy, tempo utleniania najwolniej zachodziło w lodówce. Po ośmiu miesiącach liczba nadtlenkowa wynosiła w warunkach I, II i III odpowiednio: 28,02, 18,32 i 15,03 milirównoważników na 1 kg oleju wobec wartości 3,43 w dniu rozpoczęcia badań.

W doświadczeniach innych autorów (Podkówka i Podkówka 1995, Rotkiewicz i Konopka 1995) wykazano znacznie niższe (4–8) liczby nadtlenkowe oleju po czterech miesiącach przechowywania, niż uzyskano w analogicznym okresie w badaniach własnych (12,42–15,02). Z kolei Krygier i in. (1995) podają, że olej rzepakowy przechowywany przez dwa miesiące w warunkach chłodniczych, charakteryzował się liczbą nadtlenkową równą 7,4 — czyli tyle samo, ile stwierdzono w badaniach własnych. Rotkiewicz i Konopka (1998), badając oleje uzyskane z przemysłowych nasion rzepaku wykazały, że ilość nadtlenków po sześciu miesiącach przechowywania wzrosła dziesięciokrotnie, osiągając poziom 15,29–19,11 milirównoważników O/kg oleju. Autorki twierdzą, że tempo utleniania oleju zależy od wyjściowej ilości nadtlenków.

W wycioku rzepakowym stwierdzono ciągłe podwyższanie się LK do końca okresu przechowywania. Wzrost ten był najwyższy w warunkach II (7,14–43,16), nie przekraczając jednak wymagań BN 89/8186-01, która dopuszcza wartość tej liczby dla tłuszczów paszowych, równą 50 milirównoważników KOH/g, a najniższy w lodówce (7,14–14,39). Liczba nadtlenkowa wycioku wzrastała do czwartego miesiąca, a następnie spadała, niezależnie od warunków przechowywania. W składzie kwasów tłuszczowych (tab. 4), zarówno oleju jak i wycioku, stwierdzono, podobnie jak w nasionach, tendencję do wzrostu udziału nasyconych, a obniżania się nienasyconych kwasów tłuszczowych w miarę wydłużania się czasu przechowywania. Podobnie jak w przypadku nasion, również w oleju i wycioku zmniejszał się poziom kwasów monoenowych, a wzrastał polienowych.

W tabeli 5 wykazano wpływ rodzaju produktu i warunków przechowywania na kształtowanie się liczb kwasowych (LK). Wynika z niej, że rodzaj badanego produktu (nasiona, wyciok, olej) miał wysoce istotny ($p < 0,01$) wpływ na wielkość tego wskaźnika. Najwyższe liczby kwasowe stwierdzono we frakcji lipidowej wycioku, w każdym z czterech analizowanych okresów przechowywania, natomiast najniższe w oleju. Liczba kwasowa nasion była nieznacznie wyższa niż oleju, lecz różnica ta nie została potwierdzona statystycznie. Wykazano również, że nie tylko rodzaj produktu rzepakowego, ale także warunki, w których je przechowywano miały istotny wpływ na wartość LK. Do czwartego miesiąca produkty przechowywane w lodówce wykazywały istotnie niższą wartość tej liczby niż przechowywane w dwóch pozostałych warunkach. W miarę wydłużania się okresu przechowywania, oddziaływanie warunków było wyraźniejsze, stwierdzono bowiem wysoce istotne różnice w wysokości LK ocenianych produktów, pomiędzy każdym z warunków przechowywania, z tym, że najniższe wartości wykazano w produktach przechowywanych w lodówce, następnie w pomieszczeniu laboratoryjnym, a najwyższe w magazynie.

Tabela 5

Kształtowanie się liczb kwasowych (mg KOH/g) w zależności od rodzaju produktu rzepakowego i warunków przechowywania — *The acid values formation (mg KOH/g) as depended on the kind of rapeseed product and storage conditions*

