

Krzysztof Krygier, Małgorzata Wroniak, Stanisław Grześkiewicz*

Mieczysław Obiedziński*

SGGW w Warszawie, Katedra Technologii Zbóż, Nasion Oleistych i Koncentratów Spożywczych

* Instytut Przemysłu Mięsnego i Tłuszczowego w Warszawie, Dział Monitoringu i Ochrony Środowiska

Badanie wpływu zawartości nasion uszkodzonych na jakość oleju rzepakowego tłoczonego na zimno

Study on effect of destroyed seeds content on the quality of cold pressed rapeseed oil

Słowa kluczowe: tłoczenie oleju na zimno, rzepak ozimy, skład kwasów tłuszczowych, sterole, tokoferole, pestycydy, stabilizatory utleniaczy

Key words: cold pressed oils, rapeseed oil, fatty acid composition, tocopherols, sterols, trace elements, pesticides, oxidation stability, Rancimat

Celem pracy było określenie wpływu jakości nasion na jakość i stabilność oleju rzepakowego tłoczonego na zimno. Badano wpływ zawartości nasion uszkodzonych na cechy organoleptyczne oleju, skład chemiczny (skład kwasów tłuszczowych, tokoferole, sterole) i zawartość zanieczyszczeń (metale, pestycydy, wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne). Olej tłoczony w prasie laboratoryjnej z dojrzałych i czystych nasion rzepaku „00” charakteryzował się bardzo dobrą jakością. Zawartość nasion uszkodzonych obniżała jakość wytłoczonego oleju powodując wzrost liczby kwasowej, nadtlenkowej i zawartości barwników. Wzrosła również zawartość zanieczyszczeń metalami ciężkimi (szczególnie żelazem) i pestycydami.

The aim of the work was to determine the influence of destroyed seeds on quality and stability of cold pressed rapeseed oil. Oil colour, acid value, peroxide value, fatty acids composition, tocopherols, sterols, trace elements, pesticides and oxidative stability (Rancimat) were determined. Pressed oil obtained from clean and ripe seeds was of good quality. Content of destroyed seeds decreased quality of pressed oil and caused the increase of acid value, peroxide value and colour. Content of trace elements and pesticides was increased, too. Stability of oils pressed from destroyed seeds was lower than from good quality seeds.

Wstęp

Metoda tłoczenia na zimno jest najstarszą metodą pozyskiwania oleju. Jest to technologia prosta, czysta ekologicznie, nie wymagająca dużych nakładów energii, w związku z tym tania. Ograniczeniem stosowania tej metody jest niska wydajność procesu (duża zawartość oleju reszkowego w wytłokach) oraz trudności z uzyskaniem stałej jakości produktu, niezależnej od jakości przerabianego surowca. Uzyskanie dobrej jakości oleju tłoczonego wiąże się z koniecznością stosowania

dojrzałych, czystych, nieuszkodzonych i prawidłowo przechowywanych nasion, co zostało już wielokrotnie potwierdzone w licznych pracach na ten temat (Krygier i in. 1998, Rotkiewicz i in. 1998).

Obserwuje się wzrost zainteresowania konsumentów spożyciem olejów jadalnych tłoczonych na zimno. Przyczyną tego jest pogląd, że oleje te przewyższają pod względem wartości odżywczej oleje rafinowane. Jednocześnie wielu niepokoi fakt braku rafinacji, a w związku z tym możliwość występowania w nim związków niepożądanych ze względu na stabilność i trwałość produktu oraz niebezpiecznych dla zdrowia, np. metali czy pestycydów. W związku z tym celowe jest prowadzenie dalszych badań.

Material i metody badań

Material badawczy stanowiły przemysłowe nasiona rzepaku z odmian podwójnie ulepszonych, tłoczone na zimno w prasie laboratoryjnej hydraulicznej Carver Laboratory Press przy ciśnieniu 40 MPa. Próby 1, 2 i 3 badanych olejów pochodziły z różnych partii nasion.

