

Monika Jędrzejak, Andrzej Kotecki, Marcin Kozak, Władysław Malarz
Akademia Rolnicza we Wrocławiu, Katedra Szczegółowej Uprawy Roślin

II. Wpływ zróżnicowanych dawek azotu na profil kwasów tłuszczowych oleju rzepaku jarego

The effect of different nitrogen doses on the profile of fatty acids in spring rape oil

Słowa kluczowe: rzepak jary, odmiany, nawożenie azotem, kwasy tłuszczowe

W latach 2001–2003 przeprowadzono badania laboratoryjne nad wpływem pogłównego nawożenia azotem na kształtowanie w oleju profilu kwasów tłuszczowych pięciu odmian rzepaku jarego. W doświadczeniu badano dwa czynniki zmienne: odmiany rzepaku jarego oraz nawożenie azotem. Zawartość poszczególnych kwasów oraz sumy kwasów nasyconych i nienasyconych zależała od czynnika genetycznego, nawożenia azotem oraz układu warunków klimatycznych.

Najwięcej nienasyconych kwasów tłuszczowych 18-węglowych, przy jednocześnie najszerszym stosunku kwasów nienasyconych do nasyconych, zawierała odmiana Margo, natomiast stosunek kwasu linolowego do linolenowego był najkorzystniejszy u odmiany Star, która zawierała najwięcej kwasu erukowego.

W porównaniu z kontrolą, nawożenie dawką 120 kg N·ha⁻¹ spowodowało wzrost zawartości kwasu palmitynowego, stearynowego, linolowego i linolenowego, a obniżenie oleinowego.

Key words: spring rape, cultivars, N fertilisation, fatty acids

In 2001–2003 field and laboratory experiments were carried out to investigate the effect of top-dressing N fertilisation on fatty acid profile in oil of five spring rape cultivars at Pawlowice Research Station near Wrocław, Poland. This was a split-plot experiment with four replications, having two variable factors: I spring rape cultivars population varieties Bolero (DE) Licosmos (DE), Sponsor (SE), Star (DK) and a hybrid Margo (PL); II N fertilisation: 60, 90 (60 + 30), 120 (60 + 60), 150 (60 + 90) kg N·ha⁻¹.

The content of particular acids and the sum of both saturated and unsaturated acids (including essential unsaturated fatty acids: linoleic and linolenic acids, eighteen carbon length fatty acids: vaccenic, oleic, linoleic and linolenic) depended on genetic factor, N fertilisation and weather conditions.

The highest content of eighteen carbon length fatty acids and the greatest unsaturated to saturated acids ratio was recorded in the cultivar Margo. The linoleic to linolenic acid ratio was the most favourable in the cultivar Star which also contained the most of erucic acid.

Compared to the control (60 kg N·ha⁻¹), N fertilisation with the dose of 120 kg N·ha⁻¹ increased the content of palmitic acid, stearic, linoleic and linolenic acids, and it decreased the content of oleic acid.

Wstęp

Skład chemiczny oleju jest czynnikiem wpływającym na jego stabilność oraz wartość odżywczą i zdrowotną (Ziemlański i Budzyńska-Topolowska 1991). Olej rzepakowy jest wysoko cenionym tłuszczem jadalnym, a śruta poekstrakcyjna jest wykorzystywana w żywieniu zwierząt jako bogate źródło białka (Muśnicki i in. 2005, Ziemlański 2005).

Zgodnie z aktualnym stanem wiedzy, olej rzepakowy odmian podwójnie ulepszonych zaliczany jest do najcenniejszych w grupie tłuszczów jadalnych, o czym decyduje między innymi stosunkowo duży udział kwasów nienasyconych (Ackman 1990, Diepenbrock i in. 1987, Drozdowski 1994, Krzymański 1993, Zadernowski i in. 1994).

