

Właściwości oraz zastosowanie oleju rzepakowego i oleju z amarantusa w leczeniu zaburzeń metabolicznych związanych z otyłością

The properties and the use of rapeseed oil and amaranth oil in the treatment of metabolic disorders related to obesity

STRESZCZENIE

Otyłość jest definiowana jako patologiczna, nadmierna kumulacja tkanki tłuszczowej, rozwijająca się na skutek przewlekłego braku równowagi energetycznej organizmu. Jej podłoże ma charakter wieloczynnikowy. Predysponuje do niej zarówno nieprawidłowy styl życia (błędy dietetyczne, siedzący tryb pracy i odpoczynku, brak aktywności fizycznej), czynniki genetyczne, socjalne i środowiskowe (np. brak higieny snu czy duża dostępność taniej żywności o wysokiej gęstości energetycznej). Główny element terapii otyłości stanowi zmiana stylu życia ze szczególnym uwzględnieniem modyfikacji zachowań żywieniowych i podjęciem dostosowanej do możliwości pacjenta aktywności fizycznej. Zastosowanie ma również żywność funkcjonalna, między innymi: olej rzepakowy i olej z amarantusa. Oba cechują się wysokimi walorami zdrowotnymi. Ich szerokie spektrum działania obejmuje wpływ: hipolipemiczny, hipotensyjny, antyoksydacyjny, hepatoprotekcyjny oraz antyaterogenny przez co oleje te mogą być pomocne w leczeniu zaburzeń metabolicznych związanych z otyłością.

(*Forum Zaburzeń Metabolicznych* 2018, tom 9, nr 2, 53–64)

Słowa kluczowe: olej rzepakowy, olej z amarantusa, otyłość, zespół metaboliczny, żywność funkcjonalna

ABSTRACT

Obesity is defined as pathological or excessive fat accumulation, developing as a result of chronic body energy imbalance. Etiopathogenesis of obesity is multifactorial. It is predisposed by an incorrect lifestyle (inproper dietary habits, sedentary work and rest, lack of physical activity), genetic factors, social factors and environmental factors (lack of sleep hygiene or high availability of high energy density food). The main element of the treatment of obesity is a lifestyle change focused on the proper nutrition and physical activity. There is also the pos-

Małgorzata Moszak, Agnieszka Zawada,
Marian Grzymisławski

Katedra i Klinika Gastroenterologii,
Dietetyki i Chorób Wewnętrznych,
Uniwersytet Medyczny
im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu

Adres do korespondencji:

dr n. med. Małgorzata Moszak
Katedra i Klinika Gastroenterologii,
Dietetyki i Chorób Wewnętrznych,
UM im. K. Marcinkowskiego
ul. Przybyszewskiego 49, 60–355 Poznań
tel. 61 869 16 73
e-mail: mmoszak@ump.edu.pl

Copyright © 2018 Via Medica
ISSN 2081–2450

sibility to use functional foods eg. rapeseed oil and amaranth oil. Both oils are characterized by high health value. They have hypolipemic, hypotensive, antioxidant, hepatoprotective and anti-teratogenic properties. Therefore, both amaranth oil and rapeseed oil are helpful in the treatment of metabolic disorders related to obesity.

(*Forum Zaburzeń Metabolicznych* 2018, tom 9, nr 2, 53–64)

Key words: rapeseed oil, amaranth oil, obesity, metabolic syndrome, functional food

WSTĘP

Nadmierna masa ciała stanowi jeden z wiodących problemów zdrowotnych na świecie. Światowa Organizacja Zdrowia (WHO, *World Health Organization*) uznała ją za epidemię, która stanowi największe zagrożenie dla zdrowia ludzkości [1]. Zgodnie z raportem WHO szacuje się, że problem nadmiernej masy ciała dotyczył w 2016 roku około 1,9 miliarda osób dorosłych, z czego aż 650 mln osób było otyłych [2]. Niepokojący jest fakt, że częstość występowania otyłości wśród dzieci wzrasta w zatrważającym tempie. Otyłość definiowano jako patologiczną, nadmierną kumulację tkanki tłuszczowej, rozwijającą się na skutek długotrwałego braku równowagi energetycznej organizmu. Jej podłoże ma charakter wieloczynnikowy. Predysponuje do niej zarówno nieprawidłowy styl życia (błędy dietetyczne, siedzący tryb pracy i odpoczynku, brak aktywności fizycznej), czynniki genetyczne, socjalne i środowiskowe [1]. Główny element terapii otyłości stanowi zmiana stylu życia ze szczególnym uwzględnieniem modyfikacji zachowań żywieniowych i podjęciem dostosowanej do możliwości pacjenta aktywności fizycznej [3]. W niektórych przypadkach stosuje się również leczenie farmakologiczne lub chirurgiczne. Brak wystarczającej liczby bezpiecznych i skutecznych w walce z otyłością farmaceutyków spowodował wzrost zainteresowania możliwością zastosowania żywności funkcjonalnej w redukcji masy ciała. Wśród głównych związków bioaktyw-

nych wykorzystywanych w terapii nadwagi i otyłości wymienia się: włókno pokarmowe, chitostan, polifenole roślinne, sztuczne substancje słodzące, oligosacharydy, probiotyki, prebiotyki, aminokwasy, peptydy, białka, glikozydy, karnitynę, sprzężone dieny kwasu linolenowego (CLA, *conjugated linoleic acid*), wielonienasycone kwasy tłuszczowe (PUFA, *polyunsaturated fatty acid*), stanole i sterole roślinne, witaminy i minerały, cholinę, lecytynę oraz inne, na przykład chlorellę [4]. Korzystne właściwości wykazują również tłoczone na zimno oleje roślinne, między innymi olej z szarłat i olej rzepakowy.