Próbki oleju badano zgodnie z Polskimi Normami, oznaczając liczbę kwasową (PN-60/A-86921), liczbę nadtlenkową (PN-ISO 3960:1996), barwę (PN-58/C-04526). Przeprowadzono również ocenę organoleptyczną. Skład kwasów tłuszczowych określono metodą chromatografii gazowej według normy PN-EN ISO 5508, PN-ISO 5509. Zawartość steroli oznaczono wg normy ISO 6799 przy pomocy chromatografii gazowej. Oznaczono również zawartość tokoferoli według metody własnej IPMiT przy użyciu HPLC, pozostałość środków ochrony roślin — pestycydów chloroorganicznych (związki z grupy DDT i izomery HCH) metodą własną IPMiT z wykorzystaniem chromatografii gazowej. Oznaczenie metali wykonano metodą własną IPMiT (metodyka nie publikowana), rtęć metodą absorpcyjnej spektrometrii atomowej (aparatura Ama 254). Badanie stabilności olejów prowadzono stosując test Rancimat w temperaturze 120°C.

Dla porównania właściwości fizykochemicznych analizowanych olejów wykorzystano normy: ZN-92/PTO-01 Tłuszcze jadalne. Podlaskie Oleje Roślinne (oleje tłoczone na zimno) oraz PN-86/A-86908 Rafinowane oleje roślinne.

Wyniki i dyskusja

Oleje tłoczone z nasion nieuszkodzonych miały swoisty, przyjemny smak i zapach (tab. 1). Olej tłoczony z nasion uszkodzonych charakteryzował się znacznie gorszym smakiem i zapachem, wyczuwalny był intensywny posmak trawiasty. Pod względem klarowności żaden z analizowanych olejów nie wyróżniał się, wszystkie oleje były klarowne (tab. 1).

Tabela 1

Charakterystyka tłoczonych olejów rzepakowych — *Oil characteristics*

Cecha <i>Characteristic</i>	Oleje rzepakowe tłoczone na zimno z nasion <i>Cold pressed rapeseed oils</i>				Norma Zakładowa dla oleju tłoczonego na zimno <i>Works Standard for cold pressed</i>	Polska Norma dla oleju rafinowanego <i>Polish Standard for fully refined oil</i>
	1	2	3	nasiona uszkodzone <i>damaged seeds</i>		
Smakowitość — <i>Flavour</i>	przyjemna, swoista, roślinna <i>pleasant specific vegetable</i>	przyjemna, swoista, roślinna <i>pleasant specific vegetable</i>	przyjemna, swoista, roślinna <i>pleasant specific vegetable</i>	typowa, intensywny, smak trawiasty <i>typical, deeply grassy taste</i>	przyjemna, swoista, obcy smak i zapach nie dopuszczalny <i>pleasant, specific alien taste and smell inadmissible</i>	przyjemna swoista, obcy smak i zapach nie dopuszczalny <i>pleasant, specific alien taste and smell inadmissible</i>
Klarowność — <i>Transparency</i>	klarowny — <i>clear</i>					
Barwa — <i>Colour</i> skala jodowa — <i>iodine test</i>	76	58	58	170	58	-
Barwa — <i>Colour*</i>					—	—
Ogólna — <i>Total</i>	971	891	894	3088		
Karotenoidy — <i>Carotenoids</i>	602	518	456	1338		
Chlorofile — <i>Chlorophyll</i>	368	373	438	1750		
Liczba kwasowa — <i>Acid value</i> [mg KOH/g]	2,08	0,78	0,75	20,40	4,0	0.6
Liczba nadtlenkowa <i>Peroxide value</i> [m. równ. tlenu/kg]	2,50	2,12	2,05	7,89	10	10.0

* — określenie barwy spektrofotometrycznie — *spectrophotometric colour*

W związku z tym, że barwniki występujące w olejach mają bardzo ważny wpływ na jakość i stabilność oleju (Fornal i in. 1994, Krygier i in. 1996) za właściwe uznano oznaczenie zawartości barwników karotenoidowych i chlorofilowych oraz ogólnie barwy w olejach tłoczonych. Olej tłoczony z nasion uszkodzonych wyróżniał się najciemniejszą barwą. Jego barwa oznaczana spektrofotometrycznie miała wartość trzykrotnie wyższą niż barwa olejów tłoczonych z nasion czystych i nieuszkodzonych. Jak twierdzi Zadernowski i in. (1993) wyższa zawartość okrywy nasiennej powoduje ciemno zieloną barwę oleju.