Spośród nienasyconych kwasów tłuszczowych w znacznych ilościach w oleju rzepakowym występują kwasy: oleinowy $C_{18:1}$, linolowy $C_{18:2}$ i linolenowy $C_{18:3}$, którym przypisuje się szczególne znaczenie żywieniowe (Bobrzecka i in. 1973). Oleje bogate w kwas oleinowy są łatwiej trawione i przyswajane przez człowieka. Kwas linolowy i linolenowy należą do grupy niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych (NNKT), których organizm człowieka nie potrafi syntetyzować i dlatego należy je dostarczać wraz z pożywieniem. Tym niemniej uważa się dziś, że zbyt duże ich spożycie może być szkodliwe (Krygier 1997). Istotny jest stosunek kwasu linolowego do linolenowego, który u współczesnych podwójnie ulepszonych odmian wynosi 2 : 1, tymczasem badania żywieniowe wskazują, że powinien mieścić się w granicach od 6 : 1 do 3 : 1 (Krzymański 1993, Krzymański i Wałkowski 1998, Ziemlański 2001, 2005).

Spożycie kwasu linolowego jest zbyt małe, a jednym z najbogatszych źródeł tego kwasu jest olej rzepakowy. W porównaniu do oliwy z oliwek olej rzepakowy pochodzący z podwójnie ulepszonych odmian zawiera więcej niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych. Fizjologiczne działanie na organizm człowieka bezerukowego oleju rzepakowego jest podobne do oliwy z oliwek i dlatego uzasadnione jest jego nazwanie „oliwką północy” (Ziemlański 1998).

Nasycone kwasy tłuszczowe — palmitynowy $C_{16:0}$ i stearynowy $C_{18:0}$ oraz niektóre kwasy nienasycone, jak eikozadienowy $C_{20:2}$ i dokozaadienowy $C_{22:2}$ występują w oleju rzepakowym w niewielkich ilościach wynoszących od 0,0 do 3,3% (Appelqvist 1970, Craig, Murty 1959, Craig, Wetter 1959, Dembiński i in. 1967a, Dembiński i in. 1967b, Jakubowski i Pędziński 1967). W porównaniu z licznymi badaniami prowadzonymi nad wyhodowaniem niskoerukowej, a nawet bezerukowej odmiany rzepaku (Krzymański 1970, Krzymański i Downey 1969) niewiele uwagi poświęcono dotychczas wpływowi nawożenia na skład i zawartość kwasów tłuszczowych w oleju tej rośliny. Dembiński i in. (1967a) oraz Delhaye i Guyot (1969) nie wykazali wpływu nawożenia azotem na kształtowanie profilu kwasów tłuszczowych w oleju rzepakowym. Murawa i in. (1996, 1997) oraz Adomas

(2003) nie wykazali większych różnic w składzie kwasów tłuszczowych oleju rzepaku jarego i w zawartości tłuszczu w nasionach pod wpływem czynnika odmianowego oraz stosowania herbicydów. Dembiński i in. (1967a, 1967b) wykazali, że czynniki siedliskowo-agrotechniczne miały tylko nieznaczny wpływ na skład kwasów tłuszczowych rzepaku. Także doświadczenia COBORU z lat 1995–1997 wykazały, że zawartość kwasów nienasyconych i nasyconych tej samej odmiany rzepaku zmieniła się w latach zaledwie o 0,3% (Heimann 1998). Nieznaczne zmiany w składzie kwasów tłuszczowych przemawiają za uwarunkowaniem genetycznym, a nie środowiskowym tej cechy. Odmienne wyniki uzyskała Adomas (2003), która udowodniła statystycznie istotny, zróżnicowany w latach wpływ czynników pogodowych na kształtowanie udziału nasyconych i nienasyconych kwasów tłuszczowych w oleju rzepaku jarego.

Celem przeprowadzonych badań było określenie wpływu pogłównego nawożenia azotem w fazie formowania pąków kwiatowych (0, 30, 60 i 90 kg N·ha⁻¹) na kształtowanie profilu kwasów tłuszczowych w oleju pięciu odmian rzepaku jarego.

Metodyka badań

Metodykę badań polowych przedstawiono w części I pracy (Wpływ zróżnicowanych dawek azotu na rozwój i plonowanie rzepaku jarego).