Okres przechowywania (miesiące) <i>Duration of storage (months)</i>	Warunki <i>Conditions</i>	Produkt rzepakowy — <i>Rapeseed product</i>			$\bar{x} \pm SE$
		nasiona <i>seeds</i>	olej <i>oil</i>	wytłok rzepakowy <i>rapeseed cake</i>	
0	—	2,70 ± 0,20	2,19 ± 0,03	7,14 ± 0,40	
2	I	3,76 ± 0,22	2,28 ± 0,01	15,52 ± 1,73	7,19 ± 1,85 a
	II	4,06 ± 0,83	2,28 ± 0,03	16,76 ± 2,10	7,70 ± 2,06 a
	III	4,04 ± 0,93	2,27 ± 0,02	9,52 ± 0,91	5,28 ± 1,01 b
	$\bar{x} \pm SE$	3,95 ± 0,38 B	2,27 ± 0,01 B	13,93 ± 1,27 A	6,72 ± 0,97
4	I	3,88 ± 0,60	2,33 ± 0,06	26,64 ± 2,18	10,95 ± 3,42 A
	II	3,93 ± 0,59	2,37 ± 0,07	31,24 ± 3,21	12,51 ± 4,12 A
	III	3,26 ± 0,55	2,23 ± 0,03	11,76 ± 0,68	5,75 ± 1,31 B
	$\bar{x} \pm SE$	3,69 ± 0,32 B	2,31 ± 0,03 B	23,21 ± 2,77 A	9,74 ± 1,85
6	I	*	2,38 ± 0,04	32,90 ± 0,85	17,64 ± 5,78 B
	II	*	2,42 ± 0,02	38,98 ± 1,05	20,70 ± 6,93 A
	III	*	2,24 ± 0,04	13,61 ± 0,24	7,93 ± 2,15 C
	$\bar{x} \pm SE$		2,35 ± 0,03 B	28,50 ± 3,29 A	15,42 ± 3,17
8	I	*	2,51 ± 0,05	34,68 ± 0,13	18,59 ± 6,08 B
	II	*	2,58 ± 0,08	43,16 ± 0,56	22,88 ± 7,67 A
	III	*	2,42 ± 0,07	14,39 ± 0,09	8,41 ± 2,26 C
	$\bar{x} \pm SE$		2,50 ± 0,04 B	30,75 ± 3,64 A	16,63 ± 3,44

* — nie oznaczono — *not determined*

A, B, C — różnice wysoce istotne — *highly significant differences (P ≤ 0,01)*

a, b, c — różnice istotne — *significant differences (P ≤ 0,05)*

Rodzaj badanych produktów rzepakowych i warunków przechowywania miał również istotny wpływ na wysokość liczb nadtlenkowych (tab. 6). Najwyższe wartości tej liczby stwierdzano w oleju, w każdym okresie przechowywania i różniły się one istotnie od wartości dwóch pozostałych produktów. Wpływ warunków przechowywania uwidocznił się między 4 a 6 miesiącem badań. W okresie od 6 do 8 miesięcy utlenianie tłuszczu najłagodniej przebiegało w lodówce, następnie w magazynie, a najintensywniej w pomieszczeniu laboratoryjnym.

Tabela 6

Kształtowanie się liczb nadtlenkowych (milirów. O/kg) w zależności od rodzaju produktu rzepakowego i warunków przechowywania — *The peroxide values formation (milleq. O/kg) as depended on the kind of rapeseed product and storage conditions*

Okres przechowywania (miesiące) <i>Duration of storage (months)</i>	Warunki <i>Conditions</i>	Produkt rzepakowy — <i>Rapeseed product</i>			$\bar{x} \pm SE$
		nasiona <i>seeds</i>	olej <i>oil</i>	wytłok rzepakowy <i>rapeseed cake</i>	
0	—	3,57 ± 0,17	3,43 ± 0,23	4,042 ± 0,31	
2	I	6,14 ± 0,13	7,54 ± 1,78	7,26 ± 0,31	6,98 ± 0,58
	II	5,71 ± 0,19	8,80 ± 2,08	6,46 ± 0,54	6,99 ± 0,76
	III	5,09 ± 0,52	7,09 ± 1,66	6,12 ± 0,12	6,10 ± 0,58
	$\bar{x} \pm SE$	5,64 ± 0,21 b	7,81 ± 0,99 a	6,61 ± 0,24 ab	6,69 ± 0,37
4	I	9,94 ± 0,94	15,02 ± 1,26	12,46 ± 0,93	12,47 ± 0,83
	II	10,60 ± 0,94	14,80 ± 0,32	12,18 ± 1,25	12,53 ± 0,81
	III	9,71 ± 1,21	12,42 ± 0,27	10,84 ± 2,17	10,99 ± 0,83
	$\bar{x} \pm SE$	10,08 ± 0,55 B	14,08 ± 0,54 A	11,83 ± 0,83 B	12,00 ± 0,46
6	I		21,47 ± 2,40	8,40 ± 1,49	14,93 ± 2,80 A
	II	*	21,37 ± 1,66	6,72 ± 0,67	14,05 ± 2,89 A
	III		14,76 ± 0,93	6,12 ± 0,60	10,44 ± 1,71 B
	$\bar{x} \pm SE$		19,20 ± 1,32 A	7,08 ± 0,60 B	13,14 ± 1,44
8	I		28,02 ± 0,30	9,52 ± 1,70	18,77 ± 3,46 A
	II	*	18,32 ± 0,93	7,21 ± 0,75	12,76 ± 2,17 B
	III		15,03 ± 0,26	6,99 ± 0,65	11,01 ± 1,55 B
	$\bar{x} \pm SE$		20,46 ± 1,69 A	7,90 ± 0,69 B	14,18 ± 1,58

