

SYLWIA MARSZAŁKIEWICZ¹, ALEKSANDER SIGER², ELŻBIETA RADZIEJEWSKA-KUBZDELA¹, KATARZYNA RATUSZ³, MAGDALENA RUDZIŃSKA¹

¹Instytut Technologii Żywności Pochodzenia Roślinnego
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

²Katedra Biochemii i Analizy Żywności
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

³Katedra Technologii Żywności
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

FIZYCZNO-CHEMICZNE WŁAŚCIWOŚCI OLEJÓW LNIANKOWYCH TŁOCZONYCH NA ZIMNO

THE PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES
OF COLD-PRESSED CAMELINA SEED OILS

Abstrakt

Wstęp. Jakość olejów roślinnych tłoczonych na zimno zależy od gatunku, odmiany i jakości surowca. Celem niniejszej pracy było zbadanie wpływu odmiany i metody uprawy na właściwości fizyczno-chemiczne olejów lniankowych tłoczonych na zimno.

Material i metody. Analizie poddano oleje lniankowe tłoczone z różnych form lnianki. Surowiec użyty do produkcji pochodził z Polski oraz z Rosji. Oleje były wycieczone przez jednego producenta z nasion różniących się terminem zbioru. W badanych olejach oznaczono liczbę kwasową i liczbę nadtlenkową metodą miareczkową, profil kwasów tłuszczowych metodą GC-FID, stabilność oksydacyjną z użyciem aparatu Rancimat, zawartość fitosteroli metodą GC-FID, zawartość tokoferoli i karotenoidów metodą HPLC.

Wyniki. Wartości liczby kwasowej badanych olejów mieściły się w granicach od 0,67 do 6,87 mg KOH w 1 g, a liczby nadtlenkowej – w przedziale od 1,93 do 5,12 meq O₂ w 1 kg. Czasy indukcji były zróżnicowane i wynosiły od 4,79 do 7,51 h. Badane oleje charakteryzowały się bardzo dużą zawartością kwasu linolenowego (ALA) – na poziomie 35,05–40,36%. Całkowita zawartość tokoferoli we wszystkich badanych olejach była na zbliżonym poziomie i wynosiła od 66,51 do 78,89 mg w 100 g. Zawartość karotenoidów była bardzo zróżnicowana i wynosiła od 8,11 do 54,07 mg/kg.

Wnioski. Forma nasion lnianki wykorzystanych do tłoczenia nie miała istotnego wpływu na właściwości fizyczno-chemiczne uzyskanych olejów. Badane oleje charakteryzowały się dużą zawartością NNKT, w tym kwasu linolenowego. Dominującym sterolem był β -sitosterol, a tokoferolem – γ -tokoferol. Oleje charakteryzowała mała stabilność oksydacyjna.

Słowa kluczowe: fitosterole, karotenoidy, kwasy tłuszczowe, olej lniankowy, oleje roślinne tłoczone na zimno, tokoferole

Wstęp

Oleje tłoczone na zimno cieszą się wśród konsumentów coraz większą popularnością. Jest wśród nich olej rydzowy, do którego produkcji są wykorzystywane nasiona lnicznika siewnego (*Camelina sativa*) – rośliny z rodziny kapustowatych, znanej także jako lnianka siewna, rydz, rydzik, ryzyk lub lennica (Sazońska, 2010). W niektórych regionach Polski funkcjonuje wyłącznie nazwa „rydz” – pochodząca od wyjątkowego rdzawego koloru nasion, przypominającego barwę pospolitego grzyba – rydza (*Lactarius deliciosus*), występującego na terenie całej Polski. Jest to najstarsza z uprawianych w Polsce roślin oleistych, blisko spokrewniona z rzepakiem (Ratusz i in., 2016).

Wyróżnia się dwie formy lnianki – ozimą i jarą. Nasiona lnianki ozimej charakteryzują się ciemniejszą barwą niż nasiona lnianki jarej i bardziej intensywnym smakiem. Forma jara lnianki dojrzewa w końcu lipca lub na początku sierpnia, a forma ozima – na początku lipca (Mosio-Mosiewski i in., 2015).

Wśród nasion dostępnych na rynku przeznaczonych do tłoczenia oleju wykorzystuje się nasiona pochodzące z produkcji konwencjonalnej i z upraw ekologicznych, w których nie stosuje się środków ochrony roślin. Z uwagi na brak nawozów stosowanych w produkcji nasiona ekologiczne są mniejsze od konwencjonalnych (Sazońska, 2010).