Kwasy tłuszczowe oznaczano metodą chromatografii gazowej w Laboratorium Chromatograficznym Katedry Technologii Rolnej i Przechowalnictwa Akademii Rolniczej we Wrocławiu. Pobraną próbę tłuszczu saponifikowano metanolanem sodu, a następnie poddano estryfikacji 14% roztworem BF₃ w metanolu. Estrы metylowe kwasów tłuszczowych analizowano metodą chromatografii gazowej. Do rozdziału zastosowano chromatograf gazowy firmy Phillips wyposażony w detektor płomieniowo-jonizacyjny. Warunki analizy chromatograficznej: Kolumna Rtx-2330, 105 m. Temp. dozownika 230°C; temp. detektora 240°C; temp. kolumny 160°C/30 min./–3°C/min — 180°C/17 min./–5°C/min — 210°C/45 min.

Wyniki badań

W oleju z nasion rzepaku jarego oznaczono 17 kwasów tłuszczowych, w tym 9 nasyconych, przy czym dominowały nienasycone kwasy szeregu C₁₈. Zawartość poszczególnych kwasów oraz sumy kwasów nasyconych i nienasyconych (w tym niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych: linolowego i linolenowego; kwasów osiemnastowęglowych: wakkenowego, oleinowego, linolowego, linolenowego) zależała od czynnika genetycznego, nawożenia azotem oraz układu warunków klimatycznych (tab. 1). Istotne różnice międzyodmianowe wykazano

w odniesieniu do wszystkich kwasów tłuszczowych, z wyjątkiem kwasu palmito-oleinowego. Spośród nienasyconych kwasów osiemnastowęglowych, ważnych dla człowieka z fizjologicznego punktu widzenia, najwięcej kwasu oleinowego oraz najmniej linolowego i linolenowego zawierały nasiona odmiany Margo. Najmniej kwasu oleinowego gromadziły nasiona odmiany Star, najwięcej linolowego Bolero, a linolenowego Sponsor. Wykazano duże zróżnicowanie odmianowe w zawartości kwasu erukowego, którego poziom wahał się od 0,04% (Bolero) do 0,20% (Star).

Wpływ nawożenia azotem na skład oleju rzepakowego przeanalizowano na podstawie zawartości siedmiu podstawowych kwasów tłuszczowych (występujących w nim w większych ilościach): nasyconych (palmitynowego i stearynowego) oraz nienasyconych (oleinowego, linolowego, linolenowego, wakkenowego i eikozenowego). Pozostałe kwasy zostały pominięte przy merytorycznej ocenie wyników.

Pod wpływem wzrastających dawek azotu zawartość kwasów: kaprynowego, laurynowego, mirystynowego, pentadekanowego, heptadekanowego, behenowego i arachinowego wykazywała niewielki wzrost, a zawartość kwasów: palmitooleinowego i palmitoelaidynowego nieznacznie malała. Zwiększenie dawki azotu do 150 kg·ha⁻¹ miało istotny wpływ na obniżenie zawartości kwasów: oleinowego i erukowego oraz wzrost zawartości kwasów: stearynowego, linolowego i linolenowego. Nawożenie azotem do dawki 120 kg N·ha⁻¹ wpłynęło istotnie na zwiększenie zawartości kwasu palmitynowego oraz zmniejszenie udziału kwasu wakkenowego w oleju.

Przebieg pogody różnicował w największym stopniu zawartość kwasu oleinowego (o 1,82%), a następnie w coraz mniejszym linolowego (o 1,10%), linolenowego (o 1,06%) i palmitynowego (o 0,87%). W pozostałych oznaczanych kwasach tłuszczowych różnice między latami badań nie przekraczały 0,3%.

Najwięcej nasyconych kwasów tłuszczowych oraz najmniej nienasyconych (w tym najmniej kwasów osiemnastowęglowych) zawierał olej z nasion odmiany Star (tab. 2). Z kolei olej z nasion odmiany Margo zawierał najmniej kwasów nasyconych, a najwięcej nienasyconych, w tym najmniej NNKT (linolowy + linolenowy) i najwięcej kwasów osiemnastowęglowych. Najwięcej niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych zawierał olej z nasion odmiany Sponsor.