W olejach tłoczonych z nasion czystych i zdrowych zawartość barwników karotenoidowych była o około 40% wyższa niż chlorofilowych. Odwrotnie było w przypadku oleju z nasion uszkodzonych tu przeważały barwniki chlorofilowe (tab. 1). Jest to prawdopodobnie spowodowane występowaniem wysokiej zawartości barwników chlorofilowych w okrywie nasion rzepaku oraz niepełnej dojrzałości tłoczonych nasion (Kozłowska i in. 1988, Ohlson 1992). Obecność tych barwników w olejach jest ważna ze względu na działanie przeciwutleniające i prowitaminowe karotenoidów (Sionek 1997) oraz działanie proutleniające i pociemnianie barwy oleju przez barwniki chlorofilowe (Krygier i in. 1996).

Głównym czynnikiem jakościowym ograniczającym zastosowanie olejów tłoczonych do celów spożywczych jest liczba kwasowa i nadtlenkowa. Są one wskaźnikami zmian hydrolitycznych i oksydacyjnych tłuszczu. Wszystkie badane oleje tłoczone z nasion dobrej jakości spełniają wymagania stawiane przez przewidzianą dla nich normę. Natomiast należy zwrócić uwagę na wysoką wartość liczby kwasowej w przypadku oleju uzyskanego z nasion uszkodzonych. Jest to spowodowane daleko posuniętymi zmianami hydrolitycznymi, które zaszły w połamanych i zanieczyszczonych nasionach rzepaku, przechowywanych przez dłuższy okres. Grabska i in. (1994) twierdzą, że większy stopień uszkodzenia nasion stymuluje aktywność enzymów lipolitycznych, co znajduje potwierdzenie we wzroście liczby kwasowej. Także liczba nadtlenkowa tego oleju jest wysoka, jednak nie przekracza wymagań obu norm.

Skład kwasów tłuszczowych olejów był typowy dla odmian rzepaku podwójnie uszlachetnionych — około 60% kwasu oleinowego, 21% kwasu linolowego i 10% kwasu linolenowego (tab. 2). Olej tłoczony z nasion uszkodzonych, połówek i zanieczyszczonych wyróżniał się o 10% niższym udziałem kwasu oleinowego, a wyższym palmitynowego (o 10%) i linolowego (o 20%). Podobne zależności, głównie wzrost udziału kwasu linolowego i linolenowego, zaobserwowali Zadernowski i in. (1993) oraz Gogolewski i Szeliga (1996) w oleju tłoczonym z nasion o wyższej zawartości zanieczyszczeń.

Biorąc pod uwagę zawartość tokoferoli olej uzyskany z nasion uszkodzonych zawierał o 50% mniej sumy tokoferoli w stosunku do olejów z nasion zdrowych i czystych (tab. 3). Na podstawie uzyskanych wyników można stwierdzić, że skład steroli był typowy i charakterystyczny dla oleju rzepakowego. Olej z nasion uszkodzonych zawierał więcej o około 25% campasterolu i o 50% więcej betasitosterolu niż olej z nasion nieuszkodzonych.

Tabela 2

Skład kwasów tłuszczowych w badanych olejach [%]
Fatty acid composition in investigated oils

Kwasy tłuszczowe <i>Fatty acids</i>	Oleje rzepakowe tłoczone na zimno <i>Cold pressed rapeseed oils</i>			
	1	2	3	nasiona uszkodzone <i>damaged seeds</i>
Palmitynowy C _{16:0}	4,3	4,3	4,3	4,9
Palmitynooleinowy C _{16:1}	0,2	0,2	0,2	0,3
Stearynowy C _{18:0}	1,8	1,8	1,8	1,9
Oleinowy C _{18:1(9)}	56,3	58,1	58,3	51,4
Oktadekenowy C _{18:1(11)}	3,2	3,4	3,3	3,3
Linolowy C _{18:2}	19,2	18,1	18,0	22,2
Linolenowy C _{18:3}	9,4	9,9	9,8	8,9
Arachidowy C _{20:0}	0,6	0,6	0,6	0,7
Eikozenowy C _{20:1}	2,1	1,5	1,4	2,4
Eikozadienowy C _{20:2}	0,1	0,1	0,1	0,1
Behenowy C _{22:0}	0,3	0,3	0,3	0,4
Erukowy C _{22:1}	2,1	0,4	0,5	3,0
Lignocerynowy C _{24:0}	0,1	0,1	0,1	0,2
Nerwonowy C _{24:1}	0,2	0,2	0,1	0,3

Tabela 3

Zawartość tokoferoli i steroli w badanych olejach [mg/100g]
Tocopherols and sterols content in investigated oils

