

SYLWIA ONACIK-GÜR, ANNA ŻBIKOWSKA,
KATARZYNA MARCINIAK-ŁUKASIAK

POCHODZENIE, METODY OTRZYMYWANIA I TRWAŁOŚĆ OKSYDACYJNA TŁUSZCZÓW WYSOKOOLEINOWYCH

Streszczenie

Oleje roślinne cechuje duża zawartość nienasyconych kwasów tłuszczowych (KT). W większości wykazują one małą stabilność oksydacyjną w wysokiej temperaturze oraz podczas długiego okresu przechowywania. Tłuszcze z dużą zawartością kwasu oleinowego, należącego do grupy monooleinowych KT, charakteryzuje jednak wyższa odporność na procesy utleniania. Ponadto kwas oleinowy jest skuteczny w obniżaniu poziomu cholesterolu w surowicy krwi. Tłuszcze wysokooleinowe mogą być zatem stosowane w przetwórstwie spożywczym, a także w gastronomii. W produkcji żywności mogą zastąpić tłuszcze zawierające niekorzystne żywieniowo nasycone KT lub izomery trans KT. Za pomocą krzyżowania, mutacji oraz inżynierii genetycznej uzyskuje się wysokooleinowe odmiany takich roślin oleistych, jak rzepak, słonecznik czy soja. Na terytorium państw Unii Europejskiej dopuszczona jest jedynie uprawa tych odmian, które nie powstały w procesie inżynierii genetycznej.

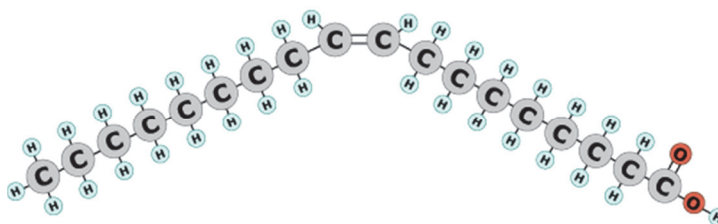
Słowa kluczowe: krzyżowanie roślin, GMO, tłuszcze wysokooleinowe, kwas oleinowy, stabilność oksydacyjna

Wprowadzenie

Tłuszcz w diecie człowieka powinien stanowić 30 % zapotrzebowania energetycznego. Spełnia on nie tylko funkcje energetyczne, ale również ustrojowe, dlatego jest ważnym składnikiem odżywczym [52]. Tłuszcz w produktach spożywczych jest dodawany w procesie produkcji jako składnik recepturowy lub przenika do wyrobów podczas ich obróbki termicznej, np. w trakcie smażenia [24].

Głównym źródłem tłuszczów jadalnych są surowce roślinne. Tłuszcz w roślinach jest gromadzony w mikrosomach komórek nasion jako materiał zapasowy. Można go łatwo wydobyć na drodze tłoczenia oraz ekstrakcji [27].

Jakość, zastosowanie oraz wartość żywieniowa tłuszczu zależy przede wszystkim od składu kwasów tłuszczowych (KT) [24, 54]. Pod względem żywieniowym najcenniejsze są polienowe KT należące do NNKT (niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych), które są składnikami egzogennymi w organizmie człowieka [52]. Występujące w KT wiązania nienasycone, zwłaszcza polienowe, są niestabilne w wysokich temperaturach i wykazują zwiększoną reaktywność, przez co szybko zachodzą w nich zmiany oksydacyjne oraz ulegają one transformacji z *cis* do *trans*. Produkty powstałe na skutek wspomnianych przemian zachodzących w tłuszczach są niekorzystne i często niebezpieczne dla człowieka. Tłuszcze z dominującą zawartością nasyconych KT są najbardziej stabilne i odporne na działanie wysokiej temperatury [8]. Większość produkowanych na świecie olejów jest pochodzenia roślinnego, a w ich składzie znaczący udział mają polienowe KT, co nie jest korzystne w przypadku tłuszczów poddawanych działaniu wysokiej temperatury, np. podczas smażenia.



Rys. 1. Struktura kwasu oleinowego.

Fig. 1. Structure of oleic acid.