Nawożenie azotem do dawki 120 kg N·ha⁻¹ wpłynęło istotnie na wzrost zawartości nasyconych kwasów tłuszczowych w oleju oraz obniżenie zawartości kwasów nienasyconych (w tym kwasów osiemnastowęglowych). Zwiększenie dawki azotu do 150 kg·ha⁻¹ powodowało istotny wzrost zawartości NNKT w oleju.

Tabela 1

Zawartość kwasów tłuszczowych w oleju z nasion rzepaku jarego (średnie dla czynników z lat 2001–2003)

Content of fatty acids in spring rape oil (means for factors 2001–2003)

C_{10:0} kaprynowy — capric, C_{12:0} laurynowy — lauric, C_{14:0} mirystynowy — myristic, C_{15:0} pentadekanowy — pentadecanoic, C_{16:0} palmitynowy — palmitic, C_{16:1} [n7] palmitoleaidynowy — palmitoleaidic, C_{16:1} [n9] palmitoleinowy — palmitoleic, C_{17:0} heptadekanowy (margarynowy) — heptadecanoic, C_{18:0} stearynowy — stearic, C_{18:1} [n7] wakkenowy — vaccenic, C_{18:1} [n9] oleinowy — oleic, C_{18:2} [n6] linolowy — linoleic, C_{18:3} [n3] linolenowy — linolenic, C_{20:0} arachinowy — arachic, C_{20:1} [n9] elkozenowy — eicosenic, C_{22:0} behenowy — behenic, C_{22:1} [n9] erukowy — erucic

Czynnik Factor	Zawartość kwasów tłuszczowych — Content of fatty acids [%]																
	C _{10:0}	C _{12:0}	C _{14:0}	C _{15:0}	C _{16:0}	C _{16:1} [n7]	C _{16:1} [n9]	C _{17:0}	C _{18:0}	C _{18:1} [n7]	C _{18:1} [n9]	C _{18:2} [n6]	C _{18:3} [n3]	C _{20:0}	C _{20:1} [n9]	C _{22:0}	C _{22:1} [n9]
Odmiana — Cultivar																	
Bolero	0,03	0,03	0,09	0,02	5,33	0,20	0,032	0,06	1,75	3,04	59,33	19,60	8,57	0,46	1,15	0,26	0,04
Licosmos	0,02	0,04	0,10	0,03	5,03	0,22	0,034	0,06	1,83	3,05	59,78	19,04	8,73	0,33	1,28	0,30	0,13
Margo	0,02	0,04	0,07	0,02	4,41	0,20	0,034	0,04	1,81	2,48	62,92	17,82	8,08	0,34	1,27	0,31	0,14
Sponsor	0,02	0,02	0,09	0,02	4,75	0,21	0,028	0,08	2,04	2,72	59,52	19,22	9,23	0,40	1,25	0,31	0,08
Star	0,03	0,03	0,08	0,02	5,88	0,18	0,030	0,05	1,90	3,37	58,35	19,53	8,34	0,37	1,32	0,30	0,20
NIR — <i>LSD</i> _{α=0,05}	0,005	0,01	0,01	0,004	0,14	0,01	r. n.	0,01	0,05	0,16	0,26	0,22	0,15	0,03	0,03	0,01	0,01
Nawożenie — Fertilisation [N kg·ha⁻¹]																	
60	0,02	0,02	0,08	0,02	4,90	0,21	0,034	0,06	1,80	3,25	60,54	18,66	8,36	0,37	1,25	0,28	0,14
90	0,02	0,03	0,08	0,02	5,04	0,20	0,031	0,06	1,85	3,00	60,22	18,91	8,52	0,36	1,25	0,29	0,12
120	0,02	0,03	0,08	0,02	5,17	0,20	0,032	0,06	1,88	2,81	59,83	19,14	8,64	0,38	1,27	0,30	0,11
150	0,03	0,04	0,10	0,03	5,21	0,19	0,029	0,07	1,93	2,68	59,33	19,46	8,84	0,40	1,25	0,31	0,10
NIR — <i>LSD</i> _{α=0,05}	0,004	0,01	0,01	0,004	0,13	0,01	r. n.	0,01	0,04	0,14	0,23	0,20	0,13	0,03	r. n.	0,01	0,01
Lata — Years																	
2001	0,02	0,03	0,09	0,02	5,61	0,23	0,034	0,05	1,98	2,86	59,21	19,68	8,20	0,34	1,22	0,31	0,10
2002	0,02	0,05	0,09	0,02	4,74	0,20	0,033	0,07	1,86	2,99	61,03	18,58	8,31	0,37	1,24	0,30	0,09
2003	0,03	0,02	0,08	0,02	4,90	0,18	0,028	0,05	1,76	2,94	59,71	18,87	9,26	0,42	1,30	0,28	0,15
NIR — <i>LSD</i> _{α=0,05}	0,004	0,01	0,01	r. n.	0,11	0,01	0,004	0,01	0,04	r. n.	0,20	0,17	0,11	0,02	0,02	0,01	0,01

