

Paweł Zagrodzki¹⁾, Andrzej Starek²⁾

DIETETYCZNE ZNACZENIE OLEJÓW ROŚLINNYCH

Zakład Bromatologii Collegium Medicum
Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie
Kierownik: dr hab. *P. Zagrodzki*

¹⁾ Zakład Fizykochemii Jądrowej Instytutu Fizyki Jądrowej PAN
im. *H. Niewodniczańskiego* w Krakowie
Kierownik: dr hab. *J.W. Mietelski*

²⁾ Zakład Biochemii Toksykologicznej Collegium Medicum
Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie
Kierownik: prof. dr hab. *B. Budziszewska*

Hasła kluczowe: kwasy tłuszczowe, oleje roślinne, dieta, smażenie, smakowitość.
Key words: fatty acids, plant oils, diet, frying, tastiness.

Skład i ogólne właściwości fizykochemiczne olejów roślinnych

Oleje roślinne są ważnymi składnikami diety, ze względu na dużą wartość energetyczną oraz zawarte w nich niezbędne, tj. egzogenne kwasy tłuszczowe, a także – witaminy rozpuszczalne w tłuszczach i fitosterole (1). Triacyloglicerole, stanowiące główny składnik olejów, są najczęściej mieszaniną estrów różnych kwasów tłuszczowych – zarówno nasyconych, jak i jedno- i wielonienasyconych z glicerolem. Alkohole alifatyczne i triterpenowe, białka, fosfolipidy, węglowodory i polifenole występują w olejach roślinnych w mniejszych ilościach – zwykle poniżej 2,5% masy oleju (2, 3). Oleje roślinne nie zawierają cholesterolu, który jest składnikiem wyłącznie tłuszczów pochodzenia zwierzęcego.

Po usunięciu substancji antyodżywczych, obecnych w olejach surowych (np. glikozydów cyjanogennych, kwasu erukowego, związków fenolowych, wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych), oczyszczone, jadalne oleje roślinne są klarownymi cieczami. Odznaczają się odczynem obojętnym, łagodnym smakiem, swoistym zapachem (oleje tłoczone na zimno) lub brakiem zapachu (oleje rafinowane) oraz naturalną barwą – od jasnosłomkowej, poprzez zielonkawożółtą do żółto-brunatnej (w Polsce niedopuszczalne jest barwienie olejów) (3, 4). Oleje tłoczone na zimno posiadają najczęściej 6 miesięczny okres przydatności do spożycia. W przypadku olejów rafinowanych okres ten wynosi od roku do dwóch lat. Oleje przechowywane w ciemnych szklanych butelkach dłużej zachowują swoje wartości odżywcze, w porównaniu do olejów przechowywanych w opakowaniach z jasnego tworzywa z polietylenu (5).

Biologiczna rola głównych składników olejów roślinnych

Kwasy tłuszczowe nasycone i jednonienasycone roślin oleistych wykorzystywane są przez większość komórek organizmu człowieka jako surowce energetyczne

i budulcowe. Wielonienasycone kwasy tłuszczowe (PUFA) mogą wchodzić w skład struktur zawierających lipidy złożone lub mogą odgrywać rolę substratów w syntezie substancji aktywnych biologicznie, takich jak hormony tkankowe (prostaglandyny, prostacykliny, tromboksany, leukotrieny, resolwiny i inne) oraz przekąźniki wtórne (6). Substancje te wywierają wielorakie działanie na układ: sercowo-naczyniowy, nerwowy, oddechowy, odpornościowy oraz funkcję nerek i narządów rozrodczych (2).

Kwasy tłuszczowe nasycone pochodzenia roślinnego występują głównie w twardej margarynach kuchennych, piekarskich i cukierniczych, rzadziej w odżywkach lub konserwach rybnych. Nadmierne spożycie tych kwasów przyspiesza rozwój miażdżycy oraz niektórych chorób nowotworowych (7). Kwasy tłuszczowe nasycone podwyższają stężenie frakcji LDL cholesterolu w surowicy krwi, obniżają stężenie frakcji HDL, stymulują agregację płytek krwi i zwiększają ciśnienie krwi. Zmiany te przyczyniają się do dysfunkcji śródbłonna naczyniowego (2).