Źródło: / Source: [28]

Tłuszczami odpornymi na działanie wysokiej temperatury oraz cennymi pod względem żywieniowym są oleje o dużej zawartości kwasu oleinowego (rys. 1) [6, 22]. KT monoenoowe *cis* mogą być wykorzystywane jako źródło energii pozbawione niekorzystnego wpływu na lipoproteiny i krzepliwość krwi [19]. Są one skuteczne (głównie kwas oleinowy) w obniżaniu zawartości cholesterolu w surowicy krwi. Ta cecha, jak i stabilność, pozwalają na ich szersze wprowadzenie do żywności w zastępstwie izomerów *trans* i nasyconych KT [9, 52]. Naturalnymi źródłami tłuszczu wysokooleinowego (≥ 70 % kwasu oleinowego) są: oliwki, orzechy laskowe i moringa olejodajna (*Moringa oleifera*) [1]. W składzie kwasów tłuszczowych oleju z rzepaku ulepszanego bezerukowego, kwas oleinowy stanowi $60 \div 65$ % całkowitej puli KT [32] i dlatego jest nazywany „oliwą północy”. Zawartość aż $26,5 \div 30,5$ % polienowych KT w oleju

rzepakowym [11] wpływa jednak niekorzystnie na właściwości przechowalnicze oraz stabilność w wysokiej temperaturze [46]. Czas indukcji procesów oksydacji (test Rancimat) w oleju rzepakowym tłoczonym i rafinowanym jest krótszy niż w przypadku oliwy extra virgin [5]. Zdecydowanie niższa stabilność oleju rzepakowego w porównaniu z oliwą z oliwek jest konsekwencją dużej zawartości polienowego kwasu linolenowego (ok. 10 %).

Metodami mutacji, krzyżowania oraz modyfikacji genetycznych otrzymano rośliny, których tłuszcz ma zwiększoną zawartość oleinowego KT. Rośliny oleiste, które najczęściej są poddawane takim zabiegom to: słonecznik, rzepak, soja, orzechy ziemne, kukurydza i len [31]. Wszystkie wymienione rośliny są uprawiane na skalę przemysłową, a ich nasiona – przetwarzane [37]. W Europie najpowszechniejszy jest olej rzepakowy; w Polsce stanowi on 80 % spożywanych olejów [47]. Natomiast w Stanach Zjednoczonych najpopularniejszy jest olej sojowy, którego konsumpcja stanowi 70 % wszystkich olejów na rynku [31].

Obecnie trwają badania nad alternatywnymi źródłami tłuszczów, które będą podobne do olejów roślinnych. Tłuszcze mikrobiologiczne produkowane są przez olejo-dajne kultury mikroorganizmów, takie jak: bakterie, drożdże, pleśnie oraz mikroalgi. Mogą one wytwarzać oleje o bardzo zróżnicowanym profilu kwasów tłuszczowych, z przewagą KT nienasyconych. W porównaniu z tradycyjnymi uprawami roślinnymi, które charakteryzują się sezonowością, mikroorganizmy nie są zależne od zmian pogodowych, a ich wzrost i produkcja TAG jest dużo szybsza [15, 26]. W komórkach drożdży *Cryptococcus albidus* i *Lipomyces starkeyi* lipidy mogą stanowić nawet 65 % masy, o ile są one utrzymywane w odpowiednich warunkach. Tłuszcz wytwarzany przez te mikroorganizmy cechuje również duża zawartość kwasu oleinowego (*C. albidus* – 73 %, *L. Starkeyi* – 52 %). Niektóre szczepy drożdży *Cryptococcus curvatus* mają skład KT bardzo zbliżony do masła kakaowego, dlatego ich tłuszcz może stanowić jego zamiennik [17, 23, 51].

Wiele mikroorganizmów ma zdolność do produkcji oleju mikrobiologicznego, zawierającego podstawowe kwasy tłuszczowe (podobnie jak oleje pochodzące z roślin). Niektóre mikroorganizmy produkują oleje bogate w NNKT, w tym najcenniejsze dla układu nerwowego i immunologicznego KT: eikozapentaenowy (EPA) i dokozaheksaenowy (DHA). Utrzymanie odpowiednich warunków hodowli jest związane z nakładami finansowymi. Ta alternatywna produkcja tłuszczów bogatych w cenne, deficytowe w diecie i mało dostępne (ze względu na brak innych tańszych metod ich otrzymywania) kwasy: arachidonowy (ARA) i DHA staje się uzasadniona. Takie kwasy wykorzystywane są przede wszystkim w odżywkach dla dzieci [7].

Metody otrzymywania roślin o zmienionym składzie KT

Najstarszą, podstawową i niebudzącą kontrowersji metodą otrzymywania roślin o ustalonej cesze jest krzyżowanie. Zjawisko to występuje również naturalnie w przyrodzie. Obecnie proces krzyżowania roślin można przeprowadzać w warunkach kontrolowanych, omijając bariery biologiczne przez usuwanie znamienia, skracanie słupka bądź łączenie komórek w warunkach *in vitro* [29]. W procesie tym powstaje hybryda z dwóch roślin, różniących się pewnymi cechami. Gdy celem jest otrzymanie rośliny wytwarzającej tłuszcz o preferowanym składzie KT, do krzyżowania wybierane są genotypy o różnych proporcjach KT. Przed przeprowadzeniem hybrydyzacji badany jest skład KT w oleju z tych roślin za pomocą chromatografii gazowej [47].