r. n. — różnica nieistotna — no significant difference

Tabela 2

Sumy kwasów tłuszczowych w oleju z nasion rzepaku jarego (średnie dla czynników z lat 2001–2003)
Total fatty acids of spring rape oil (means for factors 2001–2003)

Czynnik <i>Factor</i>	Suma kwasów tłuszczowych — <i>Total fatty acids (%)</i>						Stosunek nienasyconych/ nasyconych <i>Ratio unsaturated/ saturated</i>	Stosunek <i>Ratio</i> C _{18:2} /C _{18:3}
	nasyconych — <i>saturated</i>			nienasyconych — <i>unsaturated</i>				
	ogółem <i>total</i>	C _{16:0} + C _{18:0}	ogółem <i>total</i>	wielonienasyconych NNKT <i>poly-unsaturated PUFA</i>	jedno- nienasyconych <i>mono- unsaturated</i>	18-C		
Odmiana — <i>Cultivar</i>								
Bolero	8,03	7,08	91,97	28,17	63,80	92,26	11,53	2,29 : 1
Licosmos	7,74	6,87	92,26	27,77	64,49	87,55	12,06	2,19 : 1
Margo	7,06	6,22	92,94	25,91	67,03	88,82	13,20	2,21 : 1
Sponsor	7,75	6,80	92,25	28,45	63,80	87,97	11,92	2,10 : 1
Star	8,66	7,79	91,34	27,88	63,46	86,23	10,80	2,35 : 1
NIR — <i>LSD</i> _{$\alpha=0,05$}	0,18	0,17	0,18	0,28	0,25	0,26	0,28	0,04
Nawożenie — <i>Fertilisation</i> [N kg·ha⁻¹]								
60	7,55	6,71	92,45	27,02	65,43	87,57	12,38	2,24 : 1
90	7,76	6,90	92,24	27,42	64,82	87,65	12,09	2,23 : 1
120	7,97	7,06	92,03	27,78	64,25	87,61	11,70	2,23 : 1
150	8,12	7,14	91,88	28,31	63,57	87,63	11,44	2,21 : 1
NIR — <i>LSD</i> _{$\alpha=0,05$}	0,17	0,15	0,16	0,25	0,22	r. n.	0,25	r. n.
Lata — <i>Years</i>								
2001	8,45	7,60	91,55	27,89	63,66	87,09	11,10	2,40 : 1
2002	7,53	6,59	92,47	26,89	65,58	87,92	12,36	2,24 : 1
2003	7,57	6,66	92,43	28,12	64,31	87,83	12,25	2,04 : 1
NIR — <i>LSD</i> _{$\alpha=0,05$}	0,14	0,13	0,14	0,21	0,19	0,20	0,22	0,03

Zawartość kwasów nasyconych była najwyższa, a nienasyconych najniższa w 2001 roku. Najmniej kwasów nasyconych i NNKT oraz najwięcej nienasyconych zawierał olej rzepakowy w 2002 roku. Największą zawartość niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych zanotowano w 2003 roku.