Celem podjętych badań było zbadanie właściwości fizyczno-chemicznych olejów lniankowych tłoczonych na zimno, nierafinowanych, świeżych, wytłoczonych przez jednego producenta z różnych form lnianki.

Materiał i metody

Materiał do badań stanowiły:

- dwa oleje lniankowe wyprodukowane z nasion pochodzących z upraw konwencjonalnych zebranych w 2015 roku (oleje nr 1 i nr 4), przechowywanych w warunkach zakładowych przez 1 rok,
- dwa oleje lniankowe wyprodukowane z nasion pochodzących z upraw konwencjonalnych zebranych w 2016 roku (oleje nr 2 i nr 3), wykorzystanych do produkcji oleju bezpośrednio po zbiorze,
- jeden olej lniankowy wyprodukowany z nasion pochodzących z uprawy ekologicznej zebranych w 2016 roku (olej nr 5),
- jeden olej lniankowy zakupiony w sieci detalicznej (olej nr 6).

Charakterystykę nasion lnianki wykorzystanych do produkcji olejów przedstawiono w tabeli 1.

Pięć rodzajów nasion lnianki opisanych w tabeli 1 (oleje nr 1–5) poddano procesowi **tłoczenia na zimno** w tych samych warunkach przemysłowych. Tłoczenie olejów odbywało się w prasie ślimakowej, gdzie temperatura nie przekraczała 38°C. Po wytłoczeniu

Tabela 1. Charakterystyka nasion lnianki wykorzystanych do produkcji olejów tłoczonych na zimno

Nr oleju	Rok pochodzenia nasion	Wilgotność nasion (%)	Uzysk oleju (%)	Kraj pochodzenia nasion	Forma lnianki
1	2015	8,3 ±0,1 ^d	23,44 ±2,11 ^b	Polska (Lubelskie)	Ozima
2	2016	5,8 ±0,1 ^b	19,35 ±1,10 ^a	Polska (Wielkopolska)	Ozima
3	2016	8,8 ±0,2 ^d	26,16 ±2,03 ^c	Polska (Wielkopolska)	Ozima
4	2015	6,6 ±0,2 ^c	27,73 ±2,41 ^c	Rosja	Jara
5	2016	4,3 ±0,1 ^a	27,00 ±2,24 ^c	Polska (Wielkopolska)	Jara
6	2011			Polska (Wielkopolska)	Jara (odmiana 'Borowska')

Wartości oznaczone tą samą literą w kolumnie nie różnią się statystycznie istotnie przy $p < 0,05$.

określono uzysk oleju (tab. 1). Olej po tłoczeniu oczyszczano w procesie sedymentacji. Klarowny olej rozlewano do butelek o pojemności 250 ml z ciemnego szkła i zabezpieczano zakrętką. Do czasu analizy wyprodukowane oleje były przechowywane w temperaturze 20°C przez 5–6 dni. Producent na opakowaniu zadeklarował termin przydatności do spożycia 6 miesięcy. Olej nr 6 zakupiony w sieci detalicznej miał termin przydatności do spożycia na kolejne 6 miesięcy.

Wszystkie wytłoczone oleje (nr 1–5) miały charakterystyczny smak z wyczuwalną nutą cebuli i gorczycy, jak również przyjemny aromat o umiarkowanym nasileniu, bez domieszki jakiegokolwiek obcego zapachu. W oleju nr 6 wyczuwało się zapach zleżałych nasion, a jego smak był gorzki.

Zawartość wody w nasionach oznaczono aparatem Asonik wyposażonym w miernik Super CHTM2 i wagę elektroniczną.

W badanym materiale oznaczono **liczbę nadtlenkową** (PN-EN ISO 3960:2005, 2005) oraz **liczbę kwasową** (PN-ISO 660:2005, 2005).

Skład kwasów tłuszczowych oznaczono według metodyki AOCS (2007). Estrы metylowe kwasów tłuszczowych rozdzielano na chromatografii gazowej HP 5980 Series II (Hewlett Packard, Palo Alto, USA) wyposażonym w kolumnę kapilarną Innoswax (30 m × 0,20 mm × 0,20 μm) oraz detektor płomieniowo-jonizacyjny (FID). Warunki analizy były następujące: temperatura kolumny – programowana w zakresie 140–210°C, temperatura dozownika – 210°C, temperatura detektora – 250°C, gaz nośny – wodór. Kwasy tłuszczowe identyfikowano na podstawie czasów retencji standardów. Wyniki wyrażono w procentach masy, obliczenia wykonano z wykorzystaniem programu ChemStation (Agilent Technologies).