Amarantus

Amarantus (szarłat) należy do rodziny *Amaranthaceae* obejmującej około 60 gatunków roślin o wysokości od 30 cm do 3 m. Najczęściej uprawianymi gatunkami szarłat są przede wszystkim: *Amaranthus cruentus*, *Amaranthus hypochondriacus* i *Amaranthus caudatus*. Pierwsze uprawy amarantusa rozpoczęto w Ameryce Środkowej i Południowej około 5000–7000 lat temu [5]. Obecnie jest uprawiany na dużą skalę w Meksyku, Gwatemali, Peru, Boliwii, w południowo-wschodniej Azji (Indie, Nepal, Chiny, Cejlon, Malezja) i Afryce (Uganda, Mozambik, Nigeria). W Polsce szarłat przeszedł renesans w latach 90. XX wieku, kiedy to na szeroką skalę zakładano jego uprawy a naukowcy rozpoczęli wzmoczone badania nad przydatnością nasion amarantusa w profilaktyce

▶▶ Otyłość to patologiczna, nadmierna kumulacja tkanki tłuszczowej, rozwijająca się na skutek długotrwałego braku równowagi energetycznej organizmu. Jej podłoże ma charakter wieloczynnikowy ◀◀

i leczeniu chorób cywilizacyjnych. Obecnie roślinę tą uprawia się głównie na Lubelszczyźnie [6, 7]. *Amarantus* cechuje się wysoką wartością odżywczą i bogactwem składników o udowodnionym działaniu prozdrowotnym. Nasiona zawierają około 12–18% białka, co znacząco przewyższa zawartość tego składnika w tradycyjnych zbożach. W skład białka szarłatku wchodzi głównie albuminy (48,9–65%), globuliny (13,7–18,1%), prolaminy (1,0–3,2%) i gluteliny (22,4–42,3%) [6, 8]. Skład aminokwasowy nasion szarłatku odznacza się wysoką zawartością aminokwasów egzogennych: Liz (aminokwasu ograniczającego większości zbóż), Trp i aminokwasów siarkowych: Met i Cys [7, 9]. Zgodnie z badaniami przeprowadzonymi przez Biel i wsp. [10] zintegrowany wskaźnik aminokwasów egzogennych EAAI (*essential amino acids index*) wynosi 93%. W tym samym doniesieniu wykazano, że wskaźnik wartości odżywczej CS (*chemical score*) dla białka nasion szarłatku wynosi 55% według standardu jaja kurzego i 75% względem białek mleka matki. Wartość biologiczna białka dla szarłatku to aż 75–79 [7], a jego strawność sięga 79–87% [6].

Głównym węglowodanem nasion szarłatku jest skrobia (62%) o niewielkich rozmiarach ziaren [11]. Ponadto właściwości szarłatku determinowane są przez obecność rozpuszczalnej frakcji błonnika, który, fermentując w przewodzie pokarmowym do kwasów octowego, mlekowego masłowego i kwasów tłuszczowych, pozytywnie oddziałuje na enterocyty oraz hamuje syntezę cholesterolu w wątrobie. Frakcja nierozpuszczalna błonnika (ligniny, celuloza, hemicelulozy) z kolei stymuluje pasaż jelitowy, pełni funkcje prebiotyczne oraz absorbuje kwasy żółciowe, cholesterol i metale ciężkie. Zawartość błonnika różni się od gatunku amarantusa i wynosi w nasionach od 2,2–8,1% a w liściach od 5,4–24,6% [12].

W porównaniu z innymi zbożami szarłatk zawiera największe ilości tłuszczu ogółem. Nasiona najczęściej uprawianego gatunku *Amaranthus cruentus* zawierają go aż 6–10% [13, 14]. Skład lipidów szarłatku stanowią: wolne lipidy (triacyloglicerole) — 90–93%, fosfolipidy — 5% i glikolipidy — 2,6%. Z uwagi na pełnione właściwości przeciwutleniające niezwykle ważną jest obecność w nasionach amarantusa tokoferoli, tokotrienoli (zawartość wyższa niż w oliwie z oliwek) i steroli. Pełnią one rolę przeciwwzapalną i hipocholesterolemiczną. Szarłatk jest także bogatym źródłem witamin A, C, E, kwasu foliowego, witamin z grupy B, składników mineralnych (3,3%): szczególnie Fe (10,1 mg/100 g) i Ca (153 mg/100 g), makro- i mikroelementów: Cu, Zn, Mn, Ni, Cr, Se, J oraz polifenoli [10, 15]. Podobnie jak w większości produktów roślinnych występują w nim także śladowe ilości substancji antyodżywczych, takich jak: szczawiany, inhibitory proteaz, saponiny, fityny, azotany oraz hemaglutyniny [16].

Z nasion amarantusa produkuje się głównie płatki, poppinig, mąka, kasze oraz musli, które są wykorzystywane w celu wzbogacania codziennej diety zarówno osób zdrowych, jak i chorych. W profilaktyce i leczeniu chorób dietozależnych wykorzystuje się również olej z amarantusa.

Olej z amarantusa

Olej ze świeżych nasion szarłatku jest wysoce odporny na utlenianie. Jak pokazał wynik badania Ratusz i wsp. [15] nawet czteromiesięczne przechowywanie nasion amarantusa powoduje niewielkie zmiany składu kwasów tłuszczowych. Podczas przechowywania właściwości antyutleniające oleju z amarantusa determinowane przez tokoferole, flawonoidy, antocyjany, polifenole maleją, jednak tempo tych zmian jest prawie 3-krotnie wolniejsze niż w przypadku innych olejów [15]. Charakterystyczną cechą oleju z szarłatku jest wysoka zawartość lipidów o wysokiej

▶▶ Amarantus cechuje się wysoką wartością odżywczą i bogactwem składników o udowodnionym działaniu prozdrowotnym ◀◀

Tabela 1. Zawartość kwasów tłuszczowych w oleju i nasionach amarantusa [6, 7, 10, 13, 17–19]
Table 1. The composition of fatty acids in seeds and amaranth oil [6, 7, 10, 13, 17–19]

	Nasiona	Olej
Nasycone kwasy tłuszczowe		
palmitynowy C16:0	13,4–20%	18,5–23,4%
stearynowy C18:0	2,6 %	3,38–4,45%
arachidowy C20:0	0,7	0,16–0,27
lignocerynowy C24:0	0,3	0,05–0,08
mirystynowy C14:0	0,1	0,1–0,2%
Nienasycone kwasy tłuszczowe		
oleinowy	20,4–24%	22,6–25,9%
linolowy	49–62%	38,2–49,9%
α-linolenowy	1,0–1,1%	0,92–1,2%

▶▶ Pozytywny wpływ oleju z amarantusa na zdrowie jest determinowany również występowaniem skwalenu, którego ilość w tym oleju jest dziesięciokrotnie wyższa niż np. w oliwie z oliwek (2–8%) ◀◀

▶▶ Olej z nasion amarantusa wykazuje działanie hipolipemiczne, antymiażdżycowe, hipotensyjne oraz antyoksydacyjne ◀◀

zawartości nienasyconych kwasów tłuszczowych (70–76%) a niskiej nasyconych kwasów tłuszczowych (SFA, *saturated fatty acid*). Stosunek kwasów tłuszczowych nienasyconych do nasyconych w oleju z amarantusa wynosi 3:1 [6] (tab. 1).