Sama hybrydyzacja nie jest jednak tak efektywna jak mutacja materiału siewnego przy użyciu różnych czynników zewnętrznych. Rośliny, w których tłuszczu znajduje się dużo kwasów tłuszczowych osiemnastowęglowych, są odpowiednie do zastosowania tego typu metody. KT linolowy oraz linolenowy powstają z kwasu oleinowego w wyniku działania enzymów (desaturaz) w komórce roślin. Enzymy te odwodorniają poszczególne wiązania w cząsteczce, czego wynikiem jest powstawanie polienowych KT. Mutacja ma na celu zmianę szlaku enzymatycznego tak, aby w puli KT osiemnastowęglowych pozostało jak najwięcej kwasu oleinowego w komórce. Najczęściej indukcję mutacji wywołuje się w nasionach bądź ich zarodkach poprzez działanie czynnika mutagennego, np. roztworu chemicznego lub promieniowania. Do mutacji należy wybierać takie odmiany, w których można skontrolować cechę wytwarzania kwasu oleinowego dzięki jednemu genowi bądź grupie genów dominujących [14, 31, 43]. Mutanty oraz ich krzyżówki wykazują wysoką odziedziczalność w zakresie zawartości kwasu oleinowego, w porównaniu z pozostałymi KT oraz stabilność środowiskową. Stwarza perspektywę dalszej uprawy tego typu roślin [41, 46].

Najbardziej efektywną metodą, mającą na celu uzyskanie dużej zmienności kwasów tłuszczowych w nasionach roślin oleistych, jest mutacja genetyczna. Dzięki inżynierii genetycznej można uzyskać rośliny oleiste, w których zawartość kwasu oleinowego w tłuszczu wzrasta nawet 2-krotnie w stosunku do pierwotnej ilości i osiąga nawet ponad 80 % w puli wszystkich KT. W Europie rośliny te nie są jednak uprawiane ze względu na obowiązujące przepisy [2] oraz obawy społeczne przed organizmami genetycznie zmodyfikowanymi (GMO) [24]. W Polsce obowiązuje zakaz uprawy roślin GMO oraz stosowania ich w żywieniu człowieka, natomiast w paszach przeznaczonych dla zwierząt dopuszcza się dodawanie roślin zmodyfikowanych genetycznie do 1 stycznia 2017 roku [2, 44]. Rynek tego typu roślin rozwija się dynamicznie na innych kontynentach, przede wszystkim w Ameryce Północnej i Południowej oraz w Azji [18].

Właściwości tłuszczów wysokooleinowych

Na podstawie licznych badań stwierdzono, że oleje charakteryzujące się dużą zawartością kwasu oleinowego (ponad 75 % wszystkich KT) oraz małą zawartością polienowych KT wykazują większą stabilność oksydacyjną w stosunku do innych tłuszczów. Powyższy skład kwasów tłuszczowych wpływa na przedłużenie trwałości olejów [3, 6]. Linolowy KT utlenia się 2 - 4 razy szybciej, a linolenowy nawet 10 - 40 razy szybciej niż oleinowy [8]. Popularne oleje, takie jak słonecznikowy są stosunkowo mało stabilne termicznie i oksydacyjnie ze względu na dużą zawartość polienowych KT. Dąży się, aby skład KT był zbliżony do składu oliwy z oliwek (bogatej w C 18:1 9 *cis*), która wykazuje dobrą stabilność oksydacyjną [34].

Skład kwasów tłuszczowych w tłuszczu nasion roślin może być zmienny, w zależności od różnych czynników: sposobu suszenia i przechowywania [11, 21], warunków pogodowych i agrotechnicznych [20], czasu zbioru [16], a przede wszystkim od uwarunkowań genetycznych. W odmianach wysokooleinowych, w porównaniu z konwencjonalnymi, zawartość kwasu oleinowego może być ponad 2-krotnie większa (tab. 1). W ogólnej puli KT zmienia się również stosunek innych kwasów, głównie osiemnastowęglowych, takich jak: linolowy i linolenowy. Zawartość tych kwasów jest silnie ujemnie skorelowana z kwasem oleinowym [32].

Orzechy ziemne wysokooleinowe charakteryzują się podwyższoną trwałością przechowalniczą w porównaniu z odmianami konwencjonalnymi [34], a ich cechy sensoryczne zostały ocenione przez konsumentów na podobnym poziomie [35].

