

Received: 26.03.2018
Accepted: 24.09.2018
Published: 28.12.2018

Właściwości prozdrowotne oleju rzepakowego i oliwy

Pro-Health Properties of Rapeseed and Olive Oil

Marta Skowron, Jolanta Zalejska-Fiolka, Urszula Błaszczyk, Ewa Birkner

Katedra i Zakład Biochemii Wydziału Lekarskiego z Oddziałem Lekarsko-Dentystycznym w Zabrze Śląskiego Uniwersytetu Medycznego w Katowicach

Streszczenie

Żywność to jeden z głównych czynników środowiskowych mających wpływ na zdrowie, sprawność fizyczną, umysłową oraz samopoczucie. Odżywianie powinno być racjonalne, tzn. musi odpowiadać zapotrzebowaniu na składniki odżywcze i energię. Tłuszcze, znajdujące się na szczycie piramidy żywieniowej, są jednym z istotnych składników pokarmowych. Umiejętność świadomego wyboru tłuszczu spożywczego jest bardzo ważna dla zachowania zdrowia. Na polskim rynku dominuje olej rzepakowy, a doniesienia o korzystnych właściwościach zdrowotnych diety śródziemnomorskiej, stale zwiększają popularność oliwy. Oleje charakteryzują się podobnym składem kwasów tłuszczowych i substancji aktywnych biologicznie, głównie o charakterze przeciwutleniającym, w tym witamin rozpuszczalnych w tłuszczach, karotenów, fitosteroli oraz polifenoli. Olej rzepakowy i oliwa, ze względu na skład, mają korzystne właściwości zdrowotne, jednak wiadomości o zawartych w nich związkach o potencjale przeciwutleniającym oraz nienasyconych kwasach tłuszczowych jest ważna, gdyż ich korzystne właściwości zmniejszają się podczas obróbki termicznej, której są często poddawane.

Słowa kluczowe:

olej rzepakowy • oliwa • kwasy tłuszczowe • przeciwutleniacze

Summary

Food is one of the main environmental factors affecting health, physical and mental performance, and well-being. Nutrition should be reasonable and must correspond to a given individual's need for nutrients and energy. The fats are one of the most important nutrients and are at the top of the food pyramid. However, we need to know what fats should be consumed to maintain good health. The Polish market is dominated by rapeseed oil, but reports on the beneficial health properties of the Mediterranean diet are constantly increasing the popularity of olive oil. Rapeseed oil and olive oil are characterized by a similar, yet not identical, composition of fatty acids and biologically active substances, mainly of antioxidant character, including fat-soluble vitamins, carotenes, phytosterols, and polyphenols. Rapeseed oil and olive oil have a high pro-health potential due to their composition, however, the knowledge about the amount of unsaturated fatty acids and compounds with antioxidant potential contained in these two types of oil is important, as beneficial properties of these oils decrease during frying.

Keywords:

rapeseed oil • oliva oil • fatty acids • antioxidants

GICID	01.3001.0012.8175
DOI:	10.5604/01.3001.0012.8175
Word count:	6016
Tables:	2
Figures:	–
References:	91

Adres autorki: dr hab. n med. Jolanta Zalejska-Fiolka, Katedra i Zakład Biochemii Wydziału Lekarskiego z Oddziałem Lekarsko-Dentystycznym w Zabrze Śląskiego Uniwersytetu Medycznego w Katowicach, ul. Jordana 19, 41-808 Zabrze; e-mail: jzalejskafiolka@sum.edu.pl

Wykaz skrótów: **CAT** – katalaza, **DHA** – kwas dokozapentaenowy, **EPA** – kwas eikozapentaenowy, **GPx** – peroksydazaglutationowa, **KT** – kwasy tłuszczowe, **LTB** – leukotrieny, **NKT** – nasycone kwasy tłuszczowe, **NNKT** – niezbędne nienasycone kwasy tłuszczowe, **PG** – prostaglandyny, **PGI** – prostacykliny, **SOD** – dysmutaza ponadtlenkowa, **TG** – triacyloglicerole, **TXA** – tromboksany, **WNKT** – wielonienasycone kwasy tłuszczowe.

WSTĘP

Żywność to jeden z głównych czynników środowiskowych mających wpływ na zdrowie, sprawność fizyczną, umysłową oraz samopoczucie, a odżywianie powinno być racjonalne, tzn. musi odpowiadać zapotrzebowaniu na składniki odżywcze i energię. Według zaleceń Instytutu Żywności i Żywienia należy dziennie spożywać 4-5 posiłków, zawierających węglowodany, białka, tłuszcze i witaminy oraz mikro- i makroelementy. Należy także pamiętać, że o dobrym zdrowiu decyduje jakość produktów spożywczych. Dieta powinna zawierać węglowodany złożone, egzogenne aminokwasy (metionina, lizyna, leucyna, izoleucyna, walina, arginina, histydyna, treonina, tryptofan i fenyloalanina), wielonienasycone kwasy tłuszczowe (WNKT) z rodzin omega-3 i -6 (linolenowy, linolowy, arachidonowy i ich pochodne kwasy: dokozaheksaenowy i eikozapentaenowy), 21- makro- i mikroelementów (makro: Ca, P, Mg, K, Na, Cl, S; mikro: Cu, Zn, Mn, Fe, I, Co, Mo, Se, F, Cr, Ni, Si, Ti, V), witaminy (A, D, E, K, C, B1,2,3,5,6,7,12, kwas foliowy), kwas paraaminobenzoesowy i liponowy, cholinę, inozytol, rutynę oraz błonnik pokarmowy [6, 82].

Zarówno niedobór, jak i nadmiar pewnych składników pokarmowych jest powodem zaburzeń homeostazy organizmu. Początkowo objawia się to obniżeniem odporności organizmu, zmniejszeniem wydolności psychofizycznej, a następnie rozwojem chorób spowodowanych trwałszymi zmianami biochemiczno-fizjologicznymi oraz morfologicznymi, zarówno w poszczególnych tkankach i narządach, jak i całych układach: krążenia, kostnym i pokarmowym. Często rozwija się otyłość oraz choroby dietozależne, tj. cukrzyca, miażdżycy, nadciśnienie tętnicze z ich konsekwencjami, do których zalicza się zawał mięśnia sercowego, udar, czy zator płucny. Najbardziej narażone są młode, rozwijające się organizmy [3, 32, 90, 91].

Tłuszcze znajdujące się na szczycie piramidy żywienia są jednym z istotnych składników pokarmowych.

Należy upowszechnić wiedzę, jakie tłuszcze powinny być wykorzystywane, aby czerpać korzyści zdrowotne z ich spożywania [10].

Tłuszcz jest najbardziej skondensowanym źródłem energii w pożywieniu, dostarcza jej dwa razy więcej niż węglowodany, czy białka. Organizmowi wystarcza zaledwie 25 g tłuszczu dziennie, aby przyswoił niezbędne, rozpuszczalne w nim witaminy. W zależności od pochodzenia tłuszczu (zwierzęcy, roślinny), triacyloglicerole są estrami glicerolu i kwasów tłuszczowych nasyconych i nienasyconych (w tym jedno- i wielonienasyconych) oraz krótko-, średnio- i długołańcuchowych [90].

Nadmiar w diecie nasyconych kwasów tłuszczowych pochodzenia zwierzęcego przyspiesza rozwój miażdżycy, działa prozakrzepowo oraz zwiększa ryzyko chorób nowotworowych, zwłaszcza okrężnicy, gruczołu sutkowego i stercza. Liczne wyniki badań doświadczalnych i epidemiologicznych wskazują, że najskuteczniejszym sposobem obniżenia zawartości cholesterolu we krwi jest ograniczenie spożycia nie tylko cholesterolu, przede wszystkim nasyconych kwasów tłuszczowych pochodzenia zwierzęcego [7, 22].