Pozytywny wpływ oleju z amarantusa na zdrowie determinowany jest również występowaniem skwalenu, którego ilość w tym oleju jest dziesięciokrotnie wyższa niż np. w oliwie z oliwek (2–8%) [12, 20]. Jest on związkiem bardzo korzystnym dla organizmu a do jego głównych zalet zalicza się: właściwości antyoksydacyjne, przeciwbakteryjne, przeciwgrzybiczne, udział w metabolizmie steroli, alkoholi trójterpenowych, kwasów żółciowych, witaminy D oraz hormonów płciowych [21]. Ponadto olej z szarłat obfituje w fitosterole: spinasterol, δ-7-stigmasterol oraz δ-7-ergosterol [21].

Olej z nasion amarantusa wykazuje działanie hipolipemiczne [5, 22, 23], antymiażdżycowe [4, 18, 22–24], hipotensyjne [13] oraz antyoksydacyjne, co wykazano w licznych badaniach na modelu zwierzęcym oraz w badaniach klinicznych [13, 20]. Badania eksperymentalne zasugerowały również możliwe działanie hipoglikemiczne oleju,

jednak wpływu takiego jak dotąd nie potwierdzono w badaniach klinicznych [25].

Hipolipemiczny i hipotensyjny wpływ oleju z amarantusa

Jednym z najwcześniejszych badań na modelu zwierzęcym, oceniającym wpływ bogatego w skwalen i tokotrienole amarantusa na biosyntezę cholesterolu był eksperyment Qureshi i wsp. [24]. Wykazano w nim, że wzbogacanie tradycyjnej karmy o amarantus (200 g/kg) lub olej z niego pozyskiwany (50 ml/kg) obniża stężenie cholesterolu całkowitego (TC, *total cholesterol*) o 10–30%, a cholesterolu LDL (*low-density lipoprotein*) o 7–10%. Zauważono także tendencję do podwyższania poziomu HDL (*high-density lipoprotein*) i obniżania stężenia TG (*triglycerides*) w grupie zwierząt suplementowanych amarantusem, ale dane te nie były istotne statystycznie. Ponadto podaż oleju z szarłat pozytywnie wpłynęła na stężenie apolipoproteiny A i B i spowodowała wzrost o 10–18% aktywności 7-alfa-hydroksylazay. Nie dowiedziono natomiast, aby zastosowana interwencja żywieniowa hamowała aktywność reduktazy hydroksymetyloglutarylo-koenzymu A (HMG CoA). Podobnych wyników dostarczył rezultat badania

Bergera i wsp. [22] z 2003 roku, w którym wykazano, że 4-tygodniowa podaż amarantusa chomikom, zarówno w postaci nasion, płatków, jak i oleju, obniża stężenia TC i LDL odpowiednio o 15% i 22% w porównaniu z grupą kontrolną. Nasiona szarłat i olej z nich otrzymywany obniża stężenie VLDL o 21–50% i zwiększa wydalanie z kałem poszczególnych neutralnych steroli i kwasów żółciowych. Ponadto dowiedziono, że podaż produktów otrzymywanych z amarantusa powoduje wzrost stężenia HDL oraz spadek ilości TG [22].

Hipolipemiczne działanie oleju z amarantusa wiąże się ze znaczną zawartością skwalenu, który hamuje aktywność HMG-CoA — enzymu wątrobowego regulującego cholesterologenezę. W konsekwencji prowadzi to do zahamowania przekształcenia 3-hydroksy-3-metyloglutarylo-CoA do kwasu mewalonowego, inhibicji syntezy cholesterolu w wątrobie i ostatecznie zmniejszenia jego stężenia w osoczu. Skwaleń wpływa także na indukcję aktywności acetylotransferazy lecytynowo-cholesterolowej (LCAT, *lecithin cholesterol acyltransferase deficiency*) przez co estryfikacja cholesterolu w osoczu ulega obniżeniu. Ponadto skwaleń poprzez zmniejszenie wchłaniania kwasów żółciowych i cholesterolu w jelitach powoduje ich zwiększone wydalanie z kałem.

Eksperymenty przeprowadzone przez Shin i wsp. [26] również potwierdziły hipolipemiczne właściwości nasion i oleju z amarantusa, jednak dodatkowo zwróciły uwagę na fakt, że wpływ skwalenu na gospodarkę lipidową jest uzależniony od źródła jego pochodzenia. W pierwszym z nich dowiedziono, że podaż szczurom diety zawierającej 300 g/kg ziaren lub 90 g/kg oleju z szarłat obniża stężenia TC i TG we krwi i hepatocytach poprzez zwiększenie wydalania kwasów żółciowych i cholesterolu z kałem. W drugim badaniu szczurom karmionym przez 4 tygodnie dietą wysokocholesterolową wstrzyknięto sól fizjologicz-

ną (grupa kontrolna), skwaleń pochodzący z amarantusa lub skwaleń z wątroby rekina (200 mg/kg). W grupie szczurów otrzymujących skwaleń roślinny zanotowano obniżenie poziomu cholesterolu wątrobowego i w surowicy krwi oraz znaczne zwiększenie ilości wydalanych kwasów żółciowych i cholesterolu z kałem, natomiast w grupie myszy otrzymującej skwaleń zwierzęcy nie zaobserwowano żadnych znaczących zmian. Pozytywnego efektu hipolipemicznego skwalenu zawartego w oleju z szarłat dowiedziono także w badaniach klinicznych. Gonor i wsp. [27] opisali, że podaż pacjentom (n = 125) z niedokrwinną chorobą serca i współistniejącą hiperlipidemią antymiażdżycowej diety zawierającej różne dawki skwalenu z szarłat (100, 200, 400, 600 mg/na dobę) pozytywnie wpływa na zmiany w profilu lipidowym i składzie kwasów tłuszczowych krwi pacjentów. Porównując wpływ różnych dawek amarantusa, wykazano, że dieta zawierająca 600 mg skwalenu na dobę w największym stopniu wpływa na zmiany w statusie immunologicznym oraz poziomie TC, TG i składzie kwasów tłuszczowych we krwi pacjentów z niedokrwinną chorobą serca podczas gdy suplementacja skwaleń w dawce 200–400 mg/dobę wykazała największe działanie antyoksydacyjne. Podobnie, Martirosyan i wsp. [13] wykazali że 3-tygodniowa podaż otyłym pacjentom z chorobą wieńcową oraz nadciśnieniem tętniczym oleju z szarłat w dawce: 3, 6, 12 oraz 18 g na dobę (odpowiednio 100, 200, 400 oraz 600 mg skwalenu na dobę) jako dodatek do diety niskosodowej i antymiażdżycowej spowodowało istotny spadek TC oraz LDL i TG w surowicy krwi w stopniu zależnym od dawki. W badanej grupie wskaźnik aterosklerozy (TC-HDL/HDL) zmalał o 18%, 22% i 32% (grupa 6, 12, 18 g) w porównaniu z grupą kontrolną o 8%. Dodatkowo zauważono, że podaż skwalenu z amarantusa obniża poziom ciśnienia tętniczego.

