

Agata Pawłowska<sup>1</sup>, Arkadiusz Kocur<sup>1</sup>, \*Paweł Siudem<sup>2</sup>, Katarzyna Paradowska<sup>2</sup>

## Badanie stabilności oleju lnianego i oleju z czarnuszki

### Examination of stability of linseed oil and *Nigella sativa* oil

<sup>1</sup>Koło Naukowe Free Radicals, Zakład Chemii Fizycznej, Wydział Farmaceutyczny z Oddziałem Medycyny Laboratoryjnej, Warszawski Uniwersytet Medyczny  
Opiekun Koła: dr n. farm. Łukasz Szeleszczuk

<sup>2</sup>Zakład Chemii Fizycznej, Wydział Farmaceutyczny z Oddziałem Medycyny Laboratoryjnej, Warszawski Uniwersytet Medyczny  
Kierownik Zakładu: dr hab. n. farm. Dariusz Maciej Pisklak

---

#### SUMMARY

**Introduction.** Because of high concentration of monounsaturated and polyunsaturated fatty acids plant oils are increasingly popular ingredient of daily diet. Polyunsaturated fatty acids, which are not synthesized in the human body, are particularly important, because they are necessary for regular functioning of nervous and cardiovascular systems. Linseed oil and black cumin oil could be the source of these acids, but while consuming them it is worth knowing how conditions and time of storage influence their properties.

**Aim.** Examination of changes of properties of linseed oil and black cumin oil depending on storage conditions.

**Material and methods.** For both oils were four types of samples: collected right after opening, stored for a month in refrigerator, stored in 40°C and heated in microwave to 137°C. For each type of sample acid value, peroxide number were determined by titration, optical density (in 232 and 270 nm) and DPPH inhibition were measured spectrophotometrically.

**Results.** Based on a results of analysis of changes in linseed oil an black cumin oil we observed the impact of high temperature on promotion of oxidation processes in linseed oil, while the black cumin oil was stable.

**Conclusions.** Linseed oil requires low temperature of storage and can not be used after heating. Black cumin oil is more stable because of antioxidant compounds contained in essential oil.

---

**Keywords:** linseed oil, black cumin oil, physicochemical properties, stability, DPPH

---

#### STRESZCZENIE

**Wstęp.** Oleje roślinne ze względu na dużą zawartość jedno- i wielonienasyconych kwasów tłuszczowych są coraz popularniejszym składnikiem codziennej diety. Szczególnie ważne są wielonienasycone kwasy tłuszczowe, które nie są syntetyzowane w organizmie człowieka, a są niezbędne do prawidłowego działania układu nerwowego i krwionośnego. Źródłem tych kwasów mogą być olej lniany i olej z nasion czarnuszki. Jednak przy ich stosowaniu warto wiedzieć, w jaki sposób warunki i czas przechowywania wpływają na ich właściwości.

**Cel pracy.** Zbadanie zmian właściwości oleju lnianego i oleju z czarnuszki w zależności od warunków przechowywania.

**Materiał i metody.** Dla obu olejów wykonano cztery serie próbek: pobrane tuż po otwarciu oleju, przechowywane miesiąc w lodówce, przechowywane w temperaturze 40°C oraz podgrzane w kuchenke mikrofalowej do temperatury 137°C. Dla każdej serii oznaczono liczbę kwasową oraz nadtlenkową metodami miareczkowania oraz gęstość optyczną i ocenę aktywności przeciwutleniającej metodą DPPH.

**Wyniki.** W oparciu o wyniki analiz zmian właściwości obu olejów zaobserwowano, że podwyższona temperatura dużo bardziej wpływa na procesy utleniania oleju lnianego niż oleju z czarnuszki.

**Wnioski.** Olej lniany wymaga niskiej temperatury przechowywania i nie może być wykorzystywany po podgrzaniu. Większa stabilność oleju z czarnuszki wiąże się z występującym w nim olejkiem eterycznym, zawierającym związki o działaniu przeciwutleniającym.