Kwasy tłuszczowe jednonienasycone obecne są najczęściej w oliwie z oliwek i w oleju rzepakowym (2). Główny składnik tych olejów to kwas oleinowy (18:1), który odgrywa istotną rolę prozdrowotną, zmniejszając stężenie cholesterolu całkowitego oraz frakcji LDL cholesterolu w surowicy krwi oraz zwiększając stężenie frakcji HDL (8). Ponadto, zwiększa oporność frakcji LDL na utlenianie, co przeciwdziała powstawaniu blaszki miażdżycowej. Hamuje agregację płytek krwi, wykazuje również działanie żółciopędne. Kardioprotekcyjne działanie oleju z oliwek przypisuje się nietłuszczowym składnikom: karotenoidom, polifenolom, flawonoidom, sterolom i skwalenowi (8, 9).

Olej z oliwek jest integralnym składnikiem tzw. diety śródziemnomorskiej. Osoby spożywające taką dietę rzadziej cierpią z powodu otyłości, chorób nowotworowych, cukrzycy i chorób układu sercowo-naczyniowego (8).

Należy podkreślić, że oleje roślinne są bogatym źródłem dietetycznym dwóch wielonienasyconych niezbędnych kwasów tłuszczowych – kwasu linolowego (LA, 18:2) i α -linolenowego (ALA, 18:3). Kwasy te nie mogą być syntetyzowane *de novo* w organizmach ssaków. Co więcej, jak wykazano w badaniach na zwierzętach, kwasy LA i ALA łagodzą wszystkie objawy niedoboru wielonienasyconych kwasów tłuszczowych oraz mogą być przekształcane do pochodnych kwasów z rodzin omega-6 i omega-3. Pełnego spektrum ich funkcji fizjologicznych nie spełniają inne kwasy tłuszczowe (10). W organizmie człowieka, kwasy należące do rodzin omega-6 i omega-3 są kompetycyjnymi substratami tych samych układów enzymatycznych. Metabolity tych kwasów działają antagonistycznie względem siebie. Metabolity kwasów omega-6 działają prozapalnie i prozakrzepowo, podczas gdy metabolity kwasów omega-3 wywierają działanie przeciwzapalnie oraz hamują agregację płytek krwi (6).

Kwas LA zmniejsza stężenie frakcji LDL cholesterolu i stężenie triglicerydów w surowicy krwi (zmniejsza również stężenie frakcji HDL cholesterolu), hamuje agregację płytek krwi i obniża ciśnienie krwi. Jest niezbędny dla właściwego wzrostu organizmu, odgrywa istotną rolę w prawidłowej czynności nerek i wątroby, w procesach pigmentacji skóry, gojenia ran oraz w zapobieganiu zakażeniom (2). Wyniki badań epidemiologicznych oraz badań eksperymentalnych na zwierzętach sugerują jednak, że nadmierne spożycie kwasu LA może przyczynić się do zwiększonej zachorowalności na nowotwory (2, 11).

Biologiczna aktywność kwasu ALA jest stosunkowo niewielka, ale jego pochodne z rodziny kwasów omega-3, w tym m.in. kwas eikozapentaenowy (EPA) i dokozaheksaenowy (DHA) są prekursorami silnie bioaktywnych mediatorów. Ważniejsze efekty biologicznego działania kwasów omega-3 i ich metabolitów przedstawiono w tab. I.

Tab e l a I. Ważniejsze biologiczne skutki działania kwasów omega-3 i ich metabolitów (6, 12,15)

Tab l e I. Relevant biological effects of omega-3 acids and their metabolites (6, 12, 15)

Parametr diagnostyczny/process fizjologiczny lub patologiczny	Efekt działania kwasów omega-3
Stężenie cholesterolu całkowitego w surowicy	↓
Stężenie frakcji LDL cholesterolu w surowicy	↓↑*
Stężenie frakcji VLDL cholesterolu w surowicy	↓
Stężenie triglicerydów w surowicy	↓↓
Lipemia poposiłkowa	↓
Stężenie lipoproteiny (α) w surowicy	↓
Ciśnienie krwi	↓
Rozkurcz naczyń krwionośnych	↑
Zakrzepy w naczyniach wieńcowych i mózgowych	↓
Rozwój blaszki miażdżycowej	↓
Arytmie komorowe mięśnia sercowego	↓
Hipertrofia i włóknienie tkanek w układzie krążenia	↓
Wzrost guzów nowotworowych	↓
Angiogeneza w guzach nowotworowych	↓

* – w różnych badaniach uzyskano niespójne wyniki.