Tokoferole i sterole <i>Tocopherols and sterols</i>	Oleje rzepakowe tłoczone na zimno <i>Cold pressed rapeseed oils</i>			
	1	2	3	nasiona uszkodzone <i>damaged seeds</i>
Tokoferole — <i>Tocopherols</i>				
Suma — <i>Total:</i>	42,9	44,9	54,4	19,3
α	11,2	13,3	14,3	6,7
γ	29,4	30,6	29,9	9,1
δ	2,3	1,0	10,2	3,5
Sterole — <i>Sterols:</i>				
Brassicasterol	79,0	88,1	84,4	83,3
Campesterol	192,8	174,5	165,8	220,2
Betasitosterol	297,7	233,8	225,8	368,5
Awenasterol	12,4	14,8	14,5	16,0

Ze względu na szkodliwość metali ciężkich dla organizmu ludzkiego i obniżanie stabilności olejów (żelazo i miedź) zbadano ich zawartość w analizowanych olejach, a wyniki przedstawiono w tabeli 4. Ilości oznaczonych metali w poszczególnych olejach były na zbliżonym poziomie i nie przekraczały dopuszczalnych limitów dla olejów jadalnych. Olej z nasion uszkodzonych zawierał więcej tych pierwiastków, ale nie przekraczał dopuszczonych wartości. Wyjątkiem było żelazo, którego stężenie prawie pięciokrotnie przekroczyło przewidziany dopuszczalny poziom, co może mieć negatywny wpływ na stabilność oksydacyjną tego oleju, co potwierdzają badania Markewicza (1993).

Tabela 4

Zawartość metali i pestycydów w badanych olejach [mg/kg]

Content elements and pesticides in investigated oils

Metali i pestycydy <i>Elements and pesticides</i>	Zawartość dopuszczalna <i>Limits*</i>	Oleje rzepakowe tłoczone na zimno <i>Cold pressed rapeseed oils</i>			
		1	2	3	nasiona uszkodzone <i>damaged seeds</i>
Metale — <i>Elements:</i>					
Pb	0,100	0,030	0,030	0,030	0,039
Cd	0,030	0,007	0,011	0,007	0,012
Fe	1,500	0,38	0,18	0,17	8,04
Cu	0,100	0,017	0,018	0,015	0,044
As	0,100	0,064	0,072	0,056	0,048
Hg	0,010	0,0019	0,0015	0,0011	0,0025
Pestycydy — <i>Pesticides</i>					
DDT — suma	–	0,056	0,024	0,023	0,224
Beta HCH	–	0	0	0	0,009
Gamma HCH	0,5	0,024	0	0	0,036

* Monitor Polski nr 22, Zarządzenie MZiOS z dnia 31 marca 1993 (*Polish Standard*)

Żaden z analizowanych olejów z nasion nieuszkodzonych nie przekraczał norm przewidzianych dla poszczególnych rodzajów zanieczyszczeń (tab. 4). We wszystkich występowały śladowe ilości środków ochrony roślin (DDT i produkty rozpadu oraz izomerów HCH). Jednakże w oleju z nasion uszkodzonych ilości te były wielokrotnie wyższe.

Szybkość zmian oksydacyjnych zachodzących w tłuszczach uzależniona jest od wielu czynników: składu kwasów tłuszczowych, zawartości substancji przeciw- i protleniających, a to uzależnione jest od czystości surowca i jego dojrzałości. Suma tych czynników determinuje trwałość oleju. Stabilność oksydacyjna dla

olejów z nasion nieuszkodzonych (zmierzona w teście Rancimat jako czas indukcji) była zbliżona i wynosiła około 5 godzin (tab. 5). Olej z nasion uszkodzonych, połówek i zanieczyszczonych charakteryzował się krótszym czasem indukcji o około 70%, czego można było się spodziewać na podstawie wcześniej uzyskanych wyników — dużo barwników chlorofilowych, wysoka liczba kwasowa i nadtlenkowa, więcej kwasów nienasyconych, mniej tokoferoli i bardzo wysoki poziom żelaza.