Zawartość tokoferoli oznaczono zgodnie z normami PN-EN 12822:2002 (2002) i PN-EN ISO 9936:2006 (2006), za pomocą chromatografu HPLC (Waters, Milford, MA) wyposażonego w pompę (Waters 600), detektor fluorymetryczny (Waters 474), fotodiody (Waters 2998 PDA), automatyczny podajnik próbek (Waters 2707), piec (Waters Jetstream 2 Plus) i kolumnę LiChrosorb Si 60 (250 mm × 4,6 mm × 5 μm) firmy Merck (Darmstadt, Niemcy). Fazą ruchomą była mieszanina n-heksanu z 1,4-

-dioksanem (96 : 4, v/v) przy przepływie 1,0 ml/min. Tokoferole oznaczano przy długości fali wzbudzenia $\lambda = 295$ nm i emisji $\lambda = 330$ nm. Wyniki wyrażono w miligramach na 100 g.

Zawartość fitosteroli oznaczono według metodyki AOCS (1997). Po zmydleniu próbki frakcję niezmydlającą się ekstrahowano mieszaniną rozpuszczalników heksan : MTBE (eter metylo-tert-butylowy) 1 : 1 (v/v). Po odparowaniu rozpuszczalnika w strumieniu azotu pozostałość siliowano i analizowano chromatograficznie na aparacie firmy Agilent Technologies 6890 wyposażonym w kolumnę kapilarną DB-35MS (25 m \times 0,20 mm \times 0,33 μ m) oraz detektor płomieniowo-jonizacyjny FID. Rozdział steroli prowadzono w programowanej temperaturze pieca od 100°C utrzymywanych przez 5 min, następnie podwyższano temperaturę do 250°C z prędkością 25°C/min i do 290°C z prędkością 3°C/min. Temperaturę końcową utrzymywano przez 20 min. Detektor i komora nastroikowa pracowały w temperaturze 300°C. Jako standard wewnętrzny stosowano 5 α -cholestan, a identyfikację steroli wykonano na podstawie porównania czasów retencji ze standardami. Wyniki wyrażono w miligramach na 1 g.

Oznaczanie **zawartości karotenoidów** wykonywano według metodyki, którą opisał Rodriguez-Amaya i Kimura (2004). Próbkę oleju rozpuszczono w acetonie i przemysłowano eterem naftowym, następnie zmydlno 10-procentowym KOH w metanolu. Analizę ilościową i jakościową wykonano na aparacie firmy Agilent Technologies 1200 Rapid Resolution (Waldbronn, Niemcy) wyposażonym w detektor Agilent 1260 Infinity DAD VL+ (Waldbronn, Niemcy). Rozdział prowadzono na kolumnie Poroshell 120 SB-C18 (150 mm \times 4,6 mm \times 5 μ m) (Agilent Technology Inc., Palo Alto, USA) pracującej w temperaturze 25°C przy przepływie 0,5 ml/min. Fazę ruchomą stanowiła mieszanina acetonitril : metanol : octan etylu w układzie od 95 : 5 : 0 do 60 : 20 : 20 trwającym 40 min, utrzymywany przez następne 50 min analizy. Karotenoidy oznaczano przy długości fali 454 nm. Jako standard wewnętrzny zastosowano β -karoten (Sigma Aldrich Chemie GmbH, Steinheim, Niemcy).

Stabilność oksydacyjna została określona z użyciem aparatu Rancimat 743 Metrohm, zgodnie z normą PN-EN ISO 6886:2009 (2009). Wszystkie próbki badano w temperaturze 100°C przy stałym przepływie powietrza 20 l/h i naważce próbki 2,5 g. Czasy indukcji były mierzone z dokładnością do 0,005 h.

Przedstawione w tabelach wyniki stanowią średnią z trzech oznaczeń \pm odchylenie standardowe. **Analizę statystyczną** wyników wykonano za pomocą programu Statistica 10.0, stosując jednoczynnikową analizę wariancji przy $p < 0,05$.