Kwasy tłuszczowe nienasycone zmniejszają natomiast stężenie całkowitego cholesterolu oraz miażdżycogennej frakcji lipoprotein LDL, zwiększając jednocześnie stężenie frakcji HDL. Potwierdzają to badania obejmujące populację zamieszkującą rejon Morza Śródziemnego, gdzie tradycyjna dieta zawiera duże ilości oliwy, a obserwuje się niewielką zapadalność na choroby układu sercowo-naczyniowego. Odpowiednia ilość kwasu oleinowego w diecie sprzyja także obniżeniu stężenia glukozy w surowicy, zwłaszcza u pacjentów z cukrzycą typu 2 [15, 85].

W wielu doniesieniach naukowych, coraz większą rolę fizjologiczną przypisuje się wielonienasyconym kwasom tłuszczowym (EPA, DHA), a także mononienasyconemu

kwasowi oleinowemu, występującemu obficie w oliwie i oleju rzepakowym bezerukowym [15, 37, 90].

ZAPOTRZEBOWANIE ORGANIZMU NA TŁUSZCZE

Ilościowe zapotrzebowanie człowieka na tłuszcze waha się w dużych granicach, ponieważ w organizmie człowieka istnieje zamiennosc energii pochodzącej z tłuszczwęglowodanów, a także dlatego, że organizm może sam wytwarzać lipidy z innych składników pożywienia. Z tego powodu optymalne normy spożycia tłuszczu są trudne do określenia i powinny być ustalane indywidualnie. Zapotrzebowanie na tłuszcze zależy od całkowitego zapotrzebowania energetycznego organizmu, które ma związek się z wiekiem, wzrostem, masą ciała, płcią i rodzajem wykonywanej pracy. U kobiet łączy się również ze stanem fizjologicznym, jakim jest ciąża, laktacja, czy okres menopauzy. W zbilansowanej diecie zdrowego człowieka, tłuszcze powinny stanowić nie mniej niż 25% i nie więcej niż 30% całkowitej energii pożywienia, w tym 3-6% energii powinno pochodzić z tłuszczów roślinnych i rybich, dostarczających wielonienasyconych kwasów tłuszczowych, w tym niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych (NNKT) [10, 21].

Zmiany w ilości i w proporcji przyjmowanych z dietą kwasów tłuszczowych nasyconych do nienasyconych, wpływają istotnie na funkcjonowanie organizmu człowieka, dlatego tak ważne jest przestrzeganie zaleceń żywieniowych [78]. Ogólnie ujmując, dieta zawierająca przewagę kwasów tłuszczowych nasyconych nad nienasyconymi, prowadzi do rozwoju chorób zależnych od diety, tj.: miażdżycy naczyń krwionośnych, cukrzycy, nadciśnienia tętniczego, czy nowotworów, zwłaszcza układu pokarmowego. Stąd przyjmuje się, że należy ograniczać w diecie ilość energii pochodzącej z nasyconych kwasów tłuszczowych pochodzenia zwierzęcego, zwiększając jednocześnie spożycie jedno- i wielonienasyconych KT zawartych w tłuszczach roślinnych i rybich [12]. W ostatnich latach podwyższono zapotrzebowanie człowieka na NNKT tak, aby pokrywały one od 3% (dla osób młodych i w średnim wieku) do 6% (dla osób starszych) ogólnej energii pożywienia, przy założeniu, że dieta jest zgodna z zasadami fizjologii żywienia. Zapotrzebowanie na NNKT jest także zwiększone w czasie wzrostu organizmu, podczas rekonwalescencji i w wielu stanach chorobowych (np. miażdżycy) [10, 21, 40].

Obecnie szacuje się, że minimalne spożycie kwasów tłuszczowych z rodzin Ω -3 i Ω -6, u osób dorosłych wynosi odpowiednio 1 i 0,2% dobowej wartości energetycznej pożywienia, podczas gdy możliwy do przyjęcia zakres spożycia kwasów EPA i DHA wynosi 0,25-2,0 g/dobę [14]. Dane dotyczące optymalnej ilości dziennego spożycia polienowych KT z rodziny Ω -3 wskazują, że w codziennej diecie zdrowego człowieka powinno się znajdować 0,5-1,5 g kwasów tłuszczowych eikozapentaenowego (EPA) i dokozaheksaenowego (DHA).

Należy także zwrócić uwagę na stosunek przyjmowania z dietą kwasów tłuszczowych rodzin Ω -3 i Ω -6. Zgodnie z zaleceniami ekspertów powinien wynosić od 1:2 do 1:5, gdyż pozwala to wówczas zachować równowagę między mediatorami prozapalnymi a wygaszającymi proces zapalny [2, 26, 50, 57].

Znaczenie zalecanego stosunku tłumaczy się różnicą w aktywności biologicznej eikozanoidów powstających w organizmie z kwasów należących do rodzin Ω -3 i Ω -6, w tym związaną z syntezą prozapalnych mediatorów.

Proces zapalny jest naturalną reakcją obronną organizmu, która zanika po usunięciu egzogenego lub endogenego patogenu. Jednak przewlekły stan zapalny jest zjawiskiem niekorzystnym i odpowiada m.in. za rozwój chorób układu sercowo-naczyniowego. Zatem niezmiernie istotne jest zachowanie równowagi między mediatorami prozapalnymi a wygaszającymi proces zapalny.

W procesie elongacji kwasu linolowego (Ω -6 18:2) powstaje kwas arachidonowy (AA, 20:4 Ω -6), z którego w wyniku przemian, katalizowanych przez cyklooksygenazy i lipooksygenazy, powstają eikozanoidy o silnych właściwościach prozapalnych (prostaglandyny i tromboksan serii 2 oraz leukotrieny serii 4). Natomiast w procesie elongacji kwasu linolenowego (Ω -3 18:3) powstają kwasy EPA i DHA (Ω -3), z których w peroksysomie są syntetyzowane związki o słabszych właściwościach prozapalnych (prostaglandyny i tromboksan serii 3 oraz leukotrieny serii 5). Powstają z nich także aktywne cząsteczki odpowiedzialne za wygaszanie procesu zapalnego, tzw. rezolwiny E (z kwasu EPA) i marezyny (z kwasu DHA) [4, 60].

Z badań wynika także, że nadmiar w diecie kwasów tłuszczowych z rodziny Ω -6 działa immunosupresyjnie i kancerogennie. Wpływ może być bezpośredni i pośredni; bezpośredni wynika z niekorzystnej roli produktów powstających w wyniku peroksydacji lipidów z nadmiernej ilości eikozanoidów. Natomiast pośredni z zaburzenia statusu oksydacyjnego organizmu, czego skutkiem jest wzmożona peroksydacja lipidów strukturalnych, dysfunkcja białek, czy aktywacja onkogenów [7, 33]. Potwierdzają to badania epidemiologiczne, które wykazały, że wzrost spożycia olejów roślinnych bogatych w kwasy z rodziny omega-6 koreluje dodatnio z zachorowalnością na nowotwory. Może to być wynikiem zaburzonego stosunku kwasów Ω -6/ Ω -3, gdyż szacuje się, że wynosi on obecnie 20-30:1 [39, 44].