Spożycie większych ilości kwasów omega-3 zalecane jest u pacjentów obciążonych ryzykiem chorób sercowo-naczyniowych oraz we wtórnej prewencji u osób po przebytych incydentach sercowo-naczyniowych (12). Kwasy omega-3 stosowane są również w profilaktyce chorób autoimmunologicznych, choroby *Crohna* i pewnej grupy chorób nowotworowych. Pod wpływem kwasów omega-3, błony komórkowe stają się bardziej przepuszczalne dla niektórych leków przeciwnowotworowych, co nasila cytotoksyczne działanie tych leków na komórki nowotworowe (11).

Oleje roślinne – popularne w krajowym łańcuchu podaży – słonecznikowy, kukurydziany, krokoszowy oraz lniany, rzepakowy i sojowy, należą do środków spożywczych zawierających największe ilości nienasyconych kwasów tłuszczowych z rodziny omega-6 i omega-3 (13, 14). Oleje, które odznaczają się dużą przewagą procentową kwasów omega-6 nad kwasami omega-3, przyczyniają się do zaburzenia prawidłowej proporcji kwasów omega-6/omega-3 w pożywieniu – w czym upatruje się jedną z przyczyn rozwoju przewlekłych chorób niezakaźnych w ostatnich dwóch stuleciach. Nigdy wcześniej w historii ludzkości nie spożywano tak dużych ilości tych kwasów – aż do wynalezienia pras olejowych (ok. 150 lat temu), dzie-

ki czemu możliwe stało się wytwarzanie spożywczych olejów roślinnych na skalę przemysłową (13).

Zgodnie ze współczesnymi zaleceniami dietetycznymi, spożycie kwasów tłuszczowych omega-6 powinno pokrywać 5–8% zapotrzebowania energetycznego organizmu, natomiast kwasy omega-3 powinny dostarczać 1–2% energii. W przypadku kobiet ciężarnych i karmiących, a także osób starszych i w okresie intensywnego rozwoju, ilości te powinny być odpowiednio większe. Ważne jest prawidłowe zbilansowanie spożycia tłuszczów. W przypadku kwasów LA i ALA stosunek ich stężeń nie powinien przekraczać wartości 10:1 (najczęściej 4-5:1 lub 2:1), chociaż optymalna wartość tego stosunku wciąż jest dyskutowana (6, 13). Pokarm ludzi żyjących w okresie późnego paleolitu, obfitował w wielonienasycone kwasy tłuszczowe z grupy omega-3 oraz z grupy omega-6, przy czym proporcja tych kwasów wynosiła ok. 1:1, a ich sumaryczna ilość była zbliżona do ilości kwasów nasyconych (15).

Istnieją wyniki badań sugerujące synergistyczny, korzystny wpływ kwasów – α -linolenowego i linolowego stosowanych łącznie w porównaniu z działaniem każdego z nich oddzielnie (6). Właściwa ilość i proporcja kwasów omega-6 i omega-3 w pożywieniu wywiera korzystny wpływ na takie funkcje i zjawiska psychiczne, jak skupienie uwagi, zdolność kojarzenia i zapamiętywania, stabilność nastrojów i opanowanie stanów lękowych, koordynacje ruchową, ogólne zdolności poznawcze i zdolność nabywania nowej wiedzy i umiejętności oraz procesy starzenia się mózgu. Może również korzystnie modulować zachowanie człowieka i jego motywację do pozytywnego działania. Natomiast niedobór tych kwasów przynosi skutki odwrotne, a wśród nich m.in. zaburzenie rytmu snu i czuwania, problemy z uczeniem się oraz zaburzenia behawioralne, takie jak napady złości u dzieci (16). Inne skutki niedoboru tych kwasów to: zahamowanie rozwoju, zmiany skórne (bardzo sucha, łuskowata skóra, wypryski alergiczne), zmniejszone wydzielanie gruczołów łojowych, zwiększone spożycie wody, wielomocz, trombocytopenia, upośledzenie czynności fizjologicznych nerek, serca oraz innych narządów i tkanek, nadciśnienie, bezpłodność, zmniejszenie syntezy eikozanoidów, zwiększenie podatności na infekcje (2).