---

**Słowa kluczowe:** olej lniany, olej z czarnuszki, właściwości fizykochemiczne, stabilność, DPPH

---

## Wprowadzenie

Wzrastająca świadomość o wpływie spożywanego pokarmu na zdrowie powoduje, że w ostatnich latach można zauważyć wyraźny spadek spożycia tłuszczów zwierzęcych na korzyść tłuszczów roślinnych. Oleje

roślinne są cenione przede wszystkim ze względu na zawartość nienasyconych kwasów tłuszczowych. Producenci skupiają się na wprowadzaniu na rynek nowych produktów, wzbogacających dietę w składniki korzystnie wpływające na zdrowie. Oleje roślinne,

bardziej wartościowe od tłuszczów zwierzęcych, dostarczają organizmowi cennych nienasyconych kwasów tłuszczowych, witamin rozpuszczalnych w tłuszczach i nie zawierają cholesterolu (1). Ze względu na duży problem, jaki stanowią zaburzenia gospodarki lipidowej, warto rozważyć stosowanie olejów roślinnych, które mogą działać regulująco na zaburzony profil lipidowy.

Substancje obecne w olejach roślinnych, na które szczególnie warto zwrócić uwagę, to jednonienasycone kwasy tłuszczowe (MUFA), wielonienasycone kwasy tłuszczowe (PUFA) oraz witaminy rozpuszczalne w tłuszczach. Jednonienasycone kwasy tłuszczowe nie są niezbędne w diecie, ponieważ organizm ludzki potrafi je syntetyzować (2). Jednakże z badań wynika, iż przyczyniają się one do zmniejszenia stężenia cholesterolu zarówno w osoczu krwi, jak i w wątrobie (3). Z grupy kwasów MUFA najczęściej występującymi w diecie są kwasy oleinowy i palmitynowy, przy czym ten pierwszy stanowi niemal 90% spożywanych kwasów tej grupy (4).

Dla zachowania prawidłowej diety istotne jest dostarczanie organizmowi wielonienasyconych kwasów tłuszczowych, gdyż nie są one wytwarzane w organizmie człowieka. Dlatego określa się je wspólnym mianem niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych (NNKT). Możemy podzielić je na dwie grupy: kwasy n-3 i n-6. Kwasy n-6 reprezentuje kwas linołowy (LA), z którego w organizmie syntezowany jest kwas arachidonowy (AA), natomiast reprezentantem kwasów n-3 jest kwas  $\alpha$ -linolenowy (ALA) – substrat do syntezy kwasów eikozapentaenowego (EPA) i dokozaheksaenowego (DHA) (5).

Związki te regulują gospodarkę lipidową, obniżając poziom cholesterolu i triacylogliceroli we krwi i stąd odgrywają ważną rolę w funkcjonowaniu organizmu ludzkiego. Ponadto, NNKT są prekursorami prostaglandyn, hormonów tkankowych, regulują ciśnienie krwi, oddziałują na uwalnianie lipidów z tkanki zapasowej. Kwas arachidonowy jest materiałem budulcowym dla fosfolipidów błon komórkowych neuronów mózgu, a także fotoreceptorów siatkówki oka. To sprawia, że jest on szczególnie ważny dla kobiet ciężarnych i karmiących. Ponadto kwas ten bierze udział w reakcjach zapalnych (6). Kwasy z rodziny n-3 wpływają pozytywnie na nasz organizm, m.in. poprzez obniżanie stężenia triacylogliceroli we krwi, działanie przeciwmiażdżycowe, przeciwzakrzepowe i przeciwnowotworowe, a także regulację ciśnienia krwi. Poza tym przeciwdziałają rozwojowi cukrzycy typu 2, a odpowiednie ilości kwasu DHA gwarantują prawidłowy rozwój układu nerwowego u dzieci (7).

Według norm opublikowanych przez Instytut Żywności i Żywienia (2) kwas ALA powinien stanowić 0,5% pokarmów spożywanych przez człowieka, a LA 4%. Spożycie łączne kwasów EPA i DHA powinno wynosić 250 mg dziennie, natomiast dla kobiet w ciąży i karmiących ilość ta wzrasta do 250 mg EPA i 100-200 mg DHA dziennie. Osobne normy istnieją dla dzieci: do 6. miesiąca życia – 50-100 mg DHA na dobę, a od 7. miesiąca życia do 2 lat – 100 mg na dobę (2). Jest to zgodne z normami podawanymi przez Europejski Urząd ds. Bezpieczeństwa Żywności (EFSA), którego rekomendacje odnośnie spożycia PUFA zakładają dzienne spożycie ALA w ilości 2 g, LA – 10 g, a łączne spożycie EPA i DHA – 250 mg (8).