► Pozytywnego efektu hipolipemicznego skwalenu zawartego w oleju z szarłat dowiedziono także w badaniach klinicznych ◀◀

Efekt hipoglikemiczny i antyoksydacyjny oleju z amarantusa

Wynik badania Kim i wsp. [25] na modelu zwierzęcym dowiódł, że 3-tygodniowa podaż amarantusa w postaci nasion (500 g/kg) lub oleju (100 mg/kg) powoduje obniżenie stężenia glukozy w surowicy krwi myszy z indukowaną streptozotocyną cukrzycą typu 1 odpowiednio o 77% i 81%. W tym samym badaniu wykazano pozytywny wpływ podaży oleju lub nasion amarantusa na zaburzony w cukrzycy profil enzymów wątrobowych (GOT, GTP) oraz potencjał oksydacyjny (obniżenie aktywności SOD i GSH-reduktazy, wzrost aktywności katalazy, peroksydazy i peroksydazy glutationowej GSH-Px). Antyoksydacyjne działanie oleju i nasion z amarantusa pozytywnie oddziałuje na poprawę glikemii i może zapobiegać rozwojowi powikłań cukrzycy. Podobnie, wyniki badań Konyanga i wsp. [28] dowodzą, że nie tylko skwalen, ale również taniny zawarte m.in. w amarantusie wykazują potencjalny wpływ antyoksydacyjny i przeciwcukrzycowy: hamują aktywność α -amylazy i α -glukozydazy. Pozytywny wpływ oleju z amarantusa i oleju słonecznikowego na gospodarkę węglowodanową pacjentów z cukrzycą typu 2 potwierdza także Mirosznichenko i wsp. [29], jednak jak dotąd jest to jedyne doniesienie naukowe oceniające wpływ oleju z szarłatą na gospodarkę węglowodanową u ludzi.

Inne właściwości oleju z amarantusa

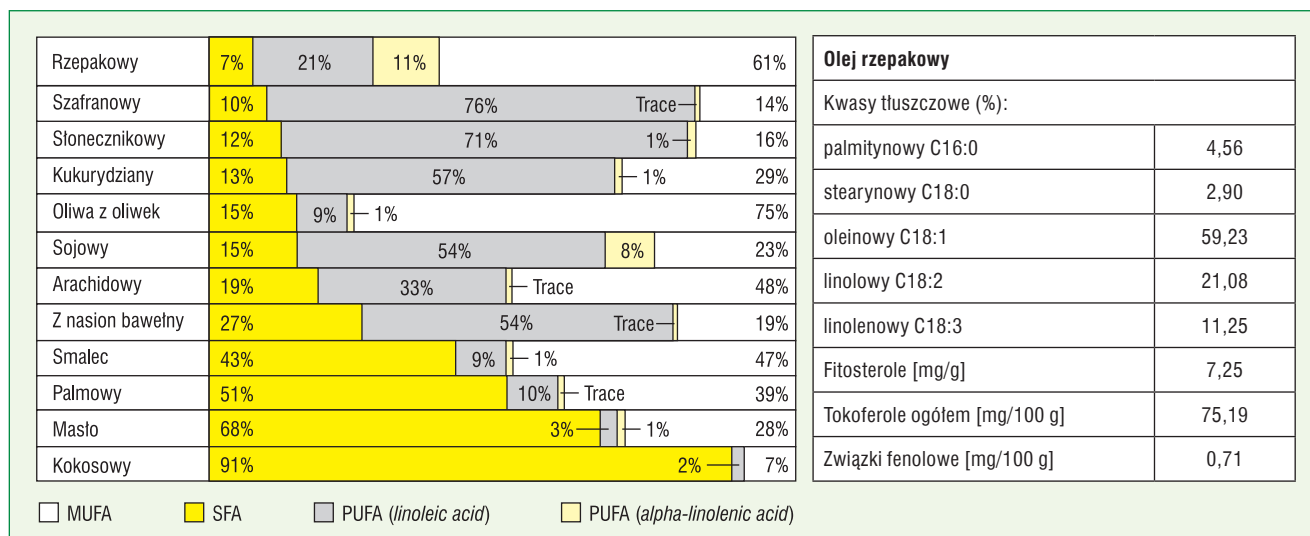
Olej z amarantusa jest skuteczny w modulowaniu fizykochemicznych właściwości lipidów i błon komórkowych hepatocytów, poprawiając stabilizację błon komórkowych, ich oporność na stres i zwiększając adsorpcję neurotensyn [30]. W licznych badaniach *in vivo* wykazano również działanie hepatoprotekcyjne zarówno oleju jak i ekstraktu z szarłatą [31–35]. W badaniach na modelu zwierzęcym potwierdzono jego ochronne działanie na wątrobę u szczurów intoksykowanych alkoholem [31].

Ponadto wykazano, że suplementacja diety w skwalen (600 mg/dobę) pochodzący z oleju z amarantusa lub wodnego ekstraktu otrzymanego z łodyg szarłatą ma działanie immunomodulujące [27, 28]. Co więcej, sugeruje się że związki uzyskane z liści i łodyg jednego z gatunków amarantusa (*Amaranthus tricolor*) wykazują działanie antynowotworowe [36]. Jak pokazał wynik badania Maldonado-Cervantes i wsp. [37] działanie przeciwnowotworowe białek szarłatą jest porównywalne do tego, jakie przypisuje się białku soi. Wodny ekstrakt otrzymywany z łodyg szarłatą wykazuje działanie antymalaryczne [37].