* — nie oznaczono — *not determined*

A, B, C — różnice wysoce istotne — *highly significant differences* ($P \leq 0,01$)

a, b, c — różnice istotne — *significant differences* ($P \leq 0,05$)

Udział kwasów tłuszczowych (% sumy) we frakcji lipidowej oleju i wytłoku rzepakowego przechowywanych przez osiem miesięcy (tab. 7) zależał jedynie od rodzaju produktu rzepakowego, natomiast warunki przechowywania nie miały istotnego wpływu na ich zawartość. Stwierdzono, że wytłok zawierał wysoce istotnie więcej kwasów nasyconych (5,44%), a mniej nienasyconych (94,44%) niż olej (odpowiednio 4,71 i 95,10%). We frakcji lipidowej wytłoku było więcej polienowych (27,14%), a mniej monoenowych (67,3%) kwasów tłuszczowych, w porównaniu do oleju, w którym wartości te wynosiły 25,44 i 69,66%.

Tabela 7

Zawartość (% sumy) kwasów tłuszczowych w zależności od rodzaju produktu rzepakowego i warunków przechowywania (8 miesięcy przechowywania) — *Fatty acids content (percentage in total) as depended on the kind of rapeseed product and storage conditions (8 months of storage)*

Kwasy tłuszczowe <i>Fatty acids</i>	Warunki <i>Conditions</i>	Produkt rzepakowy — <i>Rapeseed product</i>		$\bar{x} \pm SE$
		olej <i>oil</i>	wytłok rzepakowy <i>rapeseed cake</i>	
SFA	I	4,77 ± 0,09	5,37 ± 0,07	5,07 ± 0,10
	II	4,74 ± 0,07	5,50 ± 0,06	5,04 ± 0,16
	III	4,64 ± 0,11	5,44 ± 0,07	5,12 ± 0,15
	$\bar{x} \pm SE$	4,71 ± 0,05 B	5,44 ± 0,04 A	5,08 ± 0,08
UFA	I	95,07 ± 0,08	94,49 ± 0,04	94,78 ± 0,12
	II	95,02 ± 0,06	94,38 ± 0,06	94,70 ± 0,13
	III	95,22 ± 0,15	94,45 ± 0,07	94,83 ± 0,16
	$\bar{x} \pm SE$	95,10 ± 0,06 A	94,44 ± 0,03 B	94,77 ± 0,08
MUFA	I	69,72 ± 0,14	67,28 ± 0,22	68,50 ± 0,47
	II	69,62 ± 0,34	67,51 ± 0,30	68,56 ± 0,43
	III	69,65 ± 0,35	67,09 ± 0,24	68,37 ± 0,51
	$\bar{x} \pm SE$	69,66 ± 0,11 A	67,30 ± 0,14 B	68,48 ± 0,26
PUFA	I	25,35 ± 0,18	27,21 ± 0,18	26,28 ± 0,37
	II	25,40 ± 0,20	26,87 ± 0,26	26,14 ± 0,32
	III	25,57 ± 0,10	27,36 ± 0,94	26,46 ± 0,36
	$\bar{x} \pm SE$	25,44 ± 0,09 B	27,14 ± 0,13 A	26,29 ± 0,19