Natomiast eikozanoidy syntetyzowane z kwasu linolenowego (Ω -3) wykazują działanie przeciwzapalne i przeciwzakrzepowe. Działają także immunostymulująco i hamująco na procesy nowotworzenia oraz wykazują silne działanie kardioprotekcyjne [56, 75]. Kardioprotekcyjne działanie kwasów z rodziny Ω -3 uzyskuje się już w dawkach około 1 g/dzień, czyli możliwych do pokrycia przez źródła pokarmowe. Niższym dawkom (0,5-1,0 g/dobę) towarzyszy antyarytmiczność, przejawiająca się

zmniejszeniem ryzyka nagłego zgonu lub zgonu z przyczyn sercowo-naczyniowych. Dawce wyższej (2/3-4 g/dzień) i przy dłuższym stosowaniu preparatu towarzyszy również działanie przeciwzapalne, przeciwplatekcyjne, hipotensyjne, co znacznie poprawia rokowanie w chorobach układu sercowo-naczyniowego [55]. Wyższe dawki mogą być także z powodzeniem stosowane w leczeniu hipertriglicerydemii (TG > 150 mg/dl). W dawkach 3 g/dobę lub większych zmniejszają hipertriglicerydemię, nie wpływając na stężenie cholesterolu całkowitego [81]. Zwiększenie spożycia kwasów tłuszczowych z rodziny Ω -3 wiąże się także ze zmniejszeniem ciśnienia tętniczego krwi oraz spoczynkowej częstości rytmu serca [27, 54]. Kwasy z rodziny omega-3 zwiększają również wrażliwość tkanek na insulinę i hamują czynność płytek krwi [15, 53]. W badaniach odnotowano korzystne skutki podawania kwasów Ω -3 w zapobieganiu progresji miażdżycy u kobiet po menopauzie [57].

Reasumując, prawidłowy stosunek kwasów z rodzin Ω -3: Ω -6 w diecie pozwala zachować równowagę między prozapalnymi a wygaszającymi proces zapalny mediatorami, a także ma istotny wpływ na rozwój i stan zdrowotny organizmu. Niestety, w typowej diecie krajów wysoko rozwiniętych stosunek ten często wynosi 1:15-1:30 i dlatego jest uważany za niezależny czynnik rozwoju chorób sercowo-naczyniowych [49, 57].

Należy także pamiętać, że zwiększeniu spożycia NNKT powinno towarzyszyć wzbogacenie pożywienia w witaminy o charakterze przeciwutleniającym. Przyjmuje się, że na każdy 1 g WNKKT powinno przypadać około 0,4 mg α -tokoferolu. Trzeba więc wybierać produkty bogate w te tłuszcze oraz witaminy i stale je dostarczać, gdyż ulegają przemianom w procesach metabolicznych. Ich niedobór wynika najczęściej z przewlekłego stosowania diety beztłuszczowej lub długotrwałej głodówki. Może być także wynikiem małej aktywności lub całkowitego braku aktywności desaturaz, katalizujących przemiany kwasów linolowego i linolenowego w organizmie [47, 84].

WYSTĘPOWANIE KWASÓW TŁUSZCZOWYCH W POŻYWIENIU

Rodzaj i zawartość kwasów tłuszczowych występujących w tłuszczach spożywczych jest zmienny i zależy od wielu czynników, do których zalicza się przede wszystkim pochodzenie zwierzęce lub roślinne. W tłuszczach roślinnych udział poszczególnych kwasów tłuszczowych jest również zróżnicowany. W olejach sojowym, słonecznikowym, rzepakowym, czy lnianym przeważają kwasy tłuszczowe nienasycone, natomiast w oleju palmowym i kokosowym kwasy tłuszczowe nasycone. W tłuszczach zwierzęcych przeważają kwasy tłuszczowe nasycone, choć niektóre produkty (np. drób) charakteryzuje duża zawartość kwasu oleinowego. Obfite w WNKKT są natomiast tłuszcze zwierząt morskich [40].

Kwasy tłuszczowe, zarówno nasycone, jak i nienasycone, mogą być syntetyzowane w organizmie człowieka. Jednak kwasy - linolowy i linolenowy, ze względu na brak

odpowiednich enzymów (desaturaz), nie mogą być syntetyzowane i muszą być dostarczane z pożywieniem. Dlatego zalicza się je do grupy niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych (NNKT). Ich niedobór w pożywieniu ssaków prowadzi do wielu zaburzeń w metabolizmie komórkowym, tj. spadku odporności organizmu, niedorozwoju umysłowego, utrudnionej regeneracji tkanek, zakłóceń gospodarki lipidowo-węglowodanowej i zapalnej [40, 78].

Spośród olejów roślinnych NNKT z rodziny Ω -6 zawierają oleje: sojowy, słonecznikowy, kukurydziany, z orzeszków ziemnych i oliwę, natomiast NNKT z rodziny Ω -3 - oleje lniany i z orzechów włoskich. W popularnym w Polsce oleju rzepakowym, nazywanym oliwą północną, występują kwasy tłuszczowe należące do obu rodzin [45, 49].

SKŁAD OLEJU RZEPAKOWEGO I OLIWY Z OLIWEK

Na polskim rynku dominują oleje roślinne: rzepakowy, sojowy, słonecznikowy oraz oliwa. Przeprowadzone badania rynkowe wykazały, że z 75% sprzedaży wszystkich olejów roślinnych to olej rzepakowy, a oliwa, z powodu doniesień o korzystnych właściwościach zdrowotnych diety śródziemnomorskiej, cieszą się wciąż stałą, dużą popularnością [8, 20, 41].

W Polsce uprawia się wyłącznie odmiany rzepaku bezerukowego, z około dziesięciokrotnie obniżoną zawartością tioglikozydów (do 15 μ moli tioglikozydów na gram suchej masy nasion) i jednocześnie ze zwiększoną zawartością kwasów: oleinowego, linolowego i α -linolenowego [41, 42].

Obecnie na polskim rynku dostępny jest bogaty wybór olejów z oliwek. Ich jakość i skład chemiczny zależy od odmiany oliwek, uwarunkowań klimatycznych regionu, sposobu uprawy i zbioru, sposobu tłoczenia, czy środka transportu. Spośród wszystkich rodzajów oliwy, najwyższą jakością charakteryzuje się oliwa tłoczona na zimno extra virgin.

Olej rzepakowy i oliwa charakteryzują się podobnym, lecz nie identycznym składem kwasów tłuszczowych i substancji aktywnych biologicznie.

Jak wynika z danych zamieszczonych w tabeli 1 oliwa zawiera dwukrotnie więcej nasyconych kwasów tłuszczowych niż olej rzepakowy. Obydwa oleje zawierają dużą ilość kwasu oleinowego oraz odmienną zawartość wielonienasyconych kwasów tłuszczowych. Różne ilości i proporcje poszczególnych kwasów tłuszczowych wpływają na odmienny stosunek kwasów tłuszczowych Ω -6: Ω -3; dla oleju rzepakowego 2:1, natomiast dla oliwy 8:1.

Badane oleje charakteryzuje również odmienna zawartość substancji o charakterze przeciwutleniającym, w tym witamin rozpuszczalnych w tłuszczach, karotenów, fitosteroli oraz polifenoli (tabela 2).

W procesie rafinacji usuwane są prawie całkowicie fosfolipidy zawarte w surowych olejach, w związku z czym nie

Tabela 1. Średnia zawartość głównych kwasów tłuszczowych występujących w oleju rzepakowym i oliwie [17, 72, 88, 89]

Kwasy tłuszczowe	Średnia zawartość kwasów tłuszczowych [w %]	
	olej rzepakowy rafinowany	oliwa extra virgin
Kwas palmitynowy (16:0)	5	11
Kwas stearynowy (18:0)	2	2
Suma nasyconych KT	7	13
Kwas palmitoleinowy (16:1)	0	1
Kwas oleinowy (18:1) Ω-9	57	69
Kwas elaidynowy (18:1) Ω-7	3	0
Suma jednonienasyconych KT	60	70
Kwas linolowy (18:2) Ω-6	21	11
Kwas α-linolenowy (18:2) Ω-3	11	1
EPA (20:5) Ω-3	0	0
DHA (22:6) Ω-3	0	0
Suma wielonienasyconych KT	32	12
Stosunek Ω-6:Ω-3	2:1	8:1

Tabela 2. Średnia zawartość substancji aktywnych biologicznie występujących w oleju rzepakowym i oliwie [20, 31, 62, 71, 74, 77]

Substancje aktywne biologicznie	olej rzepakowy rafinowany	oliwa extra virgin
α-tokoferol	14	8
β-tokoferol	1	1
γ-tokoferol	34	0.4
δ-tokoferol	3	3
Suma tokoferoli [mg/100 g oleju]	52	12,4
Prowitamina A [μg/100 g]	550	33
Witamina K [μg/100 g]	150	33
Polifenole [mg/L]	80	500
Suma przeciwutleniaczy [mg/100 g oleju]	13,75	12,5
Brassicasterol	50-70	0
Kampesterol	150-270	10-20
β-sitosterol	300-400	130-260
Awenasterol	20	10-15
Stigmasterol	0-2	4-50
Skwalen	0	200-700
Cholesterol	0-15	0
Suma steroli [mg/100 g oleju]	520-777	390-1045

wpływają one w sposób istotny na ich wartość spożywczą [58]. W skład substancji niezmydlających, pozostających w oleju po procesie rafinacji, wchodzi: tokoferole [59], karoteny [73], sterole roślinne i ich estry [68], woski i związki polifenolowe [38, 70].