W badaniach, których celem było sprawdzenie reaktywności oksydacyjnej w zależności od rodzaju oleju słonecznikowego, wykazano prawie dwukrotnie wyższą odporność oleju z odmiany wysokooleinowej na działanie temp. 120 °C (rys. 2). Olej wysokooleinowy (HOSO) (w warunkach kontrolowanych) charakteryzował się bardzo dużą zawartością kwasu oleinowego (82,33 %), natomiast konwencjonalny (SO) niewielką, wynoszącą 26,04 % [36].

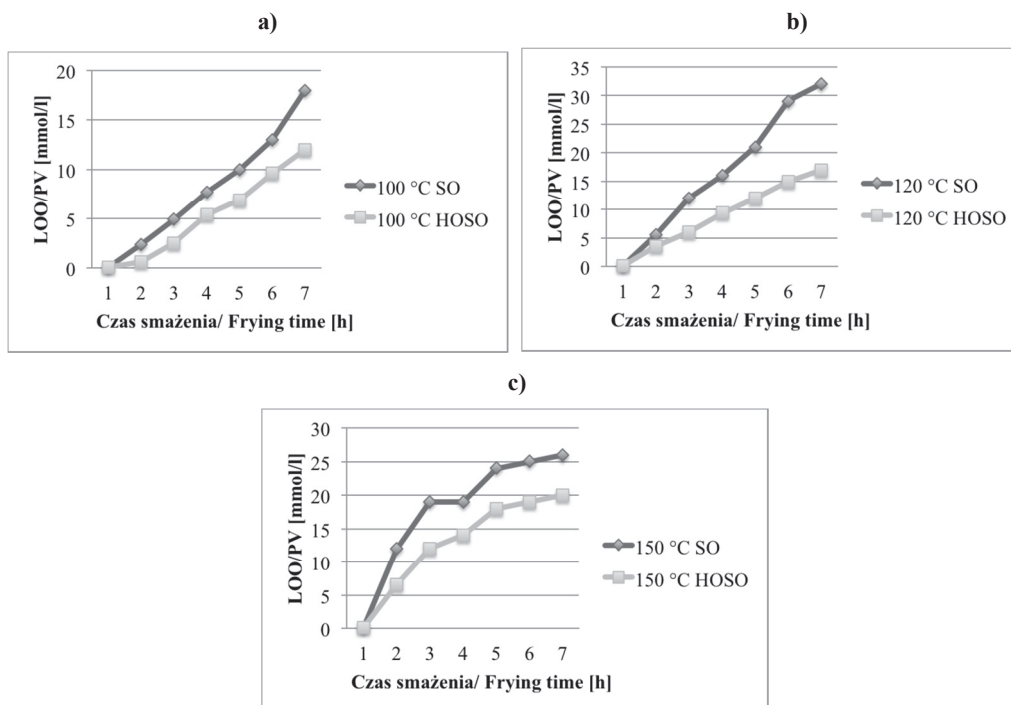
Oleje z dużą zawartością kwasu oleinowego są najczęściej używane do smażenia, dlatego większość badań tego typu tłuszczów dotyczy ich przydatności smażalniczej. Płuciennik i Kita [33] określali właściwości oleju rzepakowego HOSO i ich mieszanin podczas smażenia w nich chrupek ziemniaczanych. Autorzy wykazali, że w oleju słonecznikowym wysokooleinowym przemiany hydrolityczne zachodziły zdecydowanie intensywniej w porównaniu z tradycyjnym olejem rzepakowym. Przemiany oksydacyjne w oleju rzepakowym były natomiast dwukrotnie szybsze niż w HOSO. W wyniku przemian chemicznych zachodzących podczas smażenia barwa oleju ciemnieje. O dobrej stabilności oleju HOSO w wysokiej temperaturze świadczyła również niewielka zmiana barwy. Z kolei Smith i wsp. [45] stosowali metodę spektrometrii w podczerwieni i stwierdzili największą stabilność termiczną HOSO z odmian genetycznie zmodyfikowanych, w porównaniu z olejami: tradycyjnym słonecznikowym,

kukurydzianym, bawełnianym i arachidowym, w których smażyono kulki bawełniane przez 24 h w 185 °C. Zastosowany HOSO zawierał 87,4 % kwasu oleinowego. Petukhov i wsp. [30] wykazali, że w wysokooleinowym oleju rzepakowym po 5 dniach smażenia znajdowało się mniej sprzężonych dienów niż w oleju tradycyjnym oraz znacząco mniej polimerów w porównaniu z utwardzonym olejem rzepakowym.

Tabela 1. Zawartość kwasu oleinowego w tłuszczach roślin konwencjonalnych i wysokooleinowych.
Table 1. Content of oleic acid in conventional and high-oleic plant oils.