A, B, C — różnice wysoce istotne — *highly significant differences* ($P \leq 0,01$)

Stwierdzenia i wnioski

1. Czas przechowywania nasion rzepaku nie miał wpływu na zachodzące w nich procesy hydrolityczne, natomiast wpływał na tempo utleniania lipidów, gdyż liczba nadtlenkowa po czterech miesiącach przechowywania osiągnęła prawie trzykrotnie wyższy poziom od wyjściowego.
2. Liczba kwasowa oleju i wytłoku oraz nadtlenkowa oleju przez cały okres przechowywania ciągle wzrastała, natomiast liczba nadtlenkowa wytłoku podwyższała się tylko do czwartego miesiąca, a następnie tempo utleniania zostało zahamowane.

3. Rodzaj badanych produktów rzepakowych (nasiona, wytlók, olej) oraz warunki przechowywania miały istotny wpływ na tempo przemian hydrolytycznych i utleniających. Najwyższe liczby kwasowe stwierdzono w wytloku rzepakowym, a nadtlenkowe w oleju. Hydroliza i utlenianie frakcji lipidowej badanych pasz najwolniej zachodziły w lodówce, gdzie temperatura wynosiła + 4°C, a wilgotność 45%.
4. Udział kwasów tłuszczowych w lipidach wszystkich ocenianych pasz zależał tylko od czasu przechowywania i rodzaju produktu. W miarę wydłużania się okresu przechowywania malała ilość kwasów nienasyconych (UFA), a wzrastała nasyconych (SFA). We frakcji lipidowej oleju stwierdzono po ośmiu miesiącach przechowywania wyższy poziom nienasyconych, a niższy nasyconych kwasów tłuszczowych, w porównaniu do wytloku.

Literatura

- Krygier K., Ratusz K., Supel B. 1995. Jakość i stabilność olejów tłoczonych na zimno. *Rośliny Oleiste*, XVI (2): 307-313.
- Krygier K., Wroniak M., Dobczyński K., Kiełt I., Grześkiewicz S., Obiedziński M. 1998. Charakterystyka wybranych rynkowych olejów roślinnych tłoczonych na zimno. *Rośliny Oleiste*, XIX (2): 573-582.
- Kwietniak M., Harenza T. 1990. Autooksydacja pasz i przeciwutleniacze. Wyd. CLPP Lublin.
- Michalski K., Kołodziej K., Krzymański J. 1995. Quantitative analysis of glucosinolates in seeds of oilseed rape effect of sample preparation on analytical results. *Proc. 9th International Rapeseed Congress*, Cambridge UK, vol. 3: 911-913.
- Normy Żywienia Drobiu 1996.
- Pastuszewska B. 1992. Rzepak w żywieniu zwierząt. Omnitech Press Warszawa.
- Podkówka W., Podkówka Z. 1995. Badania stabilności oleju z rzepaku tłoczonego na zimno. *Rośliny Oleiste*, XVI (2): 263-266.
- Rotkiewicz D., Konopka I., Sobieski G. 1995. Stabilność olejów rzepakowych tłoczonych i ekstrahowanych na zimno. *Rośliny Oleiste*, XVI (2): 293-300.
- Rotkiewicz D., Konopka I. 1998. Trwałość olejów rzepakowych tłoczonych na zimno z nasion o zróżnicowanej jakości. *Rośliny Oleiste*, XIX (2): 583-591.
- Ruszczyc Z. 1981. *Metodyka doświadczeń zootechnicznych*. PWRiL Warszawa.
- Skulmowski J. 1974. *Metody określania składu pasz i ich jakości*. PWRiL Warszawa.
- Soest P.J. van, Wine R.H. 1967. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. IV. Determination of plant cell-wall constituents. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, 50 (1): 50-55.
- Zadernowski R., Nowak-Polakowska H., Amarowicz R. 1998. Związki fenolowe rzepaku jako czynniki zabezpieczające lipidy przed przemianami hydrolytycznymi i oksydacyjnymi. *Rośliny Oleiste*, XIX (2): 563-572.
- Zukalová H., Vašák Jan 1998. Natural antioxidants in seeds of winter rapeseed (*Brassica napus* L.). *Rośliny Oleiste*, XIX (1): 255-262.