Stosunek kwasu linolowego do linolenowego wahał się w przedziale od 2,10 : 1 do 2,35 : 1 i był najkorzystniejszy u odmiany Star. Natomiast w latach badań stosunek kwasu linolowego do linolenowego był zróżnicowany i najkorzystniejszy w 2001 roku, a najmniej korzystny w 2003 roku.

Dyskusja

Wykorzystanie oleju rzepakowego w żywieniu oraz diecie człowieka w znacznej mierze zależy od profilu kwasów tłuszczowych o różnym stopniu nasycenia (Rakowska 1987) i o korzystnej dla organizmu ludzkiego aktywności biologicznej (Ackman 1990, Ziemiański i Budzyńska-Topolowska 1991). Według aktualnie publikowanych danych, olej rzepakowy z nasion odmian podwójnie ulepszonych jest zaliczany do najcenniejszych tłuszczów jadalnych, o czym decydują przede wszystkim korzystne proporcje kwasów nienasyconych do nasyconych (Shahidi 1990, Jerzewska i Ptasznik 2000).

W badaniach własnych zawartość poszczególnych kwasów tłuszczowych w oleju rzepakowym zależała głównie od czynnika odmianowego, a w mniejszym stopniu od poziomu nawożenia azotem i przebiegu pogody. Kotecki i in. (2001) wykazali, że udział kwasów tłuszczowych kształtował przede wszystkim przebieg pogody i odmiana, a tylko w niewielkim stopniu nawożenie azotem. Istotny wpływ warunków pogodowych na zawartość kwasów nasyconych i nienasyconych potwierdzają również badania Adomas (2003).

Z powodu stosunkowo dużego udziału NNKT olej rzepakowy z nasion odmian podwójnie uszlachetnionych jest zaliczany do najcenniejszych w grupie tłuszczów jadalnych (Ackman 1990, Diepenbrock i Wilson 1987, Krzymański 1993, Zadernowski i in. 1994). Kotecki i in. (2001) wykazali, że najwięcej niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych zawierała odmiana Star, a najmniej Margo. Zwiększanie udziału NNKT w olejach, aczkolwiek korzystne żywieniowo, obniża jednak ich trwałość, gdyż wielonienasycone kwasy tłuszczowe ulegają szybszemu utlenianiu (Drozdowski 1994).

W badaniach własnych, wśród kwasów tłuszczowych o mniejszym udziale, wykazano w oleju obecność kwasu margarynowego (heptadekanowego) C_{17:0}, który nie jest syntetyzowany w organizmach zwierzęcych. Obecność tego kwasu zanotowała również Rotkiewicz i in. (2001) w lipidach nasion rzepaku jarego traktowanego herbicydami. Kwas C_{17:0} można uznać za metabolit wtórny, powstający na drodze α -utleniania kwasów tłuszczowych. Kwas ten jest wymieniany

w składzie typowych kwasów tłuszczowych występujących w oleju rzepakowym niskoerukowym (Magnusson i in. 1993).

W badaniach własnych stosunek kwasów nienasyconych do nasyconych był najwyższy u odmiany Margo, a najniższy u Star. Murawa i in. (2000) wykazali zbliżony do wartości optymalnej stosunek kwasu linolowego do linolenowego u odmiany Star, natomiast w badaniach własnych odbiega on od optymalnego, gdyż według badań żywieniowych Ziemiański (2005) powinien on mieścić się w granicach od 3 : 1 do 6 : 1.