Całkowita zawartość tokoferoli jest większa w oleju rzepakowym; średnio wynosi około 52 mg/100 g oleju i składa się głównie z α- i γ-tokoferoli [59]. Natomiast zawartość tokoferoli w oliwie jest około 4-krotnie

mniejsza i wynosi 12 mg/100 g oleju, a głównymi tokoferolami oliwy są α- i δ-tokoferol [9, 72]. Zawartość prowitaminy A w oleju rzepakowym przewyższa prawie 15-krotnie jego ilość w oliwie, a witaminy K około 4,5-krotnie. Są to jednak ilości rzędu mikrogramów, nieznacznie wpływające na aktywność antyoksydacyjną oleju rzepakowego.

Korzystne właściwości zdrowotne tych olejów zależą również od zawartości fitosteroli i polifenoli. Fitosterole

są syntetyzowaną przez rośliny grupą związków będących strukturalnymi i funkcjonalnymi analogami cholesterolu. Wszystkie tkanki roślinne zawierają fitosterole, ale najbogatszym ich źródłem są oleje roślinne. Zainteresowanie tą grupą związków wiąże się głównie z ich korzystnym działaniem na profil lipidowy organizmu.

Olej rzepakowy i oliwa różnią się zawartością fitosteroli, ich zawartość w oleju rzepakowym jest około 2 razy większa niż w oliwie. Oliwa nie zawiera brassicasterolu i cholesterolu [68, 76].

Analizując skład omawianych olejów roślinnych pod względem zawartości polifenoli, substancji o bardzo silnych właściwościach przeciwutleniających, można zauważyć, że ich zawartość w oliwie przewyższa znacząco ich ilość w oleju rzepakowym. Średnia zawartość polifenoli dla oliwy wynosi 500 mg/l, podczas gdy dla oleju rzepakowego około 80 mg/l. Wśród polifenoli zawartych w oliwie z pierwszego tłoczenia znajdują się: hydroksytyrozol, tyrozol, oleoeuropeina, oleaceina oraz kwasy: waniliowy, syryngowy, kawowy i kumarynowy. Dowiedziono, że oleoeuropeina, oleaceina i hydroksytyrozol mają silne właściwości przeciwutleniające i przeciwmiażdżycowe [5, 23, 43].

KORZYŚCI ZDROWOTNE WYNIKAJĄCE ZE SPOŻYCIA ŚWIEŻYCH OLEJÓW

W ostatnich latach ukazało się wiele prac wskazujących na korzystną rolę jednonienasyconych kwasów tłuszczowych w profilaktyce miażdżycy. Stało się tak ze względu na zaobserwowany niski wskaźnik zachorowalności na choroby układu sercowo-naczyniowego w rejonie Morza Śródziemnego, gdzie powszechne jest spożycie oliwy. Obecnie już wiadomo, że oliwa korzystnie wpływa na układ sercowo-naczyniowy, a jej wysokie spożycie poprawia metabolizm lipidów, zmniejsza stężenie czynników zapalnych i prozakrzepowych. Badania wykazują także jej udział w obniżaniu masy ciała, a korzystne działanie wynika z dużej zawartości kwasu oleinowego oraz związków polifenolowych o silnych właściwościach przeciwutleniających [1, 25, 46, 48, 61].

Oprócz oliwy, w kwas tłuszczowy jednonienasycony bogaty jest także olej rzepakowy nazywany „oliwą północy”. Wykazano, że bezerukowy olej rzepakowy jest doskonałym źródłem zarówno mono-, jak i polienowych kwasów tłuszczowych, fitosteroli oraz witamin A, E i K. Podobnie jak oliwy, jego spożycie poprawia funkcjonowanie układu sercowo-naczyniowego i wykazuje działanie przeciwmiażdżycowe. Olej rzepakowy zawiera większe ilości kwasu linolenowego (Ω -3) niż oliwa, a stosunek kwasów Ω -3: Ω -6 wynosi dla niego 1:2 [49].

W profilaktyce zdrowotnej chorób układu sercowo-naczyniowego zalecana jest dieta bogata w świeżą oliwę. Badania wykazały, że znajdujące się w niej aktywne związki fenolowe odznaczają się wielostronnym

działaniem biologicznym. Za wysoki potencjał antyoksydacyjny, przeciwwzapalny i przeciwwirusowy są odpowiedzialne głównie oleoeuropeina, jej dialdehydowa pochodna – oleaceina oraz hydroksytyrozol [11, 13, 28, 63]. Oleoeuropeina odpowiada za gorzki smak oliwy, zawiera sekoirydoidy – wtórne produkty metabolizmu terpenów. Pod względem chemicznym jest połączeniem hydroksytyrozolu i kwasu elenolowego z resztą cukrową.

Podawanie szczurom z dietą wysokocholesterolową ekstraktów z liści oliwki w stężeniu 4,32 g oleoeuropeiny/100 g suchej masy wykazało jej silne działanie hipolipemizujące, obserwowane przez spadek stężenia cholesterolu całkowitego, frakcji LDL-CH oraz TG z jednoczesnym wzrostem stężenia cholesterolu frakcji HDL. Indeks aterogeny wyznaczony dla zwierząt utrzymywanych na diecie wysokocholesterolowej, z dodatkiem ekstraktu, był prawie dwukrotnie niższy, niż wyznaczony dla zwierząt utrzymywanych na diecie bez jego dodatku. Najprawdopodobniej działanie hipolipemizujące oleoeuropeiny wynika z jej wpływu na zahamowanie wchłaniania cholesterolu w jelicie cienkim oraz z przyspieszenia jego wydalania z żółcią. Podawanie ekstraktów zawierających oleoeuropeinę powodowało także wzrost aktywności enzymów antyoksydacyjnych: dysmutazy ponadtlenkowej i katalazy [34, 36]. Oleoeuropeina ma także właściwości zmiatacza wolnych rodników. Visioli i wsp. zaobserwowali, że glikozyd sekoirydoidowy oraz hydroksytyrozol wykazują zdolność wymiatania rodnika 1,1-difenylopirokrylohydrozylowego (DPPH) [79]. W innych badaniach wykazano korzystny wpływ podawania oleoeuropeiny na profil oksydacyjny organizmu podczas przebiegu doświadczalnej cukrzycy u szczurów. Jemai i wsp. stwierdzili, że oleoeuropeina podawana w stężeniach 8 i 16 mg/kg m.c. działa glikemicznie, hipolipemizująco i antyoksydacyjnie [35]. Oleoeuropeina ma także właściwości immunomodulujące wpływając tym samym na syntezę mediatorów stanu zapalnego. Giamarellosa-Bourboulisa i wsp. wykazali, że powoduje spadek liczby komórek bakteryjnych we krwi i w płucach królików zainfekowanych szczepami wrażliwymi *Pseudomonas aeruginosa* oraz niskie stężenie TNF- α , u zwierząt zainfekowanych zarówno szczepem wrażliwym, jak i lekoopornym. Sugeruje to, że podawana zwierzętom oleoeuropeina moduluje sekrecję cytokin prozapalnych i nasila fagocytozę [29]. Puerta i wsp. [16] w badaniach, na aktywowanych jonami wapnia leukocytach szczurzych, wykazali aktywność przeciwzapalną oleoeuropeiny. Podawana w stężeniach 40-200 μ M hamowała syntezę leukotrienu LTB₄ przez hamowanie aktywności 5-lipooksygenazy [16]. Natomiast Procopio i wsp. odnotowali jej zdolność do hamowania aktywności cyklooksygenaz COX-1 i COX-2 [65]. Prowadzone są również badania aktywności przeciwnowotworowej oleoeuropeiny, ale uzyskane wyniki nie są jednoznaczne. Menendez i wsp. stwierdzili, że nie ma potencjału cytostatycznego wobec komórek linii MCF-7 i SKBR-3 [52], natomiast Waterman i Lockwood ustalili, że przyjmowanie z wodą pitną 1% roztworu oleoeuropeiny powodowało regresję nowotworu piersi [83]. Drugim