Najpopularniejsze na polskim rynku oleje, czyli rzepakowy i słonecznikowy, zawierają odpowiednio około 63 i 30% kwasów MUFA oraz 30 i 56% kwasów PUFA, przy czym olej słonecznikowy prawie w ogóle nie zawiera kwasów n-3 (9). Dlatego aby zapewnić odpowiednią podaż tych substancji, warto wzbogacić dietę o inne oleje roślinne bogate w NNKT.

Takim olejem może być olej lniany pozyskiwany z lnu zwyczajnego (*Linum usitatissimum* L.). Zawiera on około 74% PUFA (głównie kwas  $\alpha$ -linolenowy) oraz 18% MUFA (9). Niezwykle ważny jest stosunek kwasów tłuszczowych n-3 do n-6, który dla oleju lnianego wynosi około 3,7 (10). Ważnym składnikiem opisywanego oleju jest również witamina E. Całkowita zawartość tokoferoli w produkcie wynosi około 18 mg/100 g oleju (10). Wysokie stężenie kwasu  $\alpha$ -linolenowego, który działa jako inhibitor enzymów lipooksygenazy i cyklooksygenazy, sprawia, że olej ten wykazuje działanie przeciwzapalne, a w badaniach na zwierzętach laboratoryjnych wykazano jego działanie przeciwbólowe i przeciwgorączkowe podobne do kwasu acetylosalicylowego oraz działanie przeciwdepresyjne i przeciwnowotworowe (11, 12). Ponadto jego spożycie poprawia profil lipidowy organizmu (13). Trwałość oleju lnianego zależy od warunków jego przechowywania i może wynosić od kilku miesięcy do roku (14). Świeżo tłoczony olej charakteryzuje się delikatnie orzechowym smakiem, który niestety w miarę przechowywania jest coraz mniej odczuwalny ze względu na pojawiający się gorzki smak. Za powstawanie gorzkiego smaku odpowiedzialny jest cyklolinopeptyd, który powstaje na skutek utleniania metioniny (14).

Bogatym źródłem korzystnych dla zdrowia substancji jest również olej z nasion czarnuszki siewnej (*Nigella sativa* L.). Stwierdzono, że 59% zawartych w nim kwasów tłuszczowych należy do PUFA (około 3% to rzadko występujący w przyrodzie kwas

eikozadienowy) i 24% do MUFA (15). Zawartość nasyconych kwasów tłuszczowych wynosi około 30%. Występują również związki sterolowe, głównie  $\alpha$ -sitosterol, który stanowi około 50% steroli, oraz stigmasterol, którego zawartość jest zmienna (6,5-21%) (16). Obecne są również tokoferole i biopierwiastki (Fe, Ca, Zn, P, Cu) (16). Olej ten wykazuje działanie przeciwcukrzycowe, przeciwnowotworowe, przeciwutleniające, przeciwzapalne, przeciwwrzodowe, ochraniające wątrobę i nerki oraz rozkurczowe. Obniża także ciśnienie krwi (17, 18). Ponadto dzięki zwiększaniu poziomu przeciwutleniaczy w organizmie wykazuje działanie radioochronne (19). Wchodzący w skład oleju z czarnuszki olejek eteryczny, a w szczególności obecny w nim tymochinon, wydłuża listę jego pozytywnych efektów o działanie przeciwbakteryjne, przeciwgrzybicze, przeciwwirusowe i przeciw pasożytnicze (16, 20, 21). W badaniach klinicznych udowodniono pozytywny wpływ tego oleju w leczeniu chorób alergicznych (22). Stosowanie oleju z czarnuszki jest bezpieczną alternatywą standardowego leczenia zwłaszcza łżejszych przypadków alergii, astmy, a także innych rodzajów uczuleń. Do tej pory nie poznano innego surowca zielarskiego o tak silnym przeciwalergicznym działaniu i skuteczności w leczeniu kataru siennego, astmy oraz innych rodzajach alergii.

Obydwa oleje ze względu na unikalny skład i zawartość korzystnych dla zdrowia substancji mogą być wykorzystane jako uzupełnienie diety ubogiej w nienasycone kwasy tłuszczowe. Istotna jest jednak wiedza na temat wpływu warunków przechowywania na trwałość oraz na właściwości tych olejów.