Wnioski

1. Zawartość poszczególnych kwasów oraz sumy kwasów nasyconych i nienasyconych (w tym niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych: linolowego i linolenowego; kwasów 18-węglowych: wakkenowego, oleinowego, linolowego, linolenowego) była cechą odmianową modyfikowaną przez nawożenie azotem i układ warunków klimatycznych.
2. Najwięcej nienasyconych kwasów tłuszczowych 18-węglowych, przy jednocześnie najszerszym stosunku kwasów nienasyconych do nasyconych, zawierała odmiana Margo, natomiast stosunek kwasu linolowego do linolenowego był najkorzystniejszy u odmiany Sponsor, która zawierała najwięcej kwasu erukowego.
3. W porównaniu z kontrolą (60 kg N·ha⁻¹), nawożenie dawką 120 kg N·ha⁻¹ spowodowało wzrost zawartości kwasu palmitynowego, stearynowego, linolowego i linolenowego, a obniżenie oleinowego.

Literatura

- Ackman R.G. 1990. Canola fatty acids – an ideal mixture for health, nutritional food use. Chapter 6 in Canola and Rapeseed. Production, Chemistry, Nutrition and Processing Technology. Ed. F. Shahidi, Van Nostrand Reinhold, New York: 81-98.
- Adomas B. 2003. Plon i jakość nasion rzepaku jarego (*Brassica napus* var. *oleifera* f. *annua*), łubinu żółtego (*Lupinus luteus* L.) oraz łubinu wąskolistnego (*Lupinus angustifolius* L.) w zależności od stosowanych środków ochrony roślin. Rozprawy i monografie, UWM w Olsztynie, z. 75.
- Appelqvist L.A. 1970: Lipids in cruciferae. IV. The fatty acid composition of seeds of some cultivated *Brassica* species and of *Sinapis alba*. Fette, Seifen, Anstrichmit., 72, 9: 783-792.
- Bobrzecka D., Krauze A., Przeździecki Z., Żórawski A. 1973. Wpływ nawożenia mineralnego na skład kwasów tłuszczowych w oleju rzepaku jarego i ozimego. Roczn. Nauk Rol., s. A, 99, 4: 71-84.

- Craig B.M., Murty N.L. 1959. Quantitative fatty acid analysis of vegetable oils by gas-liquid chromatography. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 39: 549.
- Craig B.M., Wetter L.R. 1959. Varietal and environmental effects on rape seed. II. Fatty acid composition of the oil. *Can. J. Plant. Sc.*, 39, 4: 437-442.
- Delhaye R., Guyot A. 1969. Etude par chromatographie gazeuse des huiles extraites de graines de quelques varietes de colza d'hiver recoltees au Centre de Recherches Agronomiques de Gembloux. *Bull. Inst. Agron. Gembloux*, 4, 1: 44-65.
- Dembiński F., Jaruszewska H., Krzywińska F., Krasnodębski P. 1967a. Wpływ różnej wilgotności gleby i nawożenia azotowego na skład kwasów tłuszczowych oleju z nasion rzepaku jarego. *Pam. Puł.*, 25: 241-249.
- Dembiński F., Krasnodębski P., Orłowska T. 1967b. Skład kwasów tłuszczowych oleju rzepakowego w zależności od odmiany, środowiska oraz pory siewu i sprzętu. *Pam. Puł.*, 25: 5-23.
- Diepenbrock W., Wilson R.F. 1987. Genetic regulation of linolenic acids concentration in rapeseed. *Crop. Sci.*, 27: 75-77.
- Drozdowski B. 1994. Charakterystyka ogólna tłuszczów jadalnych. W: *Chemiczne i funkcjonalne właściwości składników żywności*. Red. Z.E. Sikorski, WNT, Warszawa, 8: 234-244.
- Heimann S. 1998. Rzepak ozimy, rzepak jary. Synteza wyników doświadczeń odmianowych COBORU. Słupia Wielka, 1140.
- Jakubowski A., Pędziński W. 1967. Skład wolnych kwasów tłuszczowych w surowych olejach rzepakowych. *Tuszcze Jadalne*, 11, 6: 248-257.
- Jerzewska M., Ptasznik S. 2000. Ocena występujących na rynku krajowym olejów rzepakowych pod względem zmienności kwasów tłuszczowych. *Rośliny Oleiste – Oilseed Crops*, XXI (2): 557-568.
- Kotecki A., Kozak M., Malarz W., Aniołowski K. 2001. Wpływ nawożenia azotem na skład chemiczny nasion pięciu odmian rzepaku jarego, *Rośliny Oleiste – Oilseed Crops*, XXII (1): 81-89.
- Krygier K. 1997. Współczesne roślinne tłuszcze jadalne. *Tuszcze spożywcze*, 4: 11-13.
- Krzymański J. 1970. Genetyczne możliwości ulepszenia składu chemicznego nasion rzepaku ozimego. *Hod. Rośl. Aklim.*, 14, 2: 95-133.
- Krzymański J. 1993. Możliwości pełniejszego wykorzystania wartości rzepaku podwójnie ulepszanego. *Post. Nauk Roln.*, 6: 161-166.
- Krzymański J., Downey R.K., 1969. Inheritance of fatty acid composition in winter forms of rapeseed *Brassica napus*. *Can. J. Plant. Sc.*, 49, 3: 313-319.
- Krzymański J., Wałkowski T. 1998. Hodowla nowych odmian rzepaku ozimego o podwójnie ulepszonej jakości. *Przemysł Spożywczy*, 2: 5-7.
- Magnusson G., Gustaffson G., Leissner R. 1993. *Vegetable oils and fats. Produced by Karlshamns. Halls Offset, Växjö, Sweden second edition.*
- Murawa D., Adomas B., Bowszys T. 1996. Jakość nasion podwójnie ulepszonych odmian rzepaku jarego w zależności od stosowanych herbicydów. *Rośliny Oleiste – Oilseed Crops*, XVII (2): 367-377.
- Murawa D., Adomas B., Rotkiewicz D. 1997. Olej i białko nasion rzepaku jarego ze zbioru 1996 roku w zależności od stosowanych herbicydów. *Rośliny Oleiste – Oilseed Crops*, XVIII (2): 407-413.
- Murawa D., Warmiński K., Pykało I. 2000. Skład kwasów tłuszczowych oleju z nasion rzepaku jarego w zależności od stosowanych herbicydów. *Rośliny Oleiste – Oilseed Crops*, XXI (2): 819-825.
- Muśnicki Cz., Bartkowiak-Broda I., Mrówczyński M. 2005. *Technologia produkcji rzepaku*. Wydawnictwo Wieś Jutra, Warszawa.