Roślina (odmiana) Plant (cultivar)	Rodzaj / Type	Zawartość kwasu oleinowego Content of oleic acid [%]	Źródło Source
Rzepak / Rape	konwencjonalny conventional	63,53	[36]
		57,4	[1]
Rzepak / Rape (SUNYL RS-80) (Clear Valley® 65) (Natreon®) (Clear Valley® 75) (Clear Valley® 80) (n*) (n*)	wysokooleinowy high-oleic	74,4	[13]
		65,0	[6]
		73,0	[6]
		75,0	[6]
		80,0	[6]
		73,2	[24]
66,9	[25]		
Słonecznik / Sunflower	konwencjonalny conventional	26,04	[36]
		17,2	[45]
		36,6	[40]
Słonecznik / Sunflower	wysokooleinowy high-oleic	82,33	[36]
		87,4	[45]
		76,4	[24]
		81,4	[25]
		78,0	[49]
Soja / Soya	konwencjonalna conventional	25,6	[45]
		24,8	[1]
Soja / Soya	wysokooleinowa high-oleic	38-55	[39]
Kukurydza / Corn	konwencjonalna conventional	28,2	[45]
Kukurydza / Corn	wysokooleinowa high-oleic	65,1-65,6	[49]
Orzechy ziemne / Peanuts	konwencjonalne conventional	51,8	[45]
		45,8	[35]
Orzechy ziemne / Peanuts	wysokooleinowe high-oleic	78,5	[35]
Szafran / Saffron	konwencjonalny conventional	8-21	[39]

* - brak informacji o odmianie / no information on cultivar



Rys. 2. Liczba nadtlenkowa ogrzewanego oleju słonecznikowego konwencjonalnego (SO) i wysokooleinowego (HOSO) w temp. [°C]: 100 (a), 120 (b) i 150 (c).

Fig. 2. Peroxide value of heated conventional sunflower oil (SO) and high-oleic oil (HOSO) at temperature [°C]: 100 (a), 120 (b) i 150 (c).

Źródło: / Source: [36]

Z kolei Abdulkarim i wsp. [1] porównali parametry jakościowe, zwłaszcza stabilność, wysokooleinowego oleju z rośliny *Moringa olifera* (MoO) (74,5 % kwasu oleinowego) z olejem palmowym, sojowym i rzepakowym w procesie smażenia. MoO charakteryzował się najmniejszym indeksem TOTOX, co świadczy o jego największej stabilności.

Z badań olejów z trzech odmian orzechów ziemnych, jednej tradycyjnej zawierającej 51,7 % kwasu oleinowego oraz dwóch wysokooleinowych (po 81,9 % kwasu oleinowego) wynikało, że trwałość tłuszczów o większej zawartości C18:1 9 *cis* jest zdecydowanie większa. Na podstawie testu termostatowego w temp. 37 °C, trwającego 120 h, stwierdzono, że olej o małej zawartości kwasu oleinowego charakteryzował się 6 razy większą liczbą nadtlenu [34].

Abdulkarim i wsp. [1] wykazali, że po 20 h ogrzewania w temp. 190 °C w wysokooleinowym oleju kukurydzianym znajdowało się znacząco mniej związków polarnych niż w uwodornionym oleju kukurydzianym. Warner i Knowlton [49] zaobserwowali również, że olej kukurydziany konwencjonalny oraz uwodorniony

charakteryzowały się niższą jakością sensoryczną oraz stabilnością oksydacyjną w porównaniu z olejem kukurydzianym wysokooleinowym po 17,5 h smażenia frytek w 190 °C.

Zastosowanie olejów wysokooleinowych

Oleje wysokooleinowe stosowane są najczęściej do smażenia w postaci mieszanek z innymi tańszymi tłuszczami [33]. Żywność smażoną w tłuszczach wysokooleinowych charakteryzuje wyższa jakość sensoryczna w porównaniu z produktami smażonymi w tłuszczu palmowym. Oleina palmowa nadaje produktom woskowy posmak. Natomiast ilość powstających w procesie smażenia niepożądanych związków polarnych w olejach wysokooleinowych jest na podobnym poziomie jak w oleinie palmowej [12, 24].

Poprzez przeestryfikowanie olejów wysokooleinowych z tłuszczami bogatymi w kwas stearynowy otrzymuje się produkty o charakterze i budowie triacylogliceroli podobnych do TAG w tłuszczu kakaowym. Dominującym składnikiem TAG są KT: stearynowy i oleinowy [4, 13, 40]. Tak więc tłuszcze wysokooleinowe mogą być stosowane jako tłuszcze cukiernicze alternatywne w stosunku do masła kakaowego.