ważnym składnikiem oliwy jest oleaceina - dialdehydowa pochodna kwasu elenolowego związana z hydroksytyrozolem. Potęguje gorzki smak oliwy, ale wykazuje także dużą aktywność biologiczną. W niektórych gatunkach oliwy stanowi nawet 50% fenolowej frakcji, a jej stężenie wynosi 800 mg/kg. Z tego powodu spożycie oliwy bogatej w oleaceinę w ilości około 50 g dostarcza około 35 mg tego związku na dzień. Wykazano, że nawet tak niewielkie dawki, jeśli są przyjmowane regularnie, korzystnie wpływają na układ sercowo-naczyniowy [63]. Oleaceina wykazuje silne właściwości przeciwutleniające, ochrania cholesterol frakcji LDL przed utlenianiem oraz hamuje hemolizę erytrocytów. Visioli i wsp. wykazali, że oleaceina podawana w stężeniu 10 µM hamowała utlenianie lipoprotein LDL indukowane za pomocą siarczanu (VI) miedzi, jednocześnie obniżając stężenia produktów peroksydacji lipidów [80]. W badaniach Paiva i wsp. stwierdzono, że oleaceina podawana w stężeniu 20 µM zmniejszała o połowę hemolizę erytrocytów indukowaną nadtlakiem wodoru [63]. Przeprowadzane badania dowiodły także, że oleaceina zapobiega oksydacyjnym uszkodzeniom DNA [24], a ponadto jest związkiem o silnych właściwościach bakteriobójczych [51] i przeciwzapalnych [18].

Rodríguez-Gutiérrez i wsp. wykazali silne właściwości przeciwutleniające hydroksytyrozolu i zasugerowali, że związek ten, jako składnik diety, może zapobiegać chorobom związanym z uszkodzeniami oksydacyjnymi [66]. W innych badaniach powiązali korzystne właściwości fenolowych ekstraktów oliwy z prewencją chorób układu sercowo-naczyniowego [67].

Ze względu na właściwości biologiczne, w związkach tych upatruje się substancji leczniczych stosowanych w prewencji wielu chorób, m.in. układu sercowo-naczyniowego, w tym miażdżycy naczyń krwionośnych, w terapii nadciśnienia tętniczego oraz wspomagania w terapii przeciwnowotworowej. Natomiast olej rzepakowy bogaty jest w witaminy i związki o charakterze przeciwutleniającym (głównie fitosterole), które odgrywają ważną rolę w zmiataniu wolnych rodników, dzięki czemu pełnią istotną rolę w profilaktyce chorób sercowo-naczyniowych i nowotworowych [74]. Badania Schrødera i wsp. wykazały, że podawanie królikom świeżego oleju rzepakowego jako dodatku do wysokocholesterolowej diety (2 g/kgm.c.), spowodowało wzrost stężenia fitosteroli (głównie kampesterolu) w surowicy krwi. Zmiany były przyczyną znamienne statystycznego obniżenia stężenia cholesterolu całkowitego oraz cholesterolu frakcji LDL [69]. Gladine i wsp. wskazują, że spożycie świeżego oleju rzepakowego 20 g na dzień powoduje wzrost stężenia cholesterolu frakcji HDL, przy jednoczesnym obniżeniu stężenia utlenionych LDL w surowicy krwi [30]. Powyższe informacje potwierdzili

Xu i wsp., podczas trwającego 10 tygodni eksperymentu zaobserwowali wzrost aktywności enzymów antyoksydacyjnych (GPx, CAT, SOD), stosunku HDL-CH/LDL-CH oraz obniżenie stężeń całkowitego cholesterolu, LDL-CH i TG, jak również obniżenie stężeń II 6 i białka C-reaktywnego [87]. Palomäki i wsp. także stwierdzili, że suplementacja 35 ml tłoczonego na zimno oleju rzepakowego do diety osób z zespołem metabolicznym, spowodowała redukcję stężenia cholesterolu całkowitego o 8%, a LDL-CH o około 11%. Zapobiegała także utlenianiu lipoprotein LDL [64].

Deng i wsp. w badaniach przeprowadzonych na szczurach utrzymywanych na diecie wysokotłuszczowej potwierdzili silne właściwości przeciwutleniające oleju rzepakowego oraz hamowanie procesu peroksydacji lipidów przez związki o charakterze przeciwutleniającym, zawarte w tym oleju [19]. Podobne wyniki uzyskali Xu i wsp. wykazując, że olej rzepakowy, podawany szczurom utrzymywanym na diecie wysokotłuszczowej, może się przyczyniać do poprawy funkcjonowania komórek wątroby w niealkoholowym stłuszczeniu wątroby wywołanym dietą wysokotłuszczową [86].

Wykazano więc, że spożycie bogatego w związki o potencjale przeciwutleniającym oleju rzepakowego może zapobiegać miażdżycy przez łagodzenie stresu oksydacyjnego, poprawę profilu lipidowego i łagodzenie stanu zapalnego, a więc może korzystnie wspomagać leczenie pacjentów z dużym ryzykiem chorób sercowo-naczyniowych.

PODSUMOWANIE

Jednym ze wskaźników jakości zdrowej diety jest poziom spożycia WNKT z rodzaju omega-3 i -6 oraz ich wzajemna proporcja. Istotne jest także przyjmowanie z dietą substancji o właściwościach przeciwutleniających. Dominujące na polskim rynku oleje rzepakowy i oliwę charakteryzuje zbliżony skład chemiczny. Różnice w składzie dotyczą stosunku kwasów Ω -3: Ω -6 oraz zawartości substancji o charakterze przeciwutleniającym. Dla oleju rzepakowego stosunek kwasów Ω -3: Ω -6 wynosi około 1:2, natomiast dla oliwy 1:8. Oba stosunki mieszczą się w zalecanych przez ekspertów żywieniowych stosunkach w przyjmowaniu tych kwasów tłuszczowych. Olej rzepakowy jest bogatszy w tokoferole, natomiast oliwa w polifenole. Obie grupy związków wykazują silne działanie przeciwutleniające, zarówno ochraniające układ biologiczny oleju przed utlenianiem, jak i leżące u podłoża właściwości przeciwzapalnych i przeciwzakrzepowych, a tym samym zapobiegające chorobom układu sercowo-naczyniowego i nowotworzeniu. Wydaje się więc, że pod względem właściwości zdrowotnych oba oleje powinny znajdować się w dobrze zbilansowanej diecie.