Wyniki i dyskusja

Wilgotność nasion użytych do produkcji kształtowała się w granicach 4,3–8,8% i nie wpłynęła ona na uzysk oleju w procesie tłoczenia. Z publikacji Ratusz i in. (2016) wynika, że zaolejenie nasion lnianki kształtuje się na poziomie 35–45%, a forma ozima jest bardziej zaolejona niż jara. Otrzymane wyniki wskazują, że w czasie procesu tłoczenia oleju z nasion lnianki uzysk oleju wynosił 19,35–27,73%. Najmniejszym uzyskiem charakteryzowały się nasiona jednej formy ozimej (19,35%), a największym – nasiona lnianki jarej (27,73%).

W świeżo otrzymanych olejach oznaczono liczbę kwasową (LK) i liczbę nadtlenkową, a uzyskane wyniki przedstawiono w tabeli 2. Liczba kwasowa określa, ile wolnych kwasów tłuszczowych znajduje się w oleju. Oleje tłoczone na zimno nierafinowane charakteryzują się większą liczbą kwasową niż oleje rafinowane. Wartości liczby kwasowej badanych olejów mieściły się w granicach od 0,67 do 6,87 mg KOH w 1 g i większość z nich spełniała wymagania „Codex Alimentarius...” (2005) dla olejów tłoczonych na zimno ($LK < 4$). Dwa oleje: nr 3 i nr 6 charakteryzowały się zwiększoną zawartością wolnych kwasów tłuszczowych ($LK > 4$). Tak duża LK dyskwalifikowała te oleje jako produkty spożywcze, jednocześnie na jej podstawie można było stwierdzić, że nasiona użyte do produkcji były złej jakości. Uzyskane wyniki badań liczby kwasowej były zbliżone do wartości oznaczonych przez Masłowski i in. (2013).

Tabela 2. Liczba kwasowa, liczba nadtlenkowa i stabilność oksydacyjna badanych olejów lniankowych tłoczonych na zimno

Nr oleju	Liczba kwasowa (mg KOH w 1 g)	Liczba nadtlenkowa (meq O ₂ w 1 kg)	Czas indukcji (h)
1	2,64 ±0,12 ^c	2,58 ±0,14 ^b	5,11 ±0,15 ^b
2	1,49 ±0,12 ^b	3,96 ±0,15 ^c	5,34 ±0,25 ^b
3	6,87 ±0,14 ^d	2,71 ±0,12 ^b	4,79 ±0,26 ^a
4	0,67 ±0,01 ^a	1,93 ±0,02 ^a	5,38 ±0,17 ^b
5	1,34 ±0,01 ^b	2,31 ±0,12 ^b	5,39 ±0,26 ^b
6	6,61 ±0,15 ^d	5,12 ±0,15 ^d	7,51 ±0,29 ^c

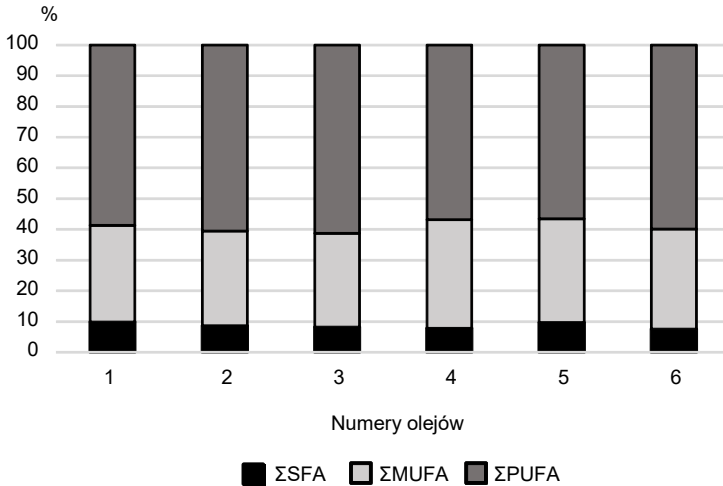
Wartości oznaczone tą samą literą w kolumnie nie różnią się statystycznie istotnie przy $p < 0,05$.

Liczba nadtlenkowa jest traktowana jako wskaźnik stopnia utlenienia tłuszczu. „Codex Alimentarius...” (2005) dla olejów tłoczonych na zimno określa maksymalną wartość liczby nadtlenkowej na < 15 meq O₂ w 1 kg. Liczba nadtlenkowa badanych olejów zawierała się w granicach od 1,93 do 5,15 meq O₂ w 1 kg, co świadczyło o świeżości olejów. Oznaczone liczby nadtlenkowe badanych olejów lniankowych były mniejsze niż oznaczono przez Masłowski i in. (2013).