Tabela 5

Czas indukcji olejów tłoczonych na zimno w teście Rancimat
Induction time of cold pressed oils (Rancimat)

Badane oleje <i>Examined oils</i>	Czas indukcji <i>Induction time</i> [h]	Liczba nadtlenkowa <i>Peroxide value</i> [m. równ. tlenu/kg]
Nasiona czyste — <i>Clean seeds</i> — 1	4,93	2,50
Nasiona czyste — <i>Clean seeds</i> — 2	4,80	2,12
Nasiona czyste — <i>Clean seeds</i> — 3	4,96	2,05
Nasiona uszkodzone — <i>Damaged seeds</i>	1,53	7,86

Biorąc pod uwagę powyższe wyniki badano również wpływ ilości zanieczyszczeń i nasion uszkodzonych w nasionach do tłoczenia oleju na zimno (tab. 6). Smakowitość olejów zmieniała się wraz z dodatkiem nasion uszkodzonych i przy ich 20% zawartości pojawił się w oleju posmak trawiasty, czego nie dało się jeszcze wyczuć przy 10% tych nasion. Również oceniając barwę stwierdzono, że dodatek 20% nasion uszkodzonych odwraca stosunek barwników karotenoidowych do chlorofilowych na korzyść chlorofilowych, co wydaje się pogarszać barwę i na tej podstawie możemy spodziewać się niższej stabilności tłoczonych olejów.

Liczba kwasowa w badanych olejach także wzrastała wraz z dodatkiem nasion uszkodzonych. Przy dodatku 20% tych nasion liczba ta wzrosła do ich granicznej wartości określonej przez normę, tj. 4 mg KOH/g, a przy zawartości 30% znacznie ją przekroczyła.

Na podstawie tych wyników można przyjąć, że 20% nasion połamanych w surowcu dyskwalifikuje go pod względem przydatności do tłoczenia na zimno. Należy również brać pod uwagę fakt, że liczba kwasowa może jeszcze ulegać podwyższeniu w trakcie przechowywania oleju, w związku z tym wyjściowa jej wartość powinna być zdecydowanie niższa. W miarę wzrostu ilości nasion uszkodzonych wzrastała liczba nadtlenkowa, jednak nie przekroczyła ona wartości granicznej gwarantującej dobrą jakość oleju. Zawartość tych nasion w ilości 10% już podwyższała liczbę nadtlenkową o około 30%, a w ilości 30% o ponad 60% w stosunku do liczby nadtlenkowej z nasion całych i czystych.

Tabela 6

Charakterystyka olejów w zależności od zawartości nasion uszkodzonych
Influence of content of destroyed seeds on oil characteristics

Cecha <i>Characteristic</i>	Oleje rzepakowe tłoczone na zimno z dodatkiem nasion uszkodzonych <i>Cold pressed rapeseed oils with damaged seeds</i>					Norma Zakładowa dla oleju tłoczonego na zimno <i>Works Standard for cold pressed</i>	Polska Norma dla oleju rafinowanego <i>Polish Standard for fully refined oil</i>
	nasiona czyste <i>clean seeds</i>	10%	20%	30%	100%		
Smakowitość — <i>Flavour</i>	przyjemna, swoista, roślinna <i>pleasant specific vegetable</i>	przyjemna, swoista, roślinna <i>pleasant specific vegetable</i>	swoista, posmak trawiasty <i>specific deeply grassy taste</i>	typowa, intensywna smak trawiasty <i>typical, deeply grassy taste</i>	typowa, intensywna smak trawiasty <i>typical, deeply grassy taste</i>	przyjemna swoista, obcy smak i zapach nie dopuszczalny <i>pleasant, specific alien taste and smell inadmissible</i>	przyjemna swoista, obcy smak i zapach nie dopuszczalny <i>pleasant, specific alien taste and smell inadmissible</i>
Klarowność — <i>Transparency</i>	klarowny — <i>clear</i>					przejrzysty, klarowny <i>transparent, clear</i>	
Barwa — <i>Colour</i> skala jodowa — <i>iodine test</i>	58	58	76	130	170	58	
Barwa — <i>Colour*</i>						—	
Ogólna — <i>Total</i>	894	1224	1271	1378	3088		
Karotenoidy — <i>Carotenoids</i>	456	569	596	647	1338		
Chlorofile — <i>Chlorophyll</i>	438	655	675	731	1750		
Liczba kwasowa — <i>Acid value</i> [mg KOH/g]	0,75	2,30	3,70	5,74	20,40	4,0	0,6
Liczba nadtlenkowa <i>Peroxide value</i> [m. równ. tlenu/kg]	2,05	2,78	2,94	3,48	7,89	10	10,0

* — określenie barwy spektrofotometrycznie — *spectrophotometric colour*

Na podstawie wyników z testu Rancimat, można stwierdzić mało istotny wpływ dodatku nasion uszkodzonych w ilości 10, 20 i 30% w stosunku do nasion czystych i nie połamanych na stabilność oksydacyjną analizowanych olejów (tab. 7). Czas indukcji olejów maleje wraz ze wzrostem udziału nasion uszkodzonych i w przypadku dodatku 30% tych nasion wzrasta o 10% w stosunku do oleju tłoczonego z nasion czystych.