Olej rzepakowy

Rzepak (*Brassic napus*), czyli jedna z najbardziej popularnych na świecie roślin oleistych, odznacza się sięgającą 1–1,5 metra wzniesioną, rozgałęzioną łodygą zakończoną charakterystycznymi żółtymi 4-płatkowymi kwiatami. Na szeroką skalę produkowany jest w Unii Europejskiej oraz Chinach, Indiach, Kanadzie, Australii oraz na Ukrainie. W Polsce uprawa rzepaku zajmuje aż 95% wszystkich roślin oleistych, z czego połowa jest przeznaczana na cele spożywcze, przede wszystkim olej. Duże znaczenie dla uzyskania wartościowego oleju rzepakowego miało wyhodowanie bezerukowych odmian rzepaku, cechujących się mniejszą niż 2% zawartością kwasu erukowego w oleju i zawartością glukozylinolanów w śrucie maksymalnie na poziomie 30 μ M/g beztłuszczowej suchej masy nasion. Taki gatunek rzepaku określa się podwójnie ulepszonym lub canola [38]. Olej rzepakowy odznacza się optymalnym, zbliżonym do oliwy z oliwek składem kwasów tłuszczowych, co determinuje jego właściwości odżywcze. Kwasy tłuszczowe jednonienasycone (MUFA) stanowią w nim 55%, wielonienasycone (PUFA, *polyunsaturated fatty acid*) około 30% (20% kwas linolowy, 10% kwas α -linolenowy), a kwasy nasycone (SFA) tylko 4% [39].

▶▶ Olej rzepakowy odznacza się optymalnym, zbliżonym do oliwy z oliwek składem kwasów tłuszczowych, co determinuje jego właściwości odżywcze. MUFA stanowią w nim 55%, PUFA ok. 30% (20% kwas linolowy, 10% kwas α -linolenowy), a kwasy nasycone (SFA) tylko 4% ◀◀



Rycina 1. Skład oleju rzepakowego oraz porównanie udziału poszczególnych kwasów tłuszczowych pomiędzy olejem rzepakowym a innymi źródłami tłuszczu [39]; objaśnienia skrótów w tekście

Figure 1. The composition of rapeseed oil and the comparison of fatty acids in rapeseed oil and other sources of fat [39]; abbreviations in the text

W badaniu **przeprowadzonym** przez Walczaka i wsp. [40] wykazano, że olej rzepakowy obok oleju z lnianki, oleju lnianego, konopnego i z orzechów włoskich cechuje się najkorzystniejszym udziałem kwasów tłuszczowych n-6/n-3 (2.2:1). Z uwagi na wysoką zawartość MUFA olej rzepakowy odgrywa pozytywną rolę w zapobieganiu chorobom sercowo-naczyniowym poprzez regulację stężenia lipidów i apolipoprotein, podatności na utlenianie LDL i insulinowrażliwości. Z tego powodu, aby zabezpieczyć przed rozwojem niedokrwiennej choroby serca *Food and Drug Administration* (FDA) zaleca codzienną podaż 19 g oleju rzepakowego w zamian za tę samą ilość tłuszczu zwyczajowo stosowanego w diecie. Skład oleju rzepakowego oraz porównanie udziału poszczególnych kwasów tłuszczowych pomiędzy olejem rzepakowym a innymi rodzajami tłuszczu przedstawiono na rycinie 1.

Ponadto, olej rzepakowy jest dobrym źródłem witaminy E (3,0–30,7 mg/kg) i innych przeciwutleniaczy: karotenoidów, flawonoidów, fitosteroli, kwasów fenolowych (sinapina), co determinuje pozytywny wpływ oleju na układ odpornościowy organizmu, jego zdolności antyoksydacyjne oraz właści-

wości przeciwzapalne, antyaterogenne i antynowotworowe [41]. Fitosterole zawarte w oleju rzepakowym: β -sitosterol (około 5,5 mg/g), kampesterol (około 4 mg/g) i brassikasterol (około 1,5 mg/g) pozytywnie wpływają na gospodarkę lipidową, obniżając stężenie frakcji LDL cholesterolu.

W ciągu ostatnich 40 lat olej rzepakowy zyskał miano najpopularniejszego oleju świata nie tylko z powodu znacznej konsumpcji, ale również w powodu znacznego zainteresowania naukowców jego wpływem na organizm człowieka. W literaturze istnieje wiele doniesień potwierdzających korzyści wynikające z wprowadzenia oleju rzepakowego do codziennego menu w zamian za tłuszcz zwyczajowo spożywany w diecie.

Na podstawie przeglądu badań Lin i wsp. [42] przeanalizowali zależność pomiędzy podażą oleju rzepakowego (w różnych formach i dawkach) a zmianami zachodzącymi w gospodarce lipidowej, oksydacji LDL, metabolizmie energetycznym organizmu, insulinowrażliwości i wzrostem komórek nowotworowych. Zarówno w porównaniu z typową zachodnią dietą, jak i dietą bazującą na tłuszczu o wyższym składzie SFA (np. olej kokosowy), model żywienia,

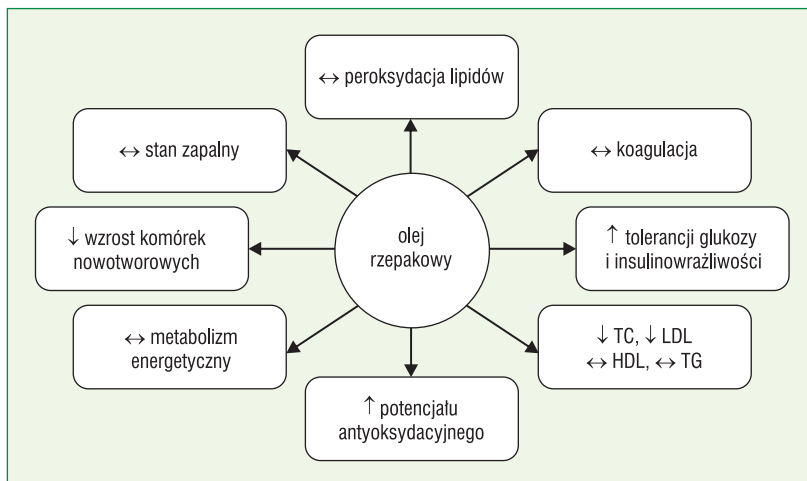
►► Zarówno w porównaniu z typową zachodnią dietą, jak i bazującą na tłuszczu o wyższym składzie SFA (np. olej kokosowy), model żywienia, w którym jako źródło tłuszczu używa się oleju rzepakowego, pozytywnie oddziałuje na gospodarkę lipidową, obniżając stężenie TC (średnio o 12,2–12,5%) i LDL (średnio o 17%) ◀◀