PIŚMIENNICTWO

- [1] Antonogeorgos G., Panagiotakos D.B., Pitsavos C., Papageorgiou C., Chrysoshoou C., Papadimitriou G.N., Stefanadis C.: Understanding the role of depression and anxiety on cardiovascular disease risk, using structural equation modeling; the mediating effect of the Mediterranean diet and physical activity: the ATTICA study. *Ann. Epidemiol.*, 2012; 22: 630-637
- [2] Baker E.J., Miles E.A., Burdge G.C., Yaqoob P., Calder P.C.: Metabolism and functional effects of plant-derived omega-3 fatty acids in humans. *Prog. Lipid Res.*, 2016; 64: 30-56
- [3] Brzozowska A.: Składniki mineralne W: Żywnienie człowieka. Podstawy nauki o żywieniu, tom 1, red.: J. Gawęcki, L. Hryniewiecki. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2004, 198-237
- [4] Calder P.C.: Polyunsaturated fatty acids and inflammatory processes: New twists in an old tale. *Biochimie*, 2009; 91: 791-795
- [5] Carluccio M.A., Siculella L., Ancora M.A., Massaro M., Scoditti E., Storelli C., Visioli F., Distanto A., De Caterina R.: Olive oil and red wine antioxidant polyphenols inhibit endothelial activation: antiatherogenic properties of Mediterranean diet phytochemicals. *Arterioscler. Thromb. Vasc. Biol.*, 2003; 23: 622-629
- [6] Cichoń R., Wądołowska L.: Składniki odżywcze. Węglowodany. W: Żywnienie człowieka. Podstawy nauki o żywieniu, tom 1, red.: J. Gawęcki, L. Hryniewiecki. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2004, 138-151
- [7] Cichosz G., Czeczot H.: Rzekomo zdrowe tłuszcze roślinne. *Pol. Merk. Lek.*, 2011; 31: 239-243
- [8] Cichosz G., Czeczot H.: Stabilność oksydacyjna tłuszczów jadalnych – konsekwencje zdrowotne. *Bromat. Chem. Toksykol.*, 2011; 44: 50-60
- [9] Codex Alimentarius Commission CL. 2015/05-FO
- [10] Codex Alimentarius International Food Standard. STANDARD FOR NAMED VEGETABLE OILS. CODEX STAN 210-1999. Adopted in 1999. Revised in 2001, 2003, 2009, 2017. Amended in 2005, 2011, 2013, 2015
- [11] Cornwell D.G., Ma J.: Nutritional benefit of olive oil: the biological effects of hydroxytyrosol and its arylating quinone adducts. *J. Agric. Food Chem.*, 2008; 56: 8774-8786
- [12] Cybulska B., Kłósiewicz-Latoszek L.: Kwasy tłuszczowe omega 3 w prewencji choroby niedokrwiennej serca. *Kardiologia Pol.*, 2005; 62: 625-630
- [13] Czerwińska M.: Oleuropeina i jej dialdehydowa pochodna oleaceina jako główne składniki aktywne oliwki europejskiej (*Olea europaea* L.). *Czyn. Ryz.*, 2010; 2: 42-49
- [14] De Caterina R.: Kwasy tłuszczowe z grupy omega-3 w chorobach układu krążenia. *Kardiologia po Dyplomie*, 2011; 10: 12-28
- [15] De Caterina R., Madonna R., Bertolotto A., Schmidt E.B.: n-3 Fatty acids in the treatment of diabetic patients: biological rationale and clinical data. *Diabetes Care*, 2007; 30: 1012-1026
- [16] de la Puerta R., Ruiz Gutierrez V., Houtl J.R.: Inhibition of leukocyte 5-lipoxygenase by phenolics from virgin olive oil. *Biochem. Pharmacol.*, 1999; 57: 445-449
- [17] De Leonaradis A., Macciola V., Lembo G., Aretini A., Nag A.: Studies on oxidative stabilisation of lard by natural antioxidants recovered from olive-oil mill wastewater. *Food Chem.*, 2007; 100: 998-1004
- [18] Dell'Agli M., Fagnani R., Mitro N., Scurati S., Masciadri M., Mussoni L., Galli G.V., Bosio E., Crestani M., De Fabiani E., Tremoli E., Caruso D.: Minor components of olive oil modulate proatherogenic adhesion molecules involved in endothelial activation. *J. Agric. Food Chem.*, 2006; 54: 3259-3264
- [19] Deng Q., Yu X., Xu J., Wang L., Huang F., Huang Q., Liu C., Ma F.: Effects of endogenous and exogenous micronutrients in rapeseed oils on the antioxidant status and lipid profile in high-fat fed rats. *Lipids Health Dis.*, 2014; 13: 198
- [20] Drewniak D., Obiedziński M.W.: Wpływ obróbki termicznej na zawartość steroli w oleju rzepakowym oraz w mieszaninach na bazie oleju rzepakowego. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2012; 3: 64-76
- [21] Drozdowski B.: Lipidy. W: *Chemia żywności*, red. Z. Sikorski. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1988, 129-187
- [22] Dybkowska E.: Rola kwasów tłuszczowych w żywieniu i zdrowiu człowieka. W: *Znaczenie racjonalnego żywienia w edukacji zdrowotnej*, red. A. Wolska-Adamczyk. Wyższa Szkoła Infrastruktury i Zarządzania, Warszawa 2015, 173-186
- [23] Edgecombe S.C., Stretch G.L., Hayball P.J.: Oleuropein, an antioxidant polyphenol from olive oil, is poorly absorbed from isolated perfused rat intestine. *J. Nutr.*, 2000; 130: 2996-3002
- [24] Fabiani R., Rosignoli P., De Bartolomeo A., Fuccelli R., Servili M., Montedoro G.F., Morozzi G.: Oxidative DNA damage is prevented by extracts of olive oil, hydroxytyrosol, and other olive phenolic compounds in human blood mononuclear cells and HL60 cells. *J. Nutr.*, 2008; 138: 1411-1416
- [25] Fernández-Real J.M., Bulló M., Moreno-Navarrete J.M., Ricart W., Ros E., Estruch R., Salas-Salvadó J.: A Mediterranean diet enriched with olive oil is associated with higher serum total osteocalcin levels in elderly men at high cardiovascular risk. *J. Clin. Endocrinol. Metab.*, 2012; 97: 3792-3798
- [26] Frančáková H., Ivanišová E., Dráb S., Krajčovič T., Tokár M., Mareček J., Musilová J.: Composition of fatty acids in selected vegetable oils. *Potravinárstvo*, 2015, 9: 538-542
- [27] Geleijnse J.M., Giltay E.J., Grobbee D.E., Donders A.R., Kok F.J.: Blood pressure response to fish oil supplementation: meta-regression analysis of randomized trials. *J. Hypertens.*, 2002; 20: 1493-1499
- [28] George E.S., Marshall S., Mayr H.L., Trakman G.L., Taticu-Babet O.A., Lassemillante A.M., Bramley A., Reddy A.J., Forsyth A., Tierney A.C., Thomas C.J., Itsiopoulos C., Marx W.: The effect of high-polyphenol extra virgin olive oil on cardiovascular risk factors: a systematic review and meta-analysis. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 2018 (w druku)
- [29] Giamarellos-Bourboulis E.J., Geladopoulos T., Chrisofos M., Koutoukas P., Vassiliadis J., Alexandrou I., Tsaganos T., Sabracos L., Karagianni V., Pelekanou E., Tzepi I., Kranidioti H., Koussoulas V., Giamarellos H.: Oleuropein: a novel immunomodulator conferring prolonged survival in experimental sepsis by *Pseudomonas aeruginosa*. *Shock*, 2006; 26: 410-416
- [30] Gladine C., Combe N., Vaysse C., Pereira B., Huertas A., Salvati S., Rossignol-Castera A., Cano N., Chardigny J.M.: Optimized rapeseed oil enriched with healthy micronutrients: a relevant nutritional approach to prevent cardiovascular diseases. Results of the Optim'Oil randomized intervention trial. *J. Nutr. Biochem.*, 2013; 24: 544-549
- [31] Heinonen M., Haila K., Lampi A.M., Piironen V.: Inhibition of oxidation in 10% oil-in-water emulsions by β -carotene with α - and γ -tocopherols. *J. Am. Oil. Chem. Soc.*, 1997; 74: 1047
- [32] Hryniewiecki L. Białka. W: *Żywnienie człowieka. Podstawy nauki o żywieniu*, tom 1, red.: J. Gawęcki, L. Hryniewiecki. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2004, 176-197
- [33] Jelińska M.: Kwasy tłuszczowe – czynniki modyfikujące procesy nowotworowe. *Biul. Wydz. Farm. AMW*, 2005; 1: 1-9
- [34] Jemai H., Bouaziz M., Fki I., El Feki A., Sayadi S.: Hypolipidemic and antioxidant activities of oleuropein and its hydrolysis derivative-rich extracts from Chemlali olive leaves. *Chem. Biol. Interact.*, 2008; 176: 88-98
- [35] Jemai H., El Feki A., Sayadi S.: Antidiabetic and antioxidant ef-

fects of hydroxytyrosol and oleuropein from olive leaves in alloxan-diabetic rats. *J. Agric. Food Chem.*, 2009; 57: 8798-8804