Tabela 7
Czas indukcji olejów tłoczonych na zimno w teście Rancimat w zależności od zawartości nasion uszkodzonych — *Induction time of cold pressed oils (Rancimat) depending on destroyed seeds content*

Badane oleje <i>Examined oils</i>	Czas indukcji <i>Induction time</i> [h]	Liczba nadtlenkowa <i>Peroxide value</i> [m. równ. tlenu/kg]
Nasiona czyste — <i>Clean seeds</i>	4,96	2,05
10% nasion uszkodzonych — <i>destroyed seeds</i>	4,63	2,78
20% nasion uszkodzonych — <i>destroyed seeds</i>	4,57	2,94
30% nasion uszkodzonych — <i>destroyed seeds</i>	4,43	3,48

Wnioski

- Oleje rzepakowe tłoczone na zimno są produktami o dobrych cechach organoleptycznych i fizykochemicznych.
- Zawartość zanieczyszczeń metalami ciężkimi (Pb, Cd, As, Hg, Fe, Cu) i środkami ochrony roślin w badanych olejach rzepakowych tłoczonych na zimno z nasion nieuszkodzonych nie przekracza dopuszczalnych limitów.
- Obecność nasion uszkodzonych wyraźnie obniża jakość wytłaczanego oleju: drastycznie wzrasta liczba kwasowa, liczba nadtlenkowa i zawartość barwników, a spada stabilność oksydacyjna.
- Nasiona uszkodzone zawierają znacznie więcej zanieczyszczeń: metali ciężkich (zwłaszcza żelaza) i pestycydów w porównaniu do nieuszkodzonych.
- Wydaje się celowe rozważenie wprowadzenia limitu zanieczyszczeń (nasion uszkodzonych) znajdujących się w nasionach rzepaku przeznaczonych do produkcji oleju jadalnego metodą tłoczenia na zimno.

Literatura

- Fornal J., Piskuła M., Kubicka E., Waszczuk K. 1994. Charakterystyka procesu tłoczenia nasion rzepaku w prasie 02 PVO. *Rośliny Oleiste XV*: 161-170.
- Gogolewski M., Szeliga M. 1996. Wpływ zanieczyszczeń na zmiany lipidów nasion rzepaku w czasie ich przechowywania. *Rośliny Oleiste XVII*: 578-584.
- Grabka J., Piskuła M., Kubicka E., Waszczuk K. 1994. Warunki zbioru i przechowywania na jakość nasion rzepaku. Aktywność enzymów lipolitycznych i liczby charakterystyczne oleju. *Rośliny Oleiste XV (2)*: 125-134.
- Kozłowska H., Nowak H., Zadernowski R. 1988. Rapeseed hulls fat characteristics. *Fat Sci. Technol.* 6: 216-219.
- Krygier K., Obiedziński M., Ratusz K. 1996. Wpływ procesów bielenia na jakość oleju rzepakowego tłoczonego na zimno. *Rośliny Oleiste XVII*: 455-459.
- Krygier K., Wroniak M., Dobczyński K., Kiełt I., Grześkiewicz S., Obiedziński M. 1998. Charakterystyka wybranych rynkowych olejów roślinnych tłoczonych na zimno. *Rośliny Oleiste XIX*: 573-582.
- Markewicz K. 1993. Wybrane składniki mineralne w oleju rzepakowym. *Postępy Nauk Rolniczych* 6: 158-160.
- Ohlson R. 1992. Modern processing of rapeseed. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 69: 195-198.
- Rotkiewicz D., Konopka I. 1998. Trwałość olejów rzepakowych tłoczonych na zimno z nasion o zróżnicowanej jakości. *Rośliny Oleiste XIX*: 583-591.
- Rotkiewicz D., Zadernowski R. 1997. Obluskiwanie nasion rzepaku. *Rośliny Oleiste XVIII*: 493-504.
- Sionek B. 1997. Oleje tłoczone na zimno. *Roczniki PZH* 48: 283-293.
- Zadernowski R., Nowak-Polakowska H., Lossow B. 1993. Tłuszcz frakcji morfologicznych nasion rzepaku. *Rośliny Oleiste XIV*: 151-155.