Fizykochemiczne zmiany olejów roślinnych podczas smażenia

Składniki olejów przeznaczonych do smażenia powinny wykazywać oporność na zjawiska hydrolizy, utleniania i polimeryzacji. Olej palmowy, zawierając ok. 50% nasyconych kwasów tłuszczowych, jest przykładem komponentu często wykorzystywanego do produkcji tłuszczów smażalniczych. Niekiedy, do tego celu, olej palmowy rafinowany łączy jest z olejem palmowym utwardzonym oraz olejem kokosowym. Otrzymany produkt odznacza się stosunkowo dużą trwałością w warunkach długotrwałej obróbki termicznej (9, 17, 18).

Również ze względu na swój skład, warunkujący względnie wysoką oporność termiczną, oleje takie, jak: oliwkowy i rzepakowy nadają się do wielokrotnego smażenia i duszenia potraw w warunkach domowych, natomiast pozostałe oleje roślinne, obfitując w kwasy wielonienasycone, wydzielają w podwyższonej temperaturze (>200°C) – znaczne ilości produktów rozpadu i polimeryzacji triglicerydów i ich utlenionych pochodnych (3) (tab. II).

Tabela II. Klasy związków chemicznych powstających podczas smażenia z udziałem olejów roślinnych (9, 17, 18)

Table II. The classes of chemical compounds generated during frying with plant oils (9, 17, 18)

Nazwa klasy związków chemicznych powstających podczas smażenia
Dimery, trimery i polimery triacyloglicerolu
Mono-, diacyloglicerole
Wolne kwasy tłuszczowe
Hydroksynadtlenki lipidowe
Epoksyhydronadtlenki lipidowe
Ketohydroksynadtlenki lipidowe
Cykliczne nadtlenki lipidowe
Aldehydy
Ketony
Alkohole
Węglowodory
Estry
Furany
Laktony
Sprzężone dieny i izomery <i>trans</i> kwasów tłuszczowych

Część z nich wykazuje działanie cytotoksyczne, mutagenne i kancerogenne (19). Jednocześnie proces smażenia degradowuje tokotrienole i polifenole obecne w tych olejach. Oleje roślinne o tak zmodyfikowanym składzie nabierają właściwości szkodliwych dla zdrowia, stwierdzonych zwłaszcza w odniesieniu do miażdżycy tętnic, uszkodzenia wątroby oraz nowotworów dolnego odcinka przewodu pokarmowego. Dlatego powinny być one stosowane przede wszystkim, jako dodatki do potraw spożywanych na surowo: sałatek, surówek, sosów i majonezów (typowe majonezy zawierają 70–80% olejów; majonezy w wersji „light” 30–40% olejów) (20). Niektóre z olejów mogą być warunkowo wykorzystane także do smażenia, z zaleceniem, aby czynność ta była wykonana jednorazowo, w krótkim czasie (9). Warto dodać, że chemizm procesu smażenia dodatkowo komplikują interakcje składników oleju roślinnego z tłuszczem obecnym w smażonym produkcie oraz matrycą (składnikami nietłuszczowymi) tego produktu (17). Odległe skutki spożywania szkodliwych substancji powstających podczas obróbki kulinarnej z udziałem olejów roślinnych nie zostały dotychczas dokładnie przebadane.

Inne, dietetyczne zastosowania olejów roślinnych

Niekiedy oleje roślinne znajdują mniej konwencjonalne zastosowania żywieniowe, np. oleje z ogórecznika i wiesiołka, zawierające stosunkowo duże ilości kwasu γ -linolenowego (18:3), dodawane są do mieszanek odżywczych dla niemowląt (21). Inne oleje (palmowy, kokosowy oraz olej z ziaren palmowych), stosuje się jako substytuty tłuszczu obecnego w produktach nabiałowych. W tym celu, produkty wcześniej odtłuszczone (np. chude mleko w proszku) są rekonstruowane z odpo-

wiednią ilością oleju. Podobnie, zabielače do kawy, dostępne w formie płynnej lub sproszkowanej, zawierają 35–45% tłuszczu, którego część stanowi olej z ziaren palmowych. Oleje roślinne (sojowy, palmowy, rzepakowy, słonecznikowy) dodawane są do serów żółtych. Coraz częściej stosuje się również katalityczną transestryfikację innych tłuszczów z użyciem olejów roślinnych jako donorów kwasów tłuszczowych nienasyconych, uzyskując triacyloglicerole o nowej, oczekiwanej strukturze chemicznej. Taki proces wykorzystywany jest m.in. do produkcji namiastek masła kakaowego (20).