w którym jako źródło tłuszczu używa się oleju rzepakowego, pozytywnie oddziałuje na gospodarkę lipidową, obniżając stężenie TC (średnio o 12,2–12,5%) i LDL (średnio o 17%) [43]. Wpływ oleju rzepakowego na stężenie HDL nie jest jednak jednoznaczny. W 22 z 27 analizowanych przez Lin i wsp. [42] badaniach nie zanotowano znaczącej statystycznie różnicy w stężeniu HDL. Miettineni Vanhanen [44] oraz Hodson i wsp. [43] podają, że zwiększenie zawartości PUFA i MUFA kosztem redukcji ilości SFA w diecie wywołane wprowadzeniem do jadłospisu oleju rzepakowego pozytywnie przekłada się na podniesienie stężenia HDL we krwi. Z kolei inni badacze [45] zauważyli, że dieta wzbogacona o olej rzepakowy związana jest z obniżeniem stężenia HDL (średnio o 8–10%), jednak nie wpływa istotnie na stosunek TC/HDL-C. Wyniki wyżej wspomnianych badań dostarczyły sprzecznych wniosków dotyczących wpływu oleju rzepakowego na zmiany stężenia TG. Sugeruje się, że olej ten nie odgrywa większej roli w obniżaniu poziomu TG, ale ma znaczenie dla utrzymania właściwego stężenia we krwi [43, 46]. Zastanawiającą dla badaczy kwestią było również ustalenie, czy olej rzepakowy w większym stopniu wpływa na poprawę profilu lipidowego i właściwości przeciwzapalne organizmu aniżeli inne oleje roślinne o równie wysokiej zawartości MUFA i PUFA, na przykład oliwa z oliwek. W 2015 roku dowiedziono, że 4-tygodniowa suplementacja diety w 50 g oleju rzepakowego w większym stopniu reguluje stężenia TC i LDL, enzymów wątrobowych oraz hamuje ekspresję cytokin prozapalnych (głównie IL-6) w podskórnej tkance tłuszczowej aniżeli podaż takiej samej ilości oliwy z oliwek [47]. Z kolei w randomizowanym badaniu klinicznym z podwójnie ślepą próbą w grupie 36 pacjentów z hipercholesterolemia Gillingham i wsp. [48] wykazali, że dieta zawierająca olej rzepakowy o wysokiej zawartości oleinowego kwasu tłuszczowego

poprawia gospodarkę lipidową oraz moduluje poziom markerów stanu zapalnego, ale w mniejszym stopniu niż zastosowanie mieszaniny oleju rzepakowego i lnianego obniża stężenie TC we krwi.

Badano również wpływ oleju rzepakowego na przemiany energetyczne organizmu i zmiany masy ciała, jednak wnioski wynikające z dotychczasowych interwencji żywieniowych nie są jednoznaczne. Mimo wstępnych przypuszczeń, że profil kwasów tłuszczowych pochodzących z diety może mieć wpływ na wydatek energetyczny oraz wykorzystanie makroskładników, w badaniu Gillinghama i wsp. [48] nie wykazano istotnej statystycznie różnicy w masie ciała i tempie przemian energetycznych między grupą poddaną 28-dniowej diecie z wykorzystaniem oleju rzepakowego lub mieszaniny oleju rzepakowego i lnianego a grupą odżywiającą się według zachodniego modelu diety. Podobnie, brak wpływu oleju rzepakowego na efektywność redukcji masy ciała opisali Maljaars i wsp. [49] i Diaz i wsp. [50].

Z kolei Austel i wsp. [51] wykazali, że model żywienia oparty na diecie śródziemnomorskiej wzbogacony o podaż oleju rzepakowego jest optymalny w uzyskaniu normalizacji masy ciała oraz prewencji chorób sercowo-naczyniowych u osób z otyłością. W badaniu Austela i wsp. [51] otyłych pacjentów (n = 100) poddano 12-miesięcznej interwencji polegającej na modyfikacji diety oraz aktywności fizycznej. Po zakończeniu programu zaobserwowano spadek masy ciała (5,2 kg v. grupa kontrolna 0,4 kg; $p \leq 0,0001$), wskaźnik masy ciała ($p \leq 0,0001$) oraz obwodu talii (-4,7 cm v. -0,9 cm; $p \leq 0,0001$) będący wynikiem zastosowania zoptymalizowanej diety. Obiecujący wpływ żywności funkcjonalnej otrzymanej z połączenia oleju rzepakowego, β -glukanów oraz kwasów DHA na redukcję ryzyka rozwoju chorób sercowo-naczyniowych dowiedziono także w badaniu CONFIDENCE (*Canola Oil and*



Rycina 2. Wpływ oleju rzepakowego na wybrane elementy metabolizmu człowieka
Figure 2. The influence of rapeseed on selected elements of human metabolism

Fibre with DHA Enhanced) [52]. Może on wynikać z faktu, iż olej ten jako bogate źródło kwasu oleinowego moduluje podatność LDL na utlenianie i hamuje peroksydację lipidów [53].

Zamiana tłuszczu zwyczajowo stosowanego w diecie na olej rzepakowy skutkuje również zmniejszeniem stężenia glukozy i insuliny na czczo oraz poprawą kontroli cukrzycy typu 2. Dowiedziono tego w kanadyjskim badaniu oceniającym wpływ 3-miesięcznej diety o niskim indeksie glikemicznym bogatej w MUFA oraz kwas α -linolenowy pochodzący z oleju rzepakowego na wyrównanie gospodarki węglowodanowej u chorych na cukrzycę typu 2 ($n = 141$) leczonych doustnymi lekami hipoglikemizującymi. Istotniejszą, pozytywną zmianę w procencie hemoglobiny glikowanej (HbA1c), poziomie ryzyka rozwoju chorób sercowo-naczyniowych obliczonym na podstawie skali Framingham oraz redukcję indeksu przekrwienia reaktywnego zaobserwowano w grupie pacjentów otrzymujących olej rzepakowy (31 g na 2000 kcal) aniżeli w grupie kontrolnej [54]. Podobnie, Uusitupa i wsp. [55] zauważyli, że osoby spożywające olej rzepakowy mają niższe stężenie glukozy w doustnym teście obciążenia glukozą niż te używające tłuszczu o wyższej zawartości

SFA. Również Södergren i wsp. [56] zaobserwowali niższe stężenie glukozy na czczo u badanych poddanych interwencji żywieniowej z udziałem oleju rzepakowego w porównaniu z grupą kontrolną, jednak różnice w stężeniu insuliny na czczo nie były znaczące. W literaturze brakuje jednak doniesień, które oceniałyby, czy wprowadzenie do codziennego jadłospisu oleju rzepakowego mogłoby wpłynąć na prewencję rozwoju cukrzycy typu 2.