Wysokie ceny olejów z odmian wysokooleinowych i niedostatecznie duże uprawy powodują jednak, że tłuszcze te nie są powszechnie dostępne na rynku [24].

Podsumowanie

Oleje o dużej zawartości kwasu oleinowego (> 70 %), korzystnego ze względów żywieniowych, cechują się bardzo dobrymi właściwościami przechowalniczymi oraz odpornością na wysoką temperaturę. Dzięki temu mogą być szeroko stosowane w wielu gałęziach przemysłu spożywczego, a także w gastronomii. Odmiany wysokooleinowe roślin konwencjonalnych rosnących w umiarkowanej strefie klimatycznej mogą być z powodzeniem wprowadzone do uprawy w Europie Środkowej. Ich zaletą jest to, że mogą być źródłem tłuszczu o podwyższonej zawartości kwasu oleinowego bez ingerencji inżynierii genetycznej, która jest negatywnie oceniana przez społeczeństwa europejskie, a otrzymane rośliny potrafią zachować dziedziczność syntetyzowania dużej zawartości C18:1 9 *cis*. Obecnie obserwuje się wzrost zainteresowania tłuszczami wysokooleinowymi w przemyśle spożywczym ze względu na ich zalety.

Literatura

- [1] Abdulkarim S., Long K., Lai O., Muhammad S., Ghazli H.: Frying quality and stability of high-oleic *Moringa olifera* seed oil in comparison with other vegetable oils. *Food Chem.*, 2007, **105**, 1382-1389.
- [2] Achremowicz B.: GMO za i przeciw. *Problemy z GMO. Przegl. Zboż. Młyn.*, 2012, **10 (56)**, 2-5.

- [3] Ascherio A., Willett W.C.: Health effects of trans fatty acids. *Am. J. Clin. Nutr.*, 1997, **66** (4), 1006-1010.
- [4] Bootello M., Hartel R., Garcés R., Martínez-Force E., Salas J.: Evaluation of high oleic-high stearic sunflower hard stearins for cocoa butter equivalent formulation. *Food Chem.*, 2012, **134**, 1409-1417.
- [5] Cichosz G., Czczot H.: Stabilność oksydacyjna tłuszczów jadalnych – konsekwencje zdrowotne. *Bromat. Chem. Toksykol.*, 2011, **44** (1), 50-60.
- [6] DeBonte L., Iassonova D., Liu L., Loh W.: Commercialization of high oleic canola oils. *Lipid Technol.*, 2012, **24** (8), 175-177.
- [7] Dolinabiotechnologiczna.pl [online]. Dostęp w Internecie [20.03.2013.]: <http://dolinabiotechnologiczna.pl/nawosci/oleje-mikrobiologiczne-przyszlosc-czy-ekonomiczne-fiasko/>
- [8] Drozdowski B.: Lipidy. W: *Chemia żywności. Sacharydy, lipidy i białka*. Red. Sikorski Z., WNT, Warszawa 2007.
- [9] EFSA 2004: Opinion of the Scientific Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies on a request from the Commission related to the presence of trans fatty acids in foods and the effect on human health of the consumption of trans fatty acids. *Eur. Food Safety Authority J.*, 2004, **81**, 1-49.
- [10] EFSA 2010: Scientific Opinion on Dietary Reference Values for fats, including saturated fatty acids, polyunsaturated fatty acids, monounsaturated fatty acids, trans fatty acids, and cholesterol. *EFSA J.*, 2010, **8** (3), 1461, 1-107.
- [11] Gawrysiak-Witulska M., Rudzińska M.: Wpływ zastosowanej metody suszenia oraz przechowywania na skład kwasów tłuszczowych w nasionach rzepaku. *Inżynieria Rolnicza*, 2007, **5** (93), 145-152.
- [12] Gertz Ch.: What happens in the fryer?. Warsztaty "Frittieren, Backen, Braten". 29-30 IX, Wiedeń, Austria, 2006.
- [13] Gitlesen T., Svensson I., Adlercreutz P., Mattiasson B., Nilsson J.: High-oleic-acid rapeseed oil as strating material for the production of confectionary fats via lipase-catalyzed transesterification. *Industrial Crops and Products*, 1995, **4**, 167-171.
- [14] Hamdan Y., Pérez-Vich B., Velasco L., Fernández-Martínez J.: Inheritance of high oleic acid content in safflower. *Euphytica*, 2009, **168**, 61-69.
- [15] Huang G., Chen F., Wei D., Zhang X., Chen G.: Biodiesel production by microalgal biotechnology. *Applied Energy*, 2010, **87**, 38-46.
- [16] Jackowska I., Tys J.: Factors modifying fatty acid composition in rapeseed (cultivar, harvest time). *EJPAU*, 2006, **9**, 4.
- [17] Jie Z., Xu F., Xiao-Ling Z., Yan L., Hai-Peng X., Bao-Feng Z., Lei C., Xiao-Dong Z.: Microbial lipid production by the oleaginous yeast *Cryptococcus curvatus* 03 grown in fed-batch culture. *Biomass and Bioenergy*, 2011, **35**, 1906-1911.
- [18] Jurga R.: GMO za i przeciw. Wybrane doniesienia z procesu legislacyjnego GMO w Polsce. *Przegl. Zboż. Młyn.*, 2012, **3**, 10-12.
- [19] Keys A.: Seven countries. A multivariate analysis of death and coronary hearth disease – Harvard University Press. Cambridge, M.A., 1980.
- [20] Kotecki A., Malarz W., Kozak M., Aniołowski K.: Wpływ nawożenia azotem na skład chemiczny nasion pięciu odmian rzepaku jarego. *Rośliny Oleiste*, 2001, **22**, 81- 89.
- [21] Krasucki W., Tys J., Szafran K., Rybacki R., Orlicki Ł.: Wpływ różnych temperatur suszenia nasion rzepaku na ich skład chemiczny. *Rośliny Oleiste*, 2002, **23**, 427-438.
- [22] Kristott J.: High-oleic oils – how good are they for frying? *Lipid Technol.*, 2003, **3**, 29-32.
- [23] Lin J., Shen H., Tan H., Zhao X., Wu S., Hu C., Zhao Z.: Lipid production by *Lipomyces starkeyi* cells in glucose solution without auxiliary nutrients. *J. Biotechnol.*, 2011, **152**, 184-188.
- [24] Matthäus B.: Use of palm oil for frying in comparison with other high-stability oils. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.*, 2007, **109**, 400-409.