Celem tego typu zabiegów jest przywrócenie właściwej proporcji pomiędzy różnymi rodzinami kwasów tłuszczowych w pożywieniu oraz poprawa właściwości sensorycznych produktów tłuszczowych.

Smakowitość i efekt sycący olejów roślinnych

Oleje roślinne, rozpuszczając inne składniki pożywienia, powodują wzrost jego smakowitości. Warunki smażenia, skład oleju oraz właściwości fizykochemiczne produktów jego degradacji wpływają na smakowitość uzyskanego produktu.

Effekt sycący tłuszczów jest na ogół mniejszy od efektu wywieranego przez węglowodany, aczkolwiek wyniki różnych badań, poświęconych zjawisku sytości sensorycznej, nie zawsze były spójne. Wpływ na to mogą mieć cechy sensoryczne porównywanych środków spożywczych (zarówno bogato-tłuszczowych, jak i bogatowęglowodanowych) – smak, zapach i tekstura. Różnice w zakresie tych cech wykazują także same oleje między sobą. W badaniach na zwierzętach wykazano, że spośród 15% emulsji zawierających oleje – kukurydziany, krokoszowy i oliwkowy, dwie pierwsze wywierały – znamienne statystycznie efekt sycący, natomiast trzecia nie osiągnęła statystycznej znamienności dla takiego efektu (22).

Izomery geometryczne *trans* kwasów nienasyconych

Izomery geometryczne w formie *trans* kwasów nienasyconych uważane są za związki niekorzystne dla zdrowia człowieka (4). Występują one w olejach roślinnych w bardzo niewielkich ilościach (3). Ilości te mogą jednak wzrosnąć podczas procesu uwodornienia katalitycznego (utwardzania) olejów, stosowanego przy produkcji twardych margaryn i zbliżonych do nich, innych produktów tłuszczowych, np. tłuszczów piekarskich. Izomery *trans* zwiększają stężenie frakcji LDL cholesterolu w surowicy krwi, zmniejszając przy tym stężenie frakcji HDL (2). Związki te, zwiększają także zapotrzebowanie organizmu na PUFA, utrudniając równocześnie ich desaturację i elongację. Odpowiedzialne są również za zaburzenie płynnej konsystencji błon komórkowych i ich mniejszą przepuszczalność. Z powyższych powodów izomery *trans* kwasów tłuszczowych postrzegane są m.in. jako czynniki ryzyka powstawania chorób serca, a zwłaszcza choroby niedokrwiennej. Dania w 2003 r., jako pierwszy kraj na świecie, wprowadziła przepisy ograniczające zawartość izomerów *trans* w tłuszczach i olejach pochodzenia roślinnego poniżej 2%. W następnych latach dwa kolejne kraje (Kanada i USA) nakazały specjalne znakowanie środków spożywczych zawierających te izomery (14).

Warto zaznaczyć, że margaryny miękkie, uzyskane przez transestryfikację glicerydów obecnych w olejach roślinnych, posiadają wyższą wartość odżywczą niż margaryny twarde, zawierają znacznie mniej izomerów *trans*.

Połączenie olejów roślinnych lub uzyskanych na ich bazie margaryn w różnych proporcjach z masłem, daje produkty będące tłuszczami mieszanymi (tzw. miksy tłuszczowe). W porównaniu z masłem, tłuszcze mieszane posiadają w swym składzie mniej kwasów tłuszczowych nasyconych, więcej kwasów tłuszczowych jedno- i wielonienasyconych, co jest ich zaletą żywieniową (4).