Podczas przechowywania tłuszczów zachodzą w nich liczne procesy wpływające negatywnie na jakość, co powoduje pogorszenie właściwości zarówno odżywczych, jak i sensorycznych oraz może mieć negatywny wpływ na organizm ludzki. Podczas jełczenia zachodzą procesy hydrolizy wiązań estrowych oraz utleniania kwasów tłuszczowych. Procesy hydrolityczne prowadzą do zwiększenia ilości wolnych kwasów tłuszczowych na skutek rozpadu wiązań estrowych triacylogliceroli. Procesy te zachodzą pod wpływem wody bądź enzymów i dotyczą głównie kwasów tłuszczowych o krótkich łańcuchach. Często prowadzi to do powstawania produktów o nieprzyjemnym zapachu i smaku. Jełczenie oksydacyjne zachodzi w obrębie reszt kwasowych triacylogliceroli i prowadzi do rozerwania wiązań w łańcuchu węglowym. Wyróżniamy procesy autooksydacji bądź fotooksydacji, w których istotną rolę w zapoczątkowaniu reakcji odgrywa światło. W pierwszym etapie następuje pochłanianie tlenu i kumulowanie się

nadtlenków oraz powstawanie rodników alkilowych. Rodniki te reagują z cząsteczką tlenu, dając rodniki nadtlenkowe reagujące z kolejną cząsteczką tłuszczu. Następnie powstają wtórne produkty autooksydacji, takie jak: ketony, aldehydy i węglowodory. W końcowym etapie autooksydacji dochodzi do przerwania łańcucha, polimeryzacji i kondensacji produktów utleniania. Dowodem na zaistniały proces peroksydacji jest pojawienie się wiązań sprzężonych. Powstają one z rodników alkilowych kwasów tłuszczowych, które utraciły atom wodoru i mają niesparowany elektron. Następuje przegrupowanie wiązań podwójnych i utworzenie wiązań sprzężonych, które nie występują pierwotnie w kwasach.

### Cel pracy

Celem badań było przeanalizowanie, jak zmieniają się właściwości oleju lnianego i oleju z czarnuszki w zależności od przechowywania i temperatury.

### Materiał i metody

Do badań wykorzystano dwa oleje zakupione w sklepie ze zdrową żywnością, a mianowicie olej lniany i olej z czarnuszki, oba tłoczone na zimno. Olej z czarnuszki pochodził z Egiptu, zaś lniany był produktem rodzimym.

Dla każdego z olejów przygotowano cztery serie próbek: pobrane tuż po otwarciu oleju, przechowywane miesiąc w lodówce, przechowywane w temperaturze 40°C oraz podgrzane w kuchence mikrofalowej do temperatury 137°C.

Dla każdego oznaczenia oraz dla każdej serii próbek wykonano po trzy pomiary. Oznaczono gęstość optyczną przy długościach fal 232 i 270 nm, liczbę kwasową oraz liczbę nadtlenkową. Wszystkie pomiary spektrofotometryczne wykonano z wykorzystaniem spektrofotometru Evolution 60S spectrophotometer (ThermoScientific).

Gęstość optyczną oznaczano spektrofotometrycznie, rozcieńczając próbki w n-heksanie i mierząc absorbancję przy długościach fali 232 i 270 nm. Na tej podstawie wyliczono zawartość sprzężonych dienów i trienów.

Liczbę kwasową wyrażano jako liczbę miligramów wodorotlenku potasu potrzebną do zneutralizowania wolnych kwasów tłuszczowych w jednym gramie tłuszczu. Oznaczano ją, miareczkując próbki oleju rozpuszczone w mieszaninie alkoholu etylowego z eterem (1:1) za pomocą mianowanego roztworu wodorotlenku potasu wobec fenoloftaleiny.

Liczbę nadtlenkową wyznaczono, miareczkując olej rozpuszczony w mieszaninie chloroformu z lodowatym kwasem octowym (2:3) przy użyciu mianowanego

roztworu tiosiarczanu sodu po reakcji roztworu oleju z jodkiem potasu.

Aktywność przeciwutleniającą wyznaczono spektrofotometrycznie na drodze pomiaru absorpcji przy długości fali 515 nm dla próbek oleju z dodatkiem rodnika DPPH w acetonie, w odniesieniu do roztworu rodnika DPPH w acetonie.