Po wykonaniu wstępnych badań olejów oznaczono ich stabilność oksydacyjną w aparacie Rancimat. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że czasy indukcji oleju lniankowego zawierały się w przedziale od 4,79 do 7,51 h. Abramovič i Abram (2005) podają, że średni czas indukcji oleju lniankowego w temperaturze 110°C wynosi 4,8 h. Podobne wyniki badań publikują Ratusz i in. (2016). Najdłuższy czas indukcji – 7,51 h – miał olej z zakupu. Jego stabilność była większa od pozostałych o ponad 2 h. Oleje, których początkowe wartości liczby nadtlenkowej były mniejsze, miały większą podatność na utlenianie i czasy indukcji krótsze niż olej z dużą liczbą nadtlenkową.

Badane oleje charakteryzowały się bardzo dużą zawartością kwasu linolenowego (ALA) – na poziomie 35,05–40,36%. Stwierdzono, że olej lniankowy jest również bo-

gaty w kwas linolowy – 15,44–18,96%, w kwas oleinowy – 13,13–17,62% i w kwas ikozenowy – 13,80–15,57%. Zawartość kwasów polienowych (PUFA) wynosiła od 56,43 do 61,08% (rys. 1). Skład kwasów tłuszczowych analizowanych olejów lniankowych był zbliżony do danych literaturowych (Mińkowski i in., 2010; Obiedzińska i Waszkiewicz-Robak, 2012; Ratusz i in., 2016; Wroniak i in., 2006).



Rys. 1. Procentowy udział grup kwasów tłuszczowych w badanych olejach lniankowych; ΣSFA – nasycone kwasy tłuszczowe, ΣMUFA – monoenurowe kwasy tłuszczowe, ΣPUFA – polienowe kwasy tłuszczowe

W tabeli 3 przedstawiono zawartość steroli w badanych olejach lniankowych. Suma oznaczonych steroli była na poziomie 3,17–5,02 mg/g oleju. We wszystkich badanych olejach głównym sterolem był β -sitosterol, który stanowił 50% frakcji sterolowej, i jego zawartości kształtowały się na poziomie 1,71–2,88 mg/g. Uzyskane wyniki są zgodne z danymi literaturowymi (Mińkowski i in., 2010).

Głównymi komponentami frakcji niezmydlającej olejów roślinnych, obok steroli, są tokoferole (Schwartz i in., 2008). Uzyskane wyniki analiz tokoferoli zamieszczono w tabeli 4 i różnią się one nieznacznie od danych przedstawionych przez Obiedzińską i Waszkiewicz-Robak (2012) oraz Mińkowskiego i in. (2011). Niezależnie od użytej formy lnianki i daty produkcji zawartość tokoferoli we wszystkich badanych olejach była na zbliżonym poziomie (66,51–78,89 mg w 100 g), a dominującym izomerem był γ -tokoferol (63,63–75,73 mg w 100 g). We wszystkich badanych olejach zidentyfikowano także obecność plastochromanolu-8 na poziomie od 1,28 mg w 100 g (olej nr 4) do 3,58 mg w 100 g (olej nr 1) (tab. 4).

Zawartość karotenoidów w badanych olejach była bardzo zróżnicowana: wynosiła od 8,11 do 54,07 mg/kg (tab. 5) i zdecydowanie odbiegała od wyników uzyskanych przez Mińkowskiego i in. (2010). Spośród badanych olejów lniankowych olej nr 6 charakteryzował się najlepszą stabilnością oksydacyjną, co było związane z dużą zawartością tokoferoli i fitosteroli w tym oleju. W oleju nr 3 stwierdzono dużą zawartość karotenoidów

Tabela 3. Zawartość steroli w badanych olejach lniankowych tłoczonych na zimno (mg/g)