Pomniejsze składniki olejów roślinnych

Wśród witamin rozpuszczonych w olejach spożywczych znajduje się m.in. witamina E, w stężeniu ok. 10-krotnie wyższym niż w dostępnych na rynku tłuszczach zwierzęcych. Stosunkowo największe ilości substancji o aktywności biologicznej witaminy E występują w oleju z zarodków pszenicy oraz w oleju słonecznikowym i krokoszowym (3). Z uwagi na fakt, że podczas procesu rafinacji, straty tych związków mogą dochodzić do 70%, to jednak właśnie oleje i margaryny są ich głównym źródłem dietetycznym (3). Witamina E, jako naturalny przeciwutleniacz, zwiększa trwałość olejów i ich oporność na jęłczenie. Zapobiega powstawaniu w olejach związków stwarzających zagrożenie dla zdrowia. Poza witaminami, niektóre oleje (np. kukurydziany, słonecznikowy, sojowy i rzepakowy) są źródłem alkoholi alicyklicznych z grupy steroidów – fitosteroli, głównie *beta*-sitosterolu, kampesterolu i stigmasterolu. Związki te, hamują wchłanianie cholesterolu w przewodzie pokarmowym i dlatego stosowane są w dietach obniżających jego poziom we krwi oraz jako czynnik wspomagający działanie statyn w terapii przeciwmiażdżycowej. Chociaż fitosterole ulegają utlenieniu podczas przechowywania i obróbki termicznej olejów, to jednak – w porównaniu do utlenionych pochodnych cholesterolu – produkty tego procesu wywierają słabsze działanie szkodliwe na organizm człowieka (1).

Inną grupą substancji, obecnych w olejach roślinnych a działających szkodliwie, są wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA), pochodzące ze środowiska, w którym hodowano rośliny lub z procesów przetwórczych (suszenie dymem lub spalinami, ekstrakcja rozpuszczalnikami zawierającymi WWA). Wysokie stężenie WWA stwierdzono w oleju kokosowym otrzymanym z miąższu orzechów palmy kokosowej, tzw. kopry, suszonego gazami spalinowymi (3).

Procesy oksydacji, przebiegające podczas przechowywania olejów roślinnych, powodują powstawanie wodoronadtlenków i nadtlenków (pierwotnych produktów utleniania lipidów) oraz aldehydów, ketonów, estrów, laktonów, alkoholi i estrów jako wtórnych produktów utleniania (23).

Obecność wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych oraz pierwotnych i wtórnych produktów utleniania lipidów w olejach roślinnych obniża bezpieczeństwo zdrowotne ich stosowania do celów kulinarnych.

WNIOSKI

Wysoka wartość odżywcza oraz potencjalne znaczenie olejów roślinnych w profilaktyce chorób przewlekłych niezakaźnych, przemawiają za upowszechnieniem ich stosowania w codziennej diecie. W porównaniu do innych tłuszczów, oleje roślinne wyróżniają się większym stężeniem jedno- i wielonienasyconych kwasów tłuszczowych. Warto podkreślić, że niektóre oleje roślinne stanowią alternatywne,

w stosunku do ryb, źródło kwasów omega-3. Z drugiej strony należy pamiętać o dużej kaloryczności tych produktów oraz o ich udziale w wielu procesach fizjologicznych, do tej pory niedostatecznie przebadanych. Przy uwzględnieniu powyższych przesłanek, zalecane spożycie olejów roślinnych w przypadku dorosłego człowieka powinno wynosić ok. 25–30 g (2 łyżki) na dobę (9).