Wszystkie obliczenia wykonano przy użyciu programu Microsoft Excel.

### Wyniki i dyskusja

Przeprowadzone badania jednoznacznie wykazały, że pod wpływem czasu przechowywania i temperatury nastąpiły zmiany określanych parametrów badanych olejów.

Gęstość optyczna oznacza zawartość dienów i trienów w oleju, co czyni ją wskaźnikiem stopnia utlenienia tłuszczu. Wartość gęstości optycznej była wyraźnie wyższa dla oleju z czarnuszki, ale dla obu olejów zachowana jest taka sama tendencja. Wartość tego parametru wzrastała zarówno pod wpływem przechowywania,

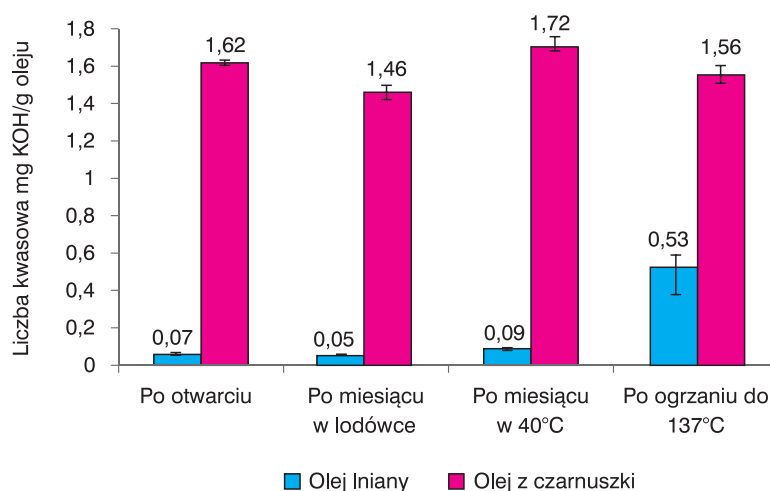
jak i podwyższonej temperatury (tab. 1). Uzyskane wyniki pokazują ponadto, że podwyższona temperatura wpływa na proces utleniania kwasów tłuszczowych, co wiąże się z powstawaniem sprzężonych dienów i trienów.

Liczba kwasowa jest parametrem świadczącym o stopniu hydrolizy tłuszczu. W przypadku oleju z czarnuszki liczba ta była znacząco wyższa. Jednak w miarę przechowywania praktycznie się nie zmieniała. W przypadku oleju lnianego wpływ na hydrolizę miała podwyższona temperatura, szczególnie krótkie działanie wysokiej temperatury (ryc. 1).

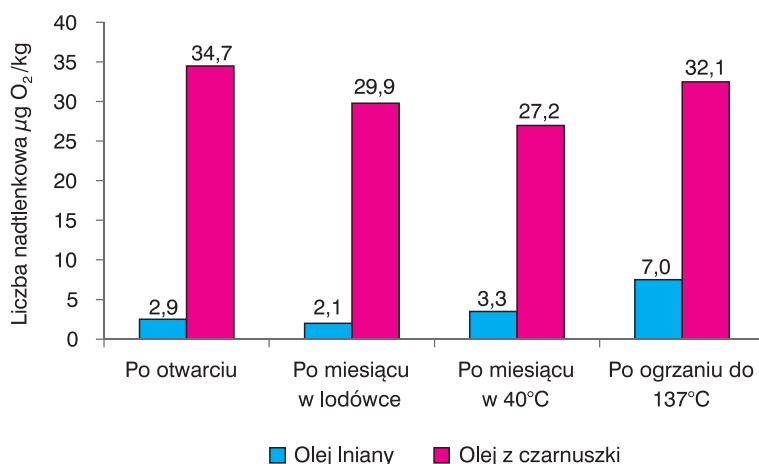
Liczba nadtlenkowa jest miarą zawartości nad-tlenków i traktowana jest jako wskaźnik stopnia utlenienia tłuszczu. Była ona znacznie wyższa dla oleju z czarnuszki. Jednakże podczas przechowywania tego oleju nie obserwowano wzrostu liczby nad-tlenków, w przeciwieństwie do oleju lnianego. Tam działanie wysokiej temperatury powoduje utlenienie kwasów tłuszczowych, co skutkuje wzrostem zawartości nad-tlenków w oleju (ryc. 2).