Nr oleju	Cholesterol	Brassikasterol	Kampesterol	Stigmasterol	Sitosterol	Awenasterol	Ogółem
1	0,36 ±0,01 ^b	0,30 ±0,01 ^c	1,16 ±0,01 ^d	0,05 ±0,04 ^b	2,88 ±0,02 ^d	0,27 ±0,01 ^c	5,02 ±0,11 ^c
2	0,25 ±0,01 ^a	0,22 ±0,01 ^a	0,67 ±0,01 ^a	0,04 ±0,01 ^b	1,82 ±0,01 ^b	0,16 ±0,01 ^a	3,17 ±0,01 ^a
3	0,33 ±0,01 ^b	0,28 ±0,01 ^{bc}	0,88 ±0,01 ^c	0,05 ±0,01 ^b	2,44 ±0,01 ^c	0,20 ±0,01 ^b	4,19 ±0,01 ^b
4	0,34 ±0,02 ^b	0,25 ±0,01 ^b	1,06 ±0,01 ^d	0,01 ±0,04 ^a	2,40 ±0,02 ^c	0,21 ±0,01 ^b	4,28 ±0,09 ^b
5	0,27 ±0,01 ^a	0,20 ±0,01 ^a	0,79 ±0,01 ^b	0,02 ±0,01 ^a	1,71 ±0,01 ^a	0,20 ±0,01 ^b	3,20 ±0,04 ^a
6	0,35 ±0,01 ^b	0,27 ±0,01 ^{bc}	1,09 ±0,01 ^d	0,04 ±0,01 ^b	2,33 ±0,01 ^c	0,22 ±0,01 ^b	4,29 ±0,01 ^b

Wartości oznaczone tą samą literą w kolumnie nie różnią się statystycznie istotnie przy $p < 0,05$.

Tabela 4. Zawartość tokoferoli w badanych olejach lniankowych tłoczonych na zimno (mg w 100 g)

Nr oleju	α -Tokoferol	γ -Tokoferol	δ -Tokoferol	Tokoferole ogółem	Plastochromanol-8
1	3,40 ±0,15 ^c	70,41 ±0,26 ^b	1,29 ±0,03 ^c	75,09 ±0,39 ^c	3,58 ±0,17 ^c
2	2,35 ±0,05 ^{bc}	63,63 ±0,14 ^a	0,54 ±0,04 ^a	66,51 ±0,12 ^a	3,25 ±0,06 ^c
3	2,64 ±0,06 ^{bc}	64,98 ±0,21 ^a	0,80 ±0,04 ^b	68,42 ±0,17 ^{ab}	2,64 ±0,09 ^b
4	0,55 ±0,02 ^a	70,47 ±0,16 ^b	1,15 ±0,06 ^c	72,17 ±0,23 ^b	1,28 ±0,01 ^a
5	2,07 ±0,06 ^b	67,27 ±0,19 ^{ab}	0,84 ±0,05 ^b	70,18 ±0,19 ^b	2,45 ±0,07 ^b
6	1,87 ±0,20 ^b	75,73 ±0,20 ^c	1,29 ±0,03 ^c	78,89 ±0,38 ^d	2,29 ±0,09 ^b

Wartości oznaczone tą samą literą w kolumnie nie różnią się statystycznie istotnie przy $p < 0,05$.

Tabela 5. Zawartość karotenoidów w badanych olejach lniankowych tłoczonych na zimno (mg/kg)

Nr oleju	Luteina	β -Karoten	Ogółem
1	44,25 ±2,21 ^c	9,83 ±0,87 ^c	54,07 ±2,31 ^d
2	13,16 ±0,98 ^b	5,34 ±0,48 ^c	18,50 ±1,12 ^c
3	12,62 ±1,01 ^b	7,50 ±0,61 ^d	20,12 ±1,62 ^c
4	5,67 ±0,25 ^a	2,82 ±0,15 ^b	8,48 ±0,67 ^a
5	5,10 ±0,22 ^a	3,01 ±0,23 ^b	8,11 ±0,52 ^a
6	8,24 ±0,53 ^{ab}	1,73 ±0,09 ^a	9,97 ±0,62 ^b

Wartości oznaczone tą samą literą w kolumnie nie różnią się statystycznie istotnie przy $p < 0,05$.

i wolnych kwasów tłuszczowych, małą zawartość steroli i tokoferoli oraz stosunkowo duży udział kwasów wielonienasyconych, co wpłynęło na jego małą stabilność oksyda-

tywną. Obie formy jare (oleje nr 4 i nr 5) charakteryzowały się najmniejszą liczbą kwasową i nadtlenkową, najmniejszym udziałem wielonienasyconych kwasów tłuszczowych oraz najmniejszą zawartością karotenoidów. Stabilność oksydacyjna tych olejów była lepsza niż olejów uzyskanych z trzech form ozimych (oleje nr 1, 2 i 3).