P. Zagrodzki, A. Starek

DIETARY SIGNIFICANCE OF VEGETABLE OILS

PIŚMIENNICTWO

1. *Derewiaka D., Antoniuk A., Obiedziński M.*: Zmiany zawartości fitosteroli w wybranych olejach z dodatkiem oleju z pestek rokitnika podczas obróbki termicznej. *Żyw. Człow. Metabol.*, 2008; 35: 59-67. – 2. *Ciborowska H.*: Tłuszcze. w: *Dietetyka, Żywnienie Zdrowego i Chorego Człowieka. Ciborowska H., Rudnicka A.* (red.). PZWL, Warszawa, 2007; 67-97. – 3. *Stonek B.*: Oleje tłoczone na zimno. *Roczn. PZH*, 1997; 48: 283-294. – 4. *Balas J.*: Kwasy tłuszczowe w rynkowych produktach spożywczych – oleje, margaryny, masło, tłuszcze mieszane, produkty cukiernicze, produkty typu „fast food”, produkty zbożowe, słone przekąski, nasiona i orzechy, majonezy. *Żyw. Człow. Metabol.*, 2004; 31: 181-192. – 5. *Wroniak M., Kwiatkowska M., Krygier K.*: Charakterystyka wybranych olejów tłoczonych na zimno. *Żywność*, 2006; 47: 46-58. – 6. *Block R.C., Pearson T.A.*: Wpływ kwasów tłuszczowych omega-3 na układ sercowo-naczyniowy. *Folia Cardiol. Excerpta*, 2006; 1: 362-376. – 7. *Balańska B., Mazur A.*: Ulenione tłuszcze z diety mogą uczestniczyć w rozwoju miażdżycy. *Postepy Hig. Med. Dośw.*, 2004; 58: 176-182. – 8. *Huang C.L., Sumpio B.E.*: Olive oil, the Mediterranean diet, and cardiovascular health. *J. Am. Coll. Surg.*, 2008; 207: 407-416. – 9. *Biernat J.*: Tłuszcze. W: *Żywnienie, Żywność a Zdrowie. Biernat J.* (red.). Wyd. Astrum, Wrocław 2001; 32-48. – 10. *Cunnane S.C.*: Problems with essential fatty acids: time for a new paradigm? *Prog. Lipid. Res.*, 2003; 42: 544-568.

11. *Jelińska M., Tokarz A.*: Rola wielonienasyconych kwasów tłuszczowych w procesach karcinogenezy. *Bromat. Chem. Toksykol.*, 2005; 38: 321-327. – 12. *Harper Ch.R., Jacobson T.A.*: Tłuszcze życia. Rola kwasów tłuszczowych omega-3 w zapobieganiu chorobie niedokrwiennej serca. *JAMA-PL*, 2002; 4: 149-157. – 13. *Simopoulos A.P.*: n-3 Fatty acids and human health: defining strategies for public policy. *Lipids*, 2001; 36: S83-S89. – 14. *White P.J.*: Fatty acids in oilseeds (vegetable oils). W: *Fatty Acids in Foods and their Health Implications*. Ch. K. Chow (red.). CRC Press, Boca Raton-London-New York, 2008; 227-262. – 15. *Leaf A., Weber P.C.*: A new era for science in nutrition. *Am. J. Clin. Nutr.*, 1987; 45: 1048-1053. – 16. *Zagrodzki P.*: Kwasy tłuszczowe n-3 i n-6, a parametry kognitywne i behawioralne u dzieci – przegląd literatury. *Bromat. Chem. Toksykol.*, 2009; 42(3): 950-953. – 17. *Sanchez-Muniz, Bastida S., Marquez-Ruiz G., Dobarganes C.*: Effect of heating and frying on oil and food fatty acids. W: *Fatty Acids in Foods and their Health Implications*. Ch. K. Chow (red.). CRC Press, Boca Raton-London-New York, 2008; 511-543. – 18. *Warner K.*: Chemistry of frying oils. W: *Food Lipids. Chemistry, Nutrition, and Biotechnology*. Akoh C.C., Min D.B. (red.). CRC Press, Boca Raton-London-New York, 2008; 189-202. – 19. *Błaszczuk U., Zalejska-Fiolka J., Jalszka B., Birkner E., Heiduk R.*: Zawartość wybranych wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych w nieogrzewanych i ogrzewanych olejach jadalnych. *Brom. Chem. Toksykol.*, 2008; 41(2): 143-150. – 20. *Gunstone F.D.*: Food applications of lipids. W: *Food Lipids. Chemistry, Nutrition, and Biotechnology*. Akoh C.C., Min D.B. (red.). CRC Press, Boca Raton-London-New York, 2008; 683-703.

21. *Takwale A., Tan E., Agarwal S.* i współpr.: Efficacy and tolerability of borage oil in adults and children with atopic eczema: randomised, double blind, placebo controlled, parallel group trial. *BMJ*, 2003; 327: 1385-1388. – 22. *Warwick Z.S., McGuire C.M., Revelle Ch.*: Satiating effects of fat. W: *Fatty Acids in Foods and their Health Implications*. Ch. K. Chow (red.). CRC Press, Boca Raton-London-New York, 2008; 879-897. – 23. *Rutkowska J., Żbikowska A.*: Jakość wybranych olejów roślinnych dostępnych na polskim rynku. *Roczn. PZH*, 2007; 58: 515-524.