Tab. 1. Wartości gęstości optycznej dla oleju lnianego i oleju z czarnuszki w różnych warunkach przechowywania

Seria próbek	Długość fali			
	232 nm		270 nm	
	olej lniany	olej z czarnuszki	olej lniany	olej z czarnuszki
po otwarciu oleju	2,15 ± 0,02	4,15 ± 0,02	0,21 ± 0,01	0,85 ± 0,01
po miesiącu przechowywania w lodówce	2,51 ± 0,02	4,48 ± 0,06	0,28 ± 0,01	1,22 ± 0,05
po miesiącu przechowywania w 40°C	2,53 ± 0,05	4,59 ± 0,07	0,31 ± 0,03	1,29 ± 0,05
po ogrzaniu do 137°C	2,21 ± 0,04	4,32 ± 0,04	0,21 ± 0,03	1,05 ± 0,03



Ryc. 1. Wartości liczby kwasowej oleju lnianego i oleju z czarnuszki podczas przechowywania w różnych warunkach



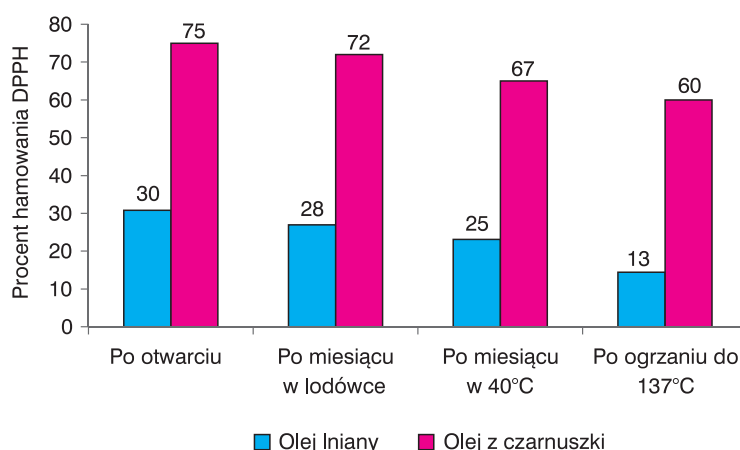
Ryc. 2. Wartości liczby nadtlenkowej oleju lnianego i oleju z czarnuszki podczas przechowywania w różnych warunkach

Procent hamowania rodnika DPPH jest miarą właściwości przeciwutleniających oleju. Olej z czarnuszki wykazywał większą aktywność przeciwutleniającą niż olej lniany (ryc. 3). W przypadku oleju z czarnuszki zaobserwowano korelację między wartością procentową hamowania DPPH a wartością liczby nadtlenkowej, jednakże nie można jednoznacznie stwierdzić korelacji z wartością liczby kwasowej. Jest to prawdopodobnie związane z zawartym w oleju z czarnuszki olejkiem eterycznym, który zwiększa właściwości przeciwutleniające tego produktu.

Wyraźniejsze zmiany w trakcie przechowywania obserwowano w przypadku oleju lnianego. Szczególnie duże różnice zarysowały się między wartościami liczby kwasowej i nadtlenkowej. Po podgrzaniu do 137°C ich wartości wzrastały kilkukrotnie w porównaniu do oleju badanego tuż po otwarciu, a wartości po miesiącu przechowywania w 40°C wykazują względem

nich mniejszy, ale równie wyraźny wzrost. Podobną prawidłowość zwiększania się tych parametrów przy wyższej temperaturze przechowywania obserwowali Masłowski i wsp. (23). Wzrost temperatury i czas przechowywania wpływały również na wzrost liczby sprzężonych dienów i trienów, co wyrażała gęstość optyczna. Odpowiada to wynikom badań wykonanych przez Prescha i wsp. (24). Procent hamowania rodnika DPPH dla tego oleju malał w trakcie przechowywania.