Wnioski

1. Uzysk oleju w procesie tłoczenia na zimno z nasion lnianki nie zależał od ich wilgotności.

2. Najlepszą stabilnością oksydacyjną charakteryzował się olej nr 6 otrzymany z nasion odmiany jarej – ‘Borowska’, który zawierał dużo tokoferoli i fitosteroli.

3. Oleje lniankowe uzyskane z nasion form jarych różniły się istotnie od olejów uzyskanych z nasion form ozimych. Oleje lniankowe tłoczone na zimno z nasion form jarych charakteryzowały się mniejszą wartością liczby kwasowej i nadtlenkowej, mniejszym udziałem wielonienasyconych kwasów tłuszczowych, mniejszą zawartością karotenoidów i lepszą stabilnością oksydacyjną niż oleje z nasion form ozimych.

Literatura

- Abramovič, H., Abram, V. (2005). Physico-chemical properties, composition and oxidative stability of *Camelina sativa* oil. *Food Technol. Biotechnol.*, 43, 1, 63–70.
- AOCS. (1997). AOCS official method Ch 6-91. Determination of the composition of the sterol fraction of animal and vegetable oils and fats by TLC and capillary GLC. W: V. C. Mehlenbacher, E. M. Sallee, T. H. Hopper, W. E. Link, R. O. Walker (red.), Official methods and recommended practices of the AOCS. Champaign, IL: American Oil Chemists' Society.
- AOCS. (2007). AOCS official method Ce 1k-07. Direct methylation of lipids for the determination of total fat, saturated, cis-monounsaturated, cis-polyunsaturated, and trans fatty acids by chromatography. W: V. C. Mehlenbacher, E. M. Sallee, T. H. Hopper, W. E. Link, R. O. Walker (red.), Official methods and recommended practices of the AOCS. Champaign, IL: American Oil Chemists' Society.
- Codex Alimentarius. International food standards. (2005). Standard for named vegetable oils. Codex stan 210-1999. Rome: FAO/WHO.
- Masłowski, A., Andrejko, D., Ślaska-Grzywna, B., Sagan, A., Szmigielski, M., Mazur, J., Rydzak, L., Sobczak, P. (2013). Wpływ temperatury i czasu przechowywania na wybrane cechy jakościowe oleju rzepakowego, lnianego i lniankowego. *Inż. Roln.*, 17(141), 1, 1, 115–124.
- Mińkowski, K., Grzeškiewicz, S., Jerzewska, M. (2011). Ocena wartości odżywczej olejów roślinnych o dużej zawartości kwasów linolenowych na podstawie składu kwasów tłuszczowych, tokoferoli i steroli. *Żywn. Nauka Technol. Jakość*, 75, 2, 124–135.
- Mińkowski, K., Grzeškiewicz, S., Jerzewska, M., Ropelewska, M. (2010). Charakterystyka składu chemicznego olejów roślinnych o wysokiej zawartości kwasów linolenowych. *Żywn. Nauka Technol. Jakość*, 73, 6, 146–157.
- Mosio-Mosiewski, J., Łuczkiwicz, T., Warzała, M., Nawracała, J., Nosal, H., Kurasiak-Popowska, D. (2015). Badania nad zagospodarowaniem lnianki siewnej do wytwarzania biodiesla. *Przem. Chem.*, 94, 3, 369–373. <http://dx.doi.org/10.15199/62.2015.3.22>

Marszałkiewicz, S., Siger, A., Radziejewska-Kubzdela, E., Ratusz, K., Rudzińska, M. (2017). Fizyczno-chemiczne właściwości olejów lniankowych tłoczonych na zimno. *Nauka Przyr. Technol.*, 11, 3, 235–244. <http://dx.doi.org/10.17306/J.NPT.00206>