[36] Jemai H., Fki I., Bouaziz M., Bouallagui Z., El Feki A., Isoda H., Sayadi S.: Lipid-lowering and antioxidant effects of hydroxytyrosol and its triacetylated derivative recovered from olive tree leaves in cholesterol-fed rats. *J. Agric. Food Chem.*, 2008; 56: 2630-2636

[37] Jeszka J., Kołajtis-Dołowy A.: Planowanie żywienia. W: *Żywnie człowieka. Podstawy nauki o żywieniu*, tom 1, red.: J. Gawęcki, L. Hryniewiecki. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2004, 450-460

[38] Kania M., Michalak M., Gogolewski M.: Effect of biologically active substances on antioxidant activity in rapeseed oil tested in accelerated oxidative process. *Rośl. Oleiste*, 2005; 26: 281-291

[39] Kolanowski W.: Długołańcuchowe wielonienasycone kwasy tłuszczowe omega-3 - znaczenie zdrowotne w obniżaniu ryzyka chorób cywilizacyjnych. *Bromat. Chem. Toksykol.*, 2007; 40: 229-237

[40] Kołodziejczyk A.: *Naturalne związki organiczne*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2003

[41] Krygier K.: Olej rzepakowy – mity i fakty. W: *Olej rzepakowy – nowy surowiec, nowa prawda*, tom 2, red.: J. Krzymański, I. Bartkowiak-Broda, K. Krygier, W.B. Szostak, J. Tys, S. Ptasznik, M. Wroniak, Wydawnictwo PSPO, Warszawa 2009, 89-99

[42] Krzymański J., Bartkowiak-Broda I., Krygier K., Szostak W.B., Tys J., Ptasznik S., Wroniak M.: *Olej rzepakowy – nowy surowiec, nowa prawda*. Tom 2, Wydawnictwo PSPO, Warszawa 2009

[43] Kwiatkowska E.: Właściwości zdrowotne oliwy z oliwek. *Postępy Fitoterapii*, 2007; 3: 168-171

[44] Lands B.: Historical perspectives on the impact of n-3 and n-6 nutrients on health. *Prog. Lipid Res.*, 2014; 55: 17-29

[45] Lasota B., Mizia-Stec K., Haberk M., Gąsior Z.: Wielonienasycone kwasy tłuszczowe omega-3 w prewencji wtórnej po zawale mięśnia sercowego. *Kardioprofil*, 2011; 9: 7-15

[46] Lou-Bonafonte J.M., Fitó M., Covas M.I., Farràs M., Osada J.: HDL-related mechanisms of olive oil protection in cardiovascular disease. *Curr. Vasc. Pharmacol.*, 2012; 10: 392-409

[47] Łoźna K., Kita A., Styczyńska M., Biernat J.: Skład kwasów tłuszczowych olejów zalecanych w profilaktyce chorób cywilizacyjnych. *Probl. Hig. Epidemiol.*, 2012; 934: 871-875

[48] Martínez-González M.A., Gea A.: Mediterranean diet: the whole is more than the sum of its parts. *Br. J. Nutr.*, 2012; 108: 577-578

[49] Materac E., Marczyński Z., Bodek K.H.: Rola kwasów tłuszczowych omega-3 i omega-6 w organizmie człowieka. *Bromat. Chem. Toksykol.*, 2013; 46: 225-233

[50] McDowell D., Elliott C.T., Koidis A.: Characterization and comparison of UK, Irish, and French cold pressed rapeseed oils with refined rapeseed oils and extra virgin olive oils. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.*, 2017; 119: 1600327

[51] Medina E., de Castro A., Romero C., Brenes M.: Comparison of the concentrations of phenolic compounds in olive oils and other plant oils: correlation with antimicrobial activity. *J. Agric. Food Chem.*, 2006; 54: 4954-4961

[52] Menendez J.A., Vazquez-Martin A., Colomer R., Brunet J., Carrasco-Pancorbo A., Garcia-Villalba R., Fernandez-Gutierrez A., Segura-Carretero A.: Olive oil's bitter principle reverses acquired autoresistance to trastuzumab (Herceptin™) in HER2-overexpressing breast cancer cells. *BMC Cancer*, 2007; 7: 80

[53] Mińkowski K., Grześkiewicz S., Jerzewska M.: Ocena wartości odżywczej olejów roślinnych o dużej zawartości kwasów linolowych na podstawie składu kwasów tłuszczowych, tokoferoli i steroli. *Żywn. Nauka Technol. Jakość*, 2011; 2: 124-135

[54] Mozaffarian D.: Fish, n-3 fatty acids, and cardiovascular haemodynamics. *J. Cardiovasc. Med.*, 2007; 8: S23-S26

[55] Mozaffarian D., Rimm E.B.: Fish intake, contaminants, and human health: evaluating the risks and the benefits. *JAMA*, 2006; 296: 1885-1899

[56] Nagao K., Yanagita T.: Bioactive lipids in metabolic syndrome. *Prog. Lipid Res.*, 2008; 47: 127-146

[57] Naruszewicz M., Kozłowska-Wojciechowska M., Kornacewicz-Jach Z., Członkowska A., Januszewicz A., Steciwko A.: Rekomendacje Grupy Ekspertów dotyczące spożycia i suplementacji diety kwasami omega-3 w populacji ludzi dorosłych. *Fam. Med. Primary Care Rev.*, 2007; 9: 175-176

[58] Niewiadomski H.: *Wydobywanie tłuszczów*. W: *Technologia tłuszczów jadalnych*, red.: H. Niewiadomski. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 1993, 18-152

[59] Nogala-Kałucka M., Muśnicki C., Kupczyk B., Jasińska-Stępnik A., Bartkowiak-Fludra E., Siger A.: Preliminary studies of tocopherol content in seeds of open pollinated and hybrids varieties of winter rape. *Rośl. Oleiste*, 2005; 26: 561-570

[60] Nowak J.Z.: Przeciwwzapalne „prowygaszeniowe” pochodne wielonienasyconych kwasów tłuszczowych omega 3 i omega 6. *Postępy Hig. Med. Dośw.*, 2010; 64: 115-132

[61] Owen R.W., Giacosa A., Hull W.E., Haubner R., Würtele G., Spiegelhalter B., Bartsch H.: Olive-oil consumption and health: the possible role of antioxidants. *Lancet Oncol.*, 2000; 1: 107-112

[62] Owen R.W., Mier W., Giacosa A., Hull W.E., Spiegelhalter B., Bartsch H.: Phenolic compounds and squalene in olive oils: the concentration and antioxidant potential of total phenols, simple phenols, secoiridoids, lignans and squalene. *Food Chem. Toxicol.*, 2000; 38: 647-659

[63] Paiva-Martins F., Fernandes J., Santos V., Silva L., Borges F., Rocha S., Belo L., Santos-Silva A.: Powerful protective role of 3,4-dihydroxyphenylethanol-elenolic acid dialdehyde against erythrocyte oxidative-induced hemolysis. *J. Agric. Food Chem.*, 2010; 58: 135-140