Przyпуска się ponadto, że olej rzepakowy może ogrywać rolę w modulacji wzrostu i apoptozy komórek nowotworowych. Już wcześniej na modelu zwierzęcym opisywano, że oleje roślinne bogate w kwas α -linolenowy, w tym olej rzepakowy, wywierają pozytywny wpływ w przypadku nowotworów piersi i jelita grubego [57]. Dotychczasowe badania kliniczne nie są jednoznaczne, jednak badacze zauważają, że osoby używające w swojej diecie oleju rzepakowego rzadziej zapadają na raka piersi niż te, które przygotowują posiłki z użyciem oleju sojowego czy słonecznikowego [58].

PODSUMOWANIE

Modulacja profilu kwasów tłuszczowych dostarczanych wraz z dietą następująca pod

► Zamiana tłuszczu zwyczajowo stosowanego w diecie na olej rzepakowy skutkuje również zmniejszeniem stężenia glukozy i insuliny na czczo oraz poprawą kontroli cukrzycy typu 2 ◀◀

wpływem zamiany tłuszczu zwyczajowo stosowanego w jadłospisie na olej rzepakowy lub olej z amarantusa wywiera korzystny wpływ na zdrowie. Jak pokazują wyniki wcześniejszych badań, wzbogacenie diety o olej z amarantusa obniża ciśnienie tętnicze, reguluje profil lipidowy, działa antyoksydacyjnie i antyaterogennie oraz hepatoprotekcyjnie. Ponadto, wyniki badań eksperymentalnych sugerują możliwość wykorzystania ziaren i oleju z szarłatu w normalizacji stężenia glukozy we krwi. Równie wysokimi właściwościami odżywczymi cechuje się jeden z najpopularniejszych polskich olei jadalnych — rzepakowy. Duża zawartość MUFA oraz PUFA, w szczególności oleju α -linolenowego sprawia, że olej rzepakowy poprzez regulację stężenia cholesterolu oraz hamowanie peroksydacji lipidów odgrywa ważną rolę w zapobieganiu chorobom sercowo-naczyniowym. Ponadto, będąc dobrym źródłem witaminy E i innych przeciwutleniaczy wpływa na układ odpornościowy organizmu, jego zdolności antyoksydacyjne, właściwości przeciwzapalne i antyaterogenne. Ważną z punktu widzenia konsumenta różnicą pomiędzy olejami jest ich cena rynkowa — w zależności od producenta olej z amarantusa jest nawet 20 razy droższy niż olej rzepakowy. Biorąc pod uwagę czynnik ekonomiczny oraz fakt, że prozdrowotne efekty stosowania olejów są widoczne dopiero przy ich długotrwałym suplementowaniu, zasadne wydaje się rekomendowanie w większym stopniu oleju rzepakowego niż oleju z amarantusa.

PIŚMIENNICTWO:

- Baboota R, Bishnoi M, Ambalam P, et al. Functional food ingredients for the management of obesity and associated co-morbidities — a review. *Journal of Functional Foods*. 2013; 5(3): 997–1012, doi: [10.1016/j.jff.2013.04.014](https://doi.org/10.1016/j.jff.2013.04.014).
- Conroy KP, Davidson IM, Warnock M. Pathogenic obesity and nutraceuticals. *Proc Nutr Soc*. 2011; 70(4): 426–438, doi: [10.1017/S0029665111001662](https://doi.org/10.1017/S0029665111001662), indexed in Pubmed: [21854698](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21854698/).
- Rodríguez JE, Campbell KM. Past, Present, and future of pharmacologic therapy in obesity. *Prim Care*. 2016; 43(1): 61–7, viii, doi: [10.1016/j.pop.2015.08.011](https://doi.org/10.1016/j.pop.2015.08.011), indexed in Pubmed: [26896200](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26896200/).
- Grajeta H. Żywność funkcjonalna stosowana w profilaktyce chorób układu krążenia. *Adv Clin Exp Med*. 2004; 13(3): 503–10.
- Repo-Carrasco-Valencia R, Peña J, Kallio H, et al. Dietary fiber and other functional components in two varieties of crude and extruded kiwicha (*Amaranthus caudatus*). *Journal of Cereal Science*. 2009; 49(2): 219–224, doi: [10.1016/j.jcs.2008.10.003](https://doi.org/10.1016/j.jcs.2008.10.003).
- Januszewska-Jóźwiak K, Synowiecki J. Charakterystyka i przydatność składników szarłatu w biotechnologii żywności. *Biotechnologia*. 2008; 3(82): 89–102.
- Każmierczak A, Bolesławska I, Przystawski J. Szarłat — jego wykorzystanie w profilaktyce i leczeniu wybranych chorób cywilizacyjnych. *Nowiny Lekarskie*. 2011; 80(3): 192–98.
- Fabijańska M, Kosieradzka I, Bekta M. Owies nagi w żywieniu trzody chlewnej i drobiu. Cz. I. Owies nagi w żywieniu tuczników. *Biul IHAR*. 2003; 229: 317–28.
- Caselato-Sousa VM, Amaya-Farfán J. State of knowledge on amaranth grain: a comprehensive review. *J Food Sci*. 2012; 77(4): R93–104, doi: [10.1111/j.1750-3841.2012.02645.x](https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2012.02645.x), indexed in Pubmed: [22515252](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22515252/).
- Biel W, Jaskowska I. Właściwości żywieniowe nasion z szarłatu (*Amaranthus cruentus*). *Folia Pomer Univ Technol Stetin*. 2010; 281(16): 5–12.
- Montoya-Rodríguez A, Gómez-Favela M, Reyes-Moreno C, et al. Identification of bioactive peptide sequences from amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*) seed proteins and their potential role in the prevention of chronic diseases. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2015; 14(2): 139–158, doi: [10.1111/1541-4337.12125](https://doi.org/10.1111/1541-4337.12125).
- Paśko P, Bednarczyk M. Szarłat (*Amaranthus* sp.) — możliwości wykorzystania w medycynie. *Bromat-Chem Toksykol*. 2007; 40(2): 217–22.
- Martirosyan DM, Miroshnichenko LA, Kulakova SN, et al. Amaranth oil application for coronary heart disease and hypertension. *Lipids Health Dis*. 2007; 6: 1, doi: [10.1186/1476-511X-6-1](https://doi.org/10.1186/1476-511X-6-1), indexed in Pubmed: [17207282](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17207282/).
- Prokopowicz D. Właściwości zdrowotne szarłatu (*Amaranthus cruentus*). *Med Weter*. 2001; 57: 559–61.
- Ratusz K, Wirkowska M. Charakterystyka nasion i lipidów amarantusa. *Rośliny oleiste- oilseed crops*. 2006; 27: 243–50.
- Venskutonis P, Kraujalis P. Nutritional components of amaranth seeds and vegetables: a review on composition, properties, and uses. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2013; 12(4): 381–412, doi: [10.1111/1541-4337.12021](https://doi.org/10.1111/1541-4337.12021).
- Rodas B, Bressani R. [The oil, fatty acid and squalene content of varieties of raw and processed amaranth grain]. *Arch Latinoam Nutr*. 2009; 59(1): 82–87, indexed in Pubmed: [19480349](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19480349/).
- Czerwiński J, Bartnikowska E, Leontowicz H, et al. Oat (*Avena sativa* L.) and amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*) meals positively affect plasma lipid profile in rats fed cholesterol-containing diets. *J Nutr Biochem*. 2004; 15(10): 622–629, doi: [10.1016/j.jnutbio.2004.06.002](https://doi.org/10.1016/j.jnutbio.2004.06.002), indexed in Pubmed: [15542354](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15542354/).

19. Yáñez E, Zacarías I, Granger D, et al. Chemical and nutritional characterization of amaranthus (*Amaranthus cruentus*). *Arch Latinoam Nutr.* 1994; 44(1): 57–62, indexed in Pubmed: [7717808](#).
20. Barrio DA, Añón MC. Potential antitumor properties of a protein isolate obtained from the seeds of *Amaranthus mantegazzianus*. *Eur J Nutr.* 2010; 49(2): 73–82, doi: [10.1007/s00394-009-0051-9](#), indexed in Pubmed: [19701660](#).
21. Rutkowska J. Amaranthus — roślina przyjazna człowiekowi. *Przegl Piek Cukiern.* 2006; 1: 6–10.
22. Berger A, Monnard I, Dionisi F. Cholesterol-lowering properties of amaranth flakes, crude and refined oil in hamsters. *Food Chem.* 2003; 81: 119–124, doi: [10.1024/0300-9831.73.1.39](#), indexed in Pubmed: [12690910](#).
23. Escudero NL, Zirulnik F, Gomez NN, et al. Influence of a protein concentrate from *Amaranthus cruentus* seeds on lipid metabolism. *Exp Biol Med (Maywood).* 2006; 231(1): 50–59, indexed in Pubmed: [16380644](#).
24. Qureshi AA, Lehmann JW, Peterson DM. Amaranth and its oil inhibit cholesterol biosynthesis in 6-week-old female chickens. *J Nutr.* 1996; 126(8): 1972–1978, doi: [10.1093/jn/126.8.1972](#), indexed in Pubmed: [8759369](#).
25. Kim HK, Kim MJ, Cho HY, et al. Antioxidative and anti-diabetic effects of amaranth (*Amaranthus esculantus*) in streptozotocin-induced diabetic rats. *Cell Biochem Funct.* 2006; 24(3): 195–199, doi: [10.1002/cbf.1210](#), indexed in Pubmed: [16634092](#).
26. Shin DH, Heo HJ, Lee YJ, et al. Amaranth squalene reduces serum and liver lipid levels in rats fed a cholesterol diet. *Br J Biomed Sci.* 2004; 61(1): 11–14, indexed in Pubmed: [15058737](#).
27. Gonor KV, Pogozeva AV, Kulakova SN, et al. The influence of diet with including amaranth oil on lipid metabolism in patients with ischemic heart disease and hyperlipoproteidemia. *Vopr Pitan.* 2006; 75(3): 17–21, indexed in Pubmed: [16862949](#).
28. Kunyanga CN, Imungi JK, Okoth M, et al. Antioxidant and antidiabetic properties of condensed tannins in acetonitrile extract of selected raw and processed indigenous food ingredients from Kenya. *J Food Sci.* 2011; 76(4): C560–C567, doi: [10.1111/j.1750-3841.2011.02116.x](#), indexed in Pubmed: [22417336](#).
29. Miroshnichenko LA, Zoloedov VI, Volynkina AP, et al. Influence with amaranth and sunflower oils used in dietary therapy of patients with diabetes mellitus 2 types on parameters of carbohydrate and lipid metabolism. *Vopr Pitan.* 2008; 77(6): 53–57, indexed in Pubmed: [19227865](#).
30. Yelisyeyeva OP, Semen KO, Ostrovska GV, et al. The effect of Amaranth oil on monolayers of artificial lipids and hepatocyte plasma membranes with adrenalin-induced stress. *Food Chem.* 2014; 147: 152–159, doi: [10.1016/j.foodchem.2013.09.119](#), indexed in Pubmed: [24206699](#).
31. López VR, Razzeto GS, Giménez MS, et al. Antioxidant properties of *Amaranthus hypochondriacus* seeds and their effect on the liver of alcohol-treated rats. *Plant Foods Hum Nutr.* 2011; 66(2): 157–162, doi: [10.1007/s11130-011-0218-4](#), indexed in Pubmed: [21547507](#).
32. Zeashan H, Amresh G, Singh S, et al. Hepatoprotective and antioxidant activity of *Amaranthus spinosus* against CCl4 induced toxicity. *J Ethnopharmacology.* 2009; 125(2): 364–6.
33. Kumar ABS, Lakshman K, Kumar APA, et al. Hepatoprotective activity of methanol extract of *Amaranthus caudatus* Linn. against paracetamol-induced hepatic injury in rats. *Journal of Chinese Integrative Medicine.* 2011; 9(2): 194–200.
34. Al-Dosari MS. The effectiveness of ethanolic extract of *Amaranthus tricolor* L.: A natural hepatoprotective agent. *Am J Chin Med.* 2010; 38(6): 1051–64.
35. Nikolaevsky VA, Martirosyan D, Muzalevskaya EN, et al. Hepatotropic, antioxidant and antitoxic action of amaranth oil. *Functional Foods in Health and Disease.* 2014; 4(5): 159–71.
36. Huerta-Ocampo JA, Rosa AP. Amaranth: A pseudo-cereal with nutraceutical properties. *current nutrition & food science.* 2011; 7(1): 1–9, doi: [10.2174/157340111794941076](#).
37. Hilou A, Nacoulma OG, Guiguemde TR. In vivo antimalarial activities of extracts from *Amaranthus spinosus* L. and *Boerhaavia erecta* L. in mice. *J Ethnopharmacol.* 2