- Rakowska M. 1987. Współczesne poglądy na pożądaną skład kwasów tłuszczowych dla całodziennych racji pokarmowych człowieka, zapobiegający nasilaniu się chorób naczyniowych. Zesz. Probl. IHAR, 406-414.
- Rotkiewicz D., Murawa D., Konopka I., Warmiński K. 2001. Wartość technologiczna nasion rzepaku jarego traktowanego różnymi kombinacjami środków ochrony roślin. *Rośliny Oleiste – Oilseed Crops*, XXII (1): 291-302.
- Shahidi F. 1990. Rapeseed and Canola: global production and distribution. In: *Canola and rapeseed production, chemistry, nutrition and processing technology*. Ed. F. Shahidi, Van Nostrand Reinhold, New York, 3-13.
- Zadernowski R., Nowak-Polakowska H., Lossow B. 1994. Charakterystyka bioolejów roślinnych. Skład kwasów tłuszczowych a stabilność tłuszczu nasion wybranych gatunków roślin. *Acta Acad. Agricult. Tech. Olst. Technologia Alimentarum*, 26: 87-106.
- Ziemiański Ś. 1998. Wartość biologiczno-żywniowa oleju rzepakowego bezerukowego. *Przemysł Spożywczy*, 2: 8.
- Ziemiański Ś. 2001. Zapotrzebowanie człowieka na tłuszcze. W: *Normy żywienia człowieka. Fizjologiczne podstawy*. PZWL, Warszawa, 78-114.
- Ziemiański Ś. 2005. Tłuszcze. W: *Żywność człowieka. Podstawy nauk o żywieniu*. Praca zbior. pod red. J. Gawęckiego i L. Hryniewieckiego, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 152-176.
- Ziemiański Ś., Budzyńska-Topolowska J. 1991. *Tłuszcze pożywienia i lipidy ustrojowe*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.