[64] Palomäki A., Pohjantähti-Maaroos H., Wallenius M., Kankkunen P., Aro H., Husgafvel S., Pihlava J.M., Oksanen K.: Effects of dietary cold-pressed turnip rapeseed oil and butter on serum lipids, oxidized LDL and arterial elasticity in men with metabolic syndrome. *Lipids Health Dis.*, 2010; 9: 137

[65] Procopio A., Alcaro S., Nardi M., Oliverio M., Ortuso F., Sacchetta P., Pieragostino D., Sindona G.: Synthesis, biological evaluation, and molecular modeling of oleuropein and its semisynthetic derivatives as cyclooxygenase inhibitors. *J. Agric. Food Chem.*, 2009; 57: 11161-11167

[66] Rodríguez-Gutiérrez G., Rubio-Senent F., Gómez-Carretero A., Maya I., Fernández-Bolaños J., Duthie G.G., de Roos B.: Selenium and sulphur derivatives of hydroxytyrosol: inhibition of lipid peroxidation in liver microsomes of vitamin E-deficient rats. *Eur. J. Nutr.*, 2018 (w druku)

[67] Rubio-Senent F., de Roos B., Duthie G., Fernández-Bolaños J., Rodríguez-Gutiérrez G.: Inhibitory and synergistic effects of natural olive phenols on human platelet aggregation and lipid peroxidation of microsomes from vitamin E-deficient rats. *Eur. J. Nutr.*, 2015, 54: 1287-1295

[68] Rudzińska M., Muśnicki C., Wąsowicz E.: Fitosterole i ich pochodne utlenione w nasionach rzepaku ozimego. *Rośl. Oleiste*, 2003; 24: 51-66

[69] Schröder M., Fricke C., Pilegaard K., Poulsen M., Wester I., Lütjohann D., Mortensen A.: Effect of rapeseed oil-derived plant sterol and stanol esters on atherosclerosis parameters in cholesterol-challenged heterozygous Watanabe heritable hyperlipidaemic rabbits. *Br. J. Nutr.*, 2009; 102: 1740-1751

[70] Siger A., Nogala-Kałucka M., Lampart-Szczapa E., Hoffman A.: Antioxidant activity of phenolic compounds of selected cold-pressed and refined plant oils. *Rośl. Oleiste*, 2005; 26: 549-559

- [71] Smith T.J.: Squalene: potential chemopreventive agent. *Expert Opin. Investig. Drugs*, 2000; 9: 1841-1848
- [72] Souci S.W., Fachman W., Kraut H.: *Food Composition and Nutrition Tables*, 7th revised and completed edition. *Med Pharm*, 2008
- [73] Strobel W., Tys J., Sujak A., Gagoś M., Żak W., Kotlarz A., Rybacki R.: Wpływ technologii zbioru na zawartość chlorofili i karotenoidów – w nasionach rzepaku, wytlókach i oleju. *Rośl. Oleiste*, 2005; 26: 479-488
- [74] Szostak W.B.: Walory zdrowotne oleju rzepakowego w profilaktyce chorób układu krążenia i innych chorób. W: *Olej rzepakowy – nowy surowiec, nowa prawda*, tom 2, red.: J. Krzymański, I. Bartkowiak-Broda, K. Krygier, W.B. Szostak, J. Tys, S. Ptasznik, M. Wroniak, Wydawnictwo PSPO, Warszawa 2009, 57-78
- [75] Szostak W.B., Cybulska B.: Profilaktyczny wpływ diety śródziemnomorskiej na choroby układu krążenia. W: *Kardiologia Zapobiegawcza*, red. M. Naruszewicz. *Polskie Towarzystwo Badań nad Miażdżycą*, Szczecin 2003; 287-313
- [76] Szymańska R., Kruk J.: Fitosterole – występowanie i znaczenie dla człowieka. *Kosmos*, 2007; 56: 107-114
- [77] Śliwiok J., Kocjan B.: Chromatographische Untersuchungen der hydrophoben Eigenschaften von Tocopherolen. *Fat. Sci. Technol.*, 1992; 4: 157-159
- [78] Świerczyński J., Wołyniec W., Chmielewski M., Rutkowski B.: Molekularny mechanizm działania kwasów tłuszczowych na profil lipidowy osocza (część I). *Prz. Lek.*, 2007; 64: 37-41
- [79] Visioli F., Bellomo G., Galli C.: Free radical scavenging properties of olive oil polyphenols. *Biochem. Biophys. Res. Commun.*, 1998; 247: 60-64
- [80] Visioli F., Bellomo G., Montedoro G., Galli C.: Low density lipoprotein oxidation is inhibited in vitro by olive oil constituents. *Atherosclerosis*, 1995; 117: 25-32
- [81] von Schacky C.: A review of omega-3 ethyl esters for cardiovascular prevention and treatment of increased blood triglyceride levels. *Vasc. Health Risk. Manag.*, 2006; 2: 251-262
- [82] Wartanowicz M.: Witaminy. W: *Żywność człowieka. Podstawy nauki o żywieniu*, tom 1, red.: J. Gawęcki, L. Hryniewiecki. *Wydawnictwo Naukowe PWN*, Warszawa 2004, 241-280
- [83] Waterman E., Lockwood B.: Active components and clinical applications of olive oil. *Altern. Med. Rev.*, 2007; 12: 331-342
- [84] Wąsowska-Królikowska K., Naruszewicz M., Kozłowska-Wojciechowska M., Socha P.: Stanowisko ekspertów Polskiego Towarzystwa Pediatrycznego (PTP) i Polskiego Towarzystwa Badań nad Miażdżycą (PTBnM) dotyczące przeciwdziałania stanom niedoborowym wielonienasyconych kwasów tłuszczowych omega-3 w żywieniu kobiet w ciąży, niemowląt i dzieci w Polsce. *Czyn. Ryz.*, 2007; 1: 3-4
- [85] Wroniak M., Maszewska M.: Oliwa z oliwek w diecie śródziemnomorskiej. *Żywn. Nauka Technol. Jakość*, 2011; 5: 26-36
- [86] Xu J., Liu X., Gao H., Chen C., Deng Q., Huang Q., Ma Z., Huang F.: Optimized rapeseed oils rich in endogenous micronutrients protect high fat diet fed rats from hepatic lipid accumulation and oxidative stress. *Nutrients*, 2015; 7: 8491-8502
- [87] Xu J., Zhou X., Deng Q., Huang Q., Yang J., Huang F.: Rapeseed oil fortified with micronutrients reduces atherosclerosis risk factors in rats fed a high-fat diet. *Lipids Health Dis.*, 2011; 10: 96
- [88] Zalejska-Fiolka J.: The influence of garlic extract on the oxidation process of edible oils. *La Riv. Ital. delle Sostanze Grasse*, 2001; 77: 343-346
- [89] Zalejska-Fiolka J., Wielkoszyński T., Kasperczyk S., Kasperczyk A., Birkner E.: Effects of oxidized cooking oil and α -lipoic acid on liver antioxidants: enzyme activities and lipid peroxidation in rats fed a high fat diet. *Biol. Trace Elem. Res.*, 2010; 138: 272-281
- [90] Ziemiański Ś.: Tłuszcze. W: *Żywność człowieka. Podstawy nauki o żywieniu*, tom 1, red.: J. Gawęcki, L. Hryniewiecki. *Wydawnictwo Naukowe PWN*, Warszawa 2004, 152-176
- [91] Ziemiański Ś.: Żywność osób dorosłych z uwzględnieniem różnicowanoj aktywności fizycznej. W: *Żywność człowieka zdrowego i chorego*, tom 2, red.: J. Hasik, J. Gawęcki. *Wydawnictwo Naukowe PWN*, Warszawa 2000, 32-48

Autorki deklarują brak potencjalnych konfliktów interesów.