W przypadku oleju z czarnuszki zmiany parametrów w poszczególnych próbkach były niewielkie. Podobną tendencję cechowały badania Kiralana i wsp. (25), gdzie określano zmiany liczby nadtlenkowej i gęstości optycznej w czasie przechowywania. Liczba nadtlenkowa badanego w tej pracy oleju z czarnuszki była zbliżona do tej oznaczanej przez cytowanych autorów dla oleju tłoczonego na zimno. Zawartość dienów



Ryc. 3. Aktywność przeciwutleniająca w teście DPPH dla oleju lnianego i oleju z czarnuszki podczas przechowywania w różnych warunkach

i trienów sprzężonych dla oleju z czarnuszki w niniejszych badaniach wzrastała pod wpływem temperatury i czasu przechowywania. W badaniach wykonanych przez Kiralana i wsp. (25) nie zaobserwowano wyraźnych zmian gęstości optycznej, ale podobne zmiany tego parametru uzyskali Ramadan i Mörsel (26).

### Podsumowanie

Obecnie bardzo ważnym elementem tzw. zdrowego stylu życia jest racjonalne odżywianie. Należy jednak pamiętać, że podobnie jak w medycynie opartej na faktach (ang. *evidence based medicine*), tak samo w naukach o żywności w przypadku zaleceń spożycia danego składnika trzeba opierać się na dowodach naukowych dotyczących jego składu, stabilności i bezpieczeństwa spożycia. Dlatego w niniejszej pracy przeprowadzono analizę zmiany właściwości oleju lnianego i oleju z czarnuszki w czasie przechowywania w różnych temperaturach. Uzyskane wyniki pokazują, że olej z czarnuszki dzięki wysokiej zawartości

związków przeciwutleniających jest bardziej odporny na procesy utleniania i przez to bardziej stabilny niż olej lniany. Ten drugi natomiast jest zdecydowanie bardziej podatny na utlenianie i stąd potrzeba odpowiednich warunków jego przechowywania. Olej lniany powinien być zabezpieczony przed podwyższoną temperaturą (najlepiej przechowywać go w lodówce) i spożywany jedynie na zimno, gdyż ekspozycja na wyższą temperaturę wiąże się z niekorzystnymi zmianami dla zdrowia. Ponadto uzyskane wyniki jednoznacznie wskazują, że zalecany krótki okres ważności oleju lnianego ma swoje uzasadnienie i wynika ze zmian zachodzących w jego składzie i nigdy nie powinien być wykorzystywany po przekroczeniu tego terminu. Warunki przechowywania i sposób użycia produktów spożywczych są bardzo istotnym elementem, ponieważ one wpływają na ostateczny skład posiłku, jaki spożywamy. Niewłaściwe przechowywanie może powodować, że tzw. zdrowe jedzenie niekoniecznie będzie korzystne dla organizmu konsumenta.