- [25] Matthäus B., Haase N., Unbehend G.: Chemical and sensory characteristics of products fried in high-oleic, low-linoleic rapeseed oil. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 2009, **86**, 799-808.
- [26] Meng X., Yang J., Xu X., Zhang L., Nie Q., Xian M.: Biodiesel production from oleaginous microorganisms. *Renew Energy*, 2009, **34**, 1-5.
- [27] Mikołajczak K., Bartkowiak-Broda I.: Markery DNA w hodowli jakościowej rzepaku ozimego (*Brassica napus* L.) w aspekcie modyfikacji zawartości kwasów tłuszczowych. *Rośliny Oleiste*, 2003, **24**, 33-48.
- [28] Oleic acid. [online]. Dostęp w Internecie [20.03.2013]: http://carbonconnections.bsccs.org/media/images/content/unit02/oleic_acid.png
- [29] Orlikowska T., Wiejcha K., Marasek A.: Identyfikacja roślin mieszańców oddalonych – przegląd metod. *Biuletyn IHAR*, 2001, **220**, 3-21.
- [30] Petukhov I., Malcolmsen L., Przybylski R., Armstrong L.: Frying performance of genetically modified canola oils. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 1999, **76**, 627-632.
- [31] Pham A., Lee J., Shannon G., Bilyeu K.: Mutant alleles of FAD2-1A and FAD2-1B combine to produce soybeans with the high oleic acid seed oil trait. *BCM Plant Biology*, 2010, **10** (195), www.biomedcentral.com/1471-2229/10/195
- [32] Piętka T., Krótka K., Krzymański J.: Możliwość modyfikowania składu kwasów tłuszczowych w nasionach rzepaku ozimego podwójnie ulepszanego poprzez selekcję populacji linii wsobnych. *Rośliny Oleiste*, 2003, **24**, 327- 341.
- [33] Płuciennik E., Kita A.: Porównanie właściwości mieszaniny oleju rzepakowego z wysokooleinowym olejem słonecznikowym podczas smażenia. *Post. Nauki i Technol. Przem. Rol.-Spoż.*, 2012, **67**, 1, 5-17.
- [34] Pokorny J., Sakurai H.: Nowe oleje roślinne o zmodyfikowanym składzie i specjalnym przeznaczeniu. *Przem. Spoż.*, 2000, **11**, 50-51.
- [35] Riveros C., Mestrallet M., Nepote V., Grosso N.: Chemical composition and sensory analysis of peanut pastes elaborated with high-oleic and regular peanuts from Argentina. *Grasas Y Aceites*, 2009, **60** (4), 388-395.
- [36] Roman O., Heyd B., Broyart B., Castillo R., Maillard M.: Oxidative reactivity of unsaturated fatty acids from sunflower, high oleic sunflower and rapeseed oils subjected to heat treatment, under controlled conditions. *LWT – Food Sci. Technol.*, 2013, **30**, 1-11.
- [37] Rosiak E., 2004, Produkcja roślin oleistych. [online]. Dostęp w Internecie [24.03.2013]: http://www.agro-info.org.pl/files/?id_plik=274.
- [39] Sakurai H, Pokorný J.: The development and application of novel vegetable oils tailor-made for specific human dietary needs. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.*, 2003, **105**, 769-778.
- [40] Salas J., Bootello M., Martínez-Force E., Garcés R.: Production of sterine-rich butters by solvent fractionation of high stearic-high oleic sunflower oil. *Food Chem.*, 2011, **124**, 450-58.
- [41] Schierholt A., Becker H.: Environmental variability and heritability of high oleic acid content in winter oilseed rape. *Plant Breeding*, 2001, **120**, 63-66.
- [42] Simopoulos A.: Trans fatty acids. *Handbook of lipids in Human nutrition*. Ed. Spiller G., CRC Press Inc., Los Altos, USA, 1996.
- [43] Škorić D., Jocić S., Sakač Z., Lečić N.: Genetic possibilities for altering sunflower oil quality to obtain novel oils. *Canadian J. Physiology Pharmacol.*, 2008, **86**, 215-21.
- [44] Słowianek M.: Metody wykrywania i oznaczania GMO. Cz. 1. Techniki molekularne – analiza DNA. *Przem. Spoż.*, 2012, **66** (8-9), 64-66.
- [45] Smith S., King R., Min D.: Oxidative and thermal stabilities of genetically modified high oleic sunflower oil. *Food Chem.*, 2007, **102**, 1208-1213.
- [46] Spasibionek S.: Cechy mutantów rzepaku ozimego o zmienionym składzie kwasów tłuszczowych. *Rośliny Oleiste*, 2004, **25**, 383-402.

- [47] Spasibionek S., Krótka K.: Badania nad dziedziczeniem zawartości kwasów tłuszczowych C:18 w oleju z nasion mutantów rzepaku ozimego (*Brassica napus* L.). *Rośliny Oleiste*, 2011, **32**, 195-210.
- [48] Stender S., Dyerberg J., Bysted A., Leth A., Astrup A.: A *trans* world journey. *Atherosclerosis* 2006, **7 (2)** Suppl., 47-52.
- [49] Warner K., Knowlton S.: Frying quality and oxidative stability of high-oleic corn oils. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 1997, **74 (10)**, 1317-1322.
- [50] Warner K., Orr P., Glynn M.: Effect of fatty acid composition of oils and flavor and stability of fried foods. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 1997, **74 (4)**, 347-356.
- [51] Wynn J., Ratledge C.: Oils from Microorganisms, *Bailey's Industrial Oil and Fat products*. Ed. 6. Red. Bailey A., 2005, pp. 121-153.
- [52] Ziemiański Ś., Budzyńska-Topolowska J.: *Tłuszcze pożywienia i lipidy ustrojowe*. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa 1991.
- [53] Żbikowska A.: Formation and properties of trans fatty acids – a review. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 2010, **60 (2)**, 107-114.
- [54] Żbikowska A., Kowalska M.: Możliwości ograniczenia ilości izomerów trans w procesie uwodornienia. *Post. Techn. Przetw. Spoż.*, 2012, **22 (1)**, 78-82.
- [55] Żbikowska A., Rutkowska J.: Skład kwasów tłuszczowych a jakość i przydatność technologiczna tłuszczów do pieczenia. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2008, **4 (59)**, 86-91.

SOURCE, METHODS OF OBTAINING AND OXIDATIVE STABILITY OF HIGH-OLEIC FATS

S u m m a r y

One of the most important feature of vegetable oils is high content of unsaturated fatty acids (UFAs). UFAs are characterized by low oxidative stability in high temperature as well as during long storage time. However, fats with high content of oleic acid (belonging to monoeic fatty acids) are more resistant to oxidative processes, and moreover, oleic acid can efficiently reduce the level of cholesterol in blood serum. Because of that, so called, high-oleic fats can be applicable in many areas of food industry, as well as in gastronomy. In particular, they are employed in food production, where such fats replace other commonly used fats that contain dietary unfavorable saturated or trans-isomer fatty acids. High-oleic variants of oily plants as rapeseed, sunflower or soya bean are obtained using different techniques of genetic engineering (mutation, crossing, etc), but in European Union, cultivation of plants developed by genetic engineering is prohibited.

Key words: high-oleic fats, oleic acid, oxidative stability, GMO, crossing ☒