- Obiedzińska, A., Waszkiewicz-Robak, B. (2012). Oleje tłoczone na zimno jako żywność funkcjonalna. *Żywn. Nauka Technol. Jakość*, 80, 1, 27–44.
- PN-EN 12822:2002. (2002). Artykuły żywnościowe – Oznaczanie zawartości witaminy E metodą wysokosprawną chromatografii cieczowej – Pomiar alfa-, beta-, gama- i delta-tokoferoli. Warszawa: PKN.
- PN-EN ISO 3960:2005. (2005). Oleje i tłuszcze roślinne oraz zwierzęce – Oznaczanie liczby nadtlenkowej. Warszawa: PKN.
- PN-EN ISO 9936:2006. (2006). Oleje i tłuszcze roślinne oraz zwierzęce – Oznaczanie zawartości tokoferoli i tokotrienoli wysokosprawną chromatografią cieczową. Warszawa: PKN.
- PN-EN ISO 6886:2009. (2009). Oleje i tłuszcze roślinne oraz zwierzęce – Oznaczanie stabilności oksydacyjnej (Test przyspieszonego utleniania). Warszawa: PKN.
- PN-ISO 660:2005. (2005). Oleje i tłuszcze roślinne oraz zwierzęce – Oznaczanie liczby kwasowej i kwasowości. Warszawa: PKN.
- Ratusz, K., Popis, E., Ciemniwska-Żytkiewicz, H., Wroniak, M. (2016). Oxidative stability of camelina (*Camelina sativa* L.) oil using pressure differential scanning calorimetry and Rancimat method. *J. Therm. Anal. Calorim.*, 126, 1, 343–351. <http://dx.doi.org/10.1007/s10973-016-5642-0>
- Rodriguez-Amaya, D. B., Kimura, M. (2004). HarvestPlus handbook for carotenoid analysis. HarvestPlus Tech. Monogr. Ser., 2.
- Sazońska, B. (2010). Uprawa wybranych starych gatunków roślin uprawnych. Radom: Centrum Doradztwa Rolniczego w Brwinowie Oddział w Radomiu.
- Schwartz, H., Ollilainen, V., Piironen, V., Lampi, A.-M. (2008). Tocopherol, tocotrienol and plant sterol contents of vegetable oils and industrial fats. *J. Food Compos. Anal.*, 21, 2, 152–161.
- Wroniak, M., Ramotowska, J., Matuszewska, M., Obiedziński, M. (2006). Możliwości zastosowania oznaczania izomerów trans kwasów tłuszczowych i 3,5-stigmastadienu do badania autentyczności olejów tłoczonych na zimno. *Żywn. Nauka Technol. Jakość*, 47, 2, Supl., 365–373.

THE PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF COLD-PRESSED CAMELINA SEED OILS

Abstract

Background. The quality of cold-pressed vegetable oils depends on the species, variety and quality of raw material. The aim of this study was to investigate the influence of the cultivar and cultivation method on the physicochemical properties of cold-pressed camelina oils.

Material and methods. Camelina oils were extruded from different varieties of camelina. The raw material used for the production came from Poland and Russia. The oils were extruded by one manufacturer from seeds harvested at different times. The following methods and appliances were applied in measurements: acid value and peroxide value – titration, fatty acid profile – GC-FID, oxidative stability – by means of Rancimat, phytosterol content – GC-FID, the content of tocopherols and carotenoids – HPLC.

Results. The acid values of the oils ranged from 0.67 to 6.87 mg KOH per 1 g, while the peroxide values ranged from 1.93 to 5.12 meq O₂ per 1 kg. The induction times varied from 4.79 to 7.51 h. The oils had very high content of α -linolenic acid (ALA), i.e. 35.05–40.36%. The total content of tocopherols in all the oils was similar, i.e. 66.51–78.89 mg per 100 g. The carotenoids content was very diverse and ranged from 8.11 to 54.07 mg/kg.

Conclusions. The variety of camelina and seed humidity did not have significant influence on the physicochemical properties of the oils. The oils had high content of EFA, including α -linolenic

acid. β -Sitosterol was the predominant steroid and γ -tocopherol was the predominant tocopherol. The oils were characterised by low oxidative stability.

Keywords: phytosterols, carotenoids, fatty acids, camelina oil, cold-pressed vegetable oils, tocopherols

Adres do korespondencji – Corresponding address:

Sylwia Marszałkiewicz, Instytut Technologii Żywności Pochodzenia Roślinnego, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, ul. Wojska Polskiego 31/33, 60-624 Poznań, Poland, e-mail: sylwia.marszalkiewicz@gmail.com

Zaakceptowano do opublikowania – Accepted for publication:

17.07.2017

Do cytowania – For citation:

*Marszałkiewicz, S., Siger, A., Radziejewska-Kubzdela, E., Ratusz, K., Rudzińska, M. (2017). Fizyczno-chemiczne właściwości olejów lniankowych tłoczonych na zimno. *Nauka Przyr. Technol.*, 11, 3, 235–244. <http://dx.doi.org/10.17306/J.NPT.00206>*