### Piśmiennictwo

- Gugała M, Zarzecka K, Sikorska A. Prozdrowotne właściwości oleju rzepakowego. *Post Fitoter* 2014; (2):100-3.
- Jarosz M. Normy żywienia dla populacji polskiej – nowelizacja. IŻŻ, Warszawa 2012.
- Ugur E, Nergiz-Unal R. Saturated versus monounsaturated fatty acids elevate accumulation of cholesterol in the liver: Preliminary data. *Clin Nutr* 2017; 36:54.
- Schwingshackl L, Hoffmann G. Monounsaturated fatty acids, olive oil and health status: a systematic review and meta-analysis of cohort studies. *Lipids Health Dis* 2014; 13(1):154.
- Achremowicz K, Szary-Sworst K. Wielonienasycone kwasy tłuszczowe czynnikiem poprawy stanu zdrowia człowieka. *Żywność Nauka Technol Jakość* 2005; 3(44):23-35.
- Materac E, Marczyński Z, Bodek KH. Rola kwasów tłuszczowych omega-3 i omega-6 w organizmie człowieka. *Bromat Chem Toksykol* 2013; 2(46):225-33.
- Marciniak-Łukasiak K. Rola i znaczenie kwasów tłuszczowych omega-3. *Żywność Nauka Technol Jakość* 2011; 18(6):24-35.
- EFSA. Scientific opinion on dietary reference values for fats, including saturated fatty acids, polyunsaturated fatty acids, monounsaturated fatty acids, trans fatty acids, and cholesterol. *EFSA Journal* 2010; 8(3):1-5.
- Łoźna K, Kita A, Styczyńska M i wsp. Skład kwasów tłuszczowych olejów zalecanych w profilaktyce chorób cywilizacyjnych. *Probl Hig Epidemiol* 2012; 93(4):871-5.
- Choo W-S, Birch J, Dufour J-P. Physicochemical and quality characteristics of cold-pressed flaxseed oils. *J Food Comp Anal* 2007; 20(3-4):202-11.
- Kaithwas G, Mukherjee A, Chaurasia AK i wsp. Antiinflammatory, analgesic and antipyretic activities of *Linum usitatissimum* L. (flaxseed/linseed) fixed oil. *Indian J Exp Biol* 2011; 49(12):932-8.
- Umer KH, Zeenat F, Ahmad W i wsp. Therapeutics, phytochemistry and pharmacology of Alsi (*Linum usitatissimum* Linn): An important Unani drug. *J Pharmacogn Phytochem* 2017; 6(5):377-83.
- Li Y, Hruby A, Bernstein AM i wsp. Saturated fats compared with unsaturated fats and sources of carbohydrates in relation to risk of coronary heart disease: a prospective cohort study. *J Am Coll Cardiol* 2015; 66(14):1538-48.
- Brühl L, Matthäus B, Fehling E i wsp. Identification of bitter off-taste compounds in the stored cold pressed linseed oil. *J Agric Food Chem* 2007; 55(19):7864-8.
- Nickavar B, Mojab F, Javidnia K i wsp. Chemical composition of the fixed and volatile oils of *Nigella sativa* L. from Iran. *Z Naturforsch C* 2003; 58(9-10):629-31.
- Borusiewicz M, Janeczko Z. *Nigella sativa* L. – roślinny surowiec o właściwościach plejotropowych. *Post Fitoter* 2015; 16(4):223-36.
- Mathur ML, Gaur J, Sharma R i wsp. Antidiabetic properties of a spice plant *Nigella sativa*. *J Endocrin Metab* 2011; 1(1):1-8.
- Mańkowska D, Byłka D. *Nigella sativa* L. – związki czynne, aktywność biologiczna. *Herba Pol* 2009; 55(1):109-25.
- Cemek M, Enginar H, Karaca T i wsp. *In vivo* radioprotective effects of *Nigella sativa* L. oil and reduced glutathione against irradiation-induced oxidative injury and number of peripheral blood lymphocytes in rats. *Phytochem Photobiol* 2006; 82(6):1691-6.
- Khan MA. Chemical composition and medicinal properties of *Nigella sativa* Linn. *Inflammopharmacol* 1999; 7(1):15-35.
- Agarwal R, Kharya M, Shrivastava R. Antimicrobial & anthelmintic activities of the essential oil of *Nigella sativa* Linn. *Indian J Exp Biol* 1979; 17(11):1264-5.
- Kalus U, Pruss A, Bystron J i wsp. Effect of *Nigella sativa* (black seed) on subjective feeling in patients with allergic diseases. *Phytother Res* 2003; 17(10):1209-14.

23. Masłowski A, Andrejko D, Ślaska-Grzywna B i wsp. Wpływ temperatury i czasu przechowywania na wybrane cechy jakościowe oleju rzepakowego, lnianego i lniankowego. *Inż Rol* 2013; 17(1):115-24.
24. Prescha A, Siger A, Lorenc-Kukułka K i wsp. Badania nad składem i podatnością na utlenianie oleju z nasion lnu modyfikowanego genetycznie. *Bromat Chem Toksykol* 2008; 41:286-92.
25. Kiralan M, Özkan G, Bayrak A i wsp. Physicochemical properties and stability of black cumin (*Nigella sativa*) seed oil as affected by different extraction methods. *Ind Crops Prod* 2014; 57:52-8.
26. Ramadan MF, Mörsel JT. Oxidative stability of black cumin (*Nigella sativa* L.), coriander (*Coriandrum sativum* L.) and niger (*Guizotia abyssinica* Cass.) crude seed oils upon stripping. *Eur J Lipid Sci Tech* 2004; 106(1):35-43.

**Konflikt interesów**

**Conflict of interest**

Brak konfliktu interesów

None

otrzymano/received: 09.05.2018

zaakceptowano/accepted: 11.07.2018

Adres/address:

\*mgr farm. Paweł Siudem

Katedra Farmacji Fizycznej i Bioanalizy  
Zakład Chemii Fizycznej, Wydział Farmaceutyczny  
z Oddziałem Medycyny Laboratoryjnej  
Warszawski Uniwersytet Medyczny  
ul. Banacha 1, 02-097 Warszawa  
tel.: +48 (22) 572-09-50  
e-mail: pawel.siudem@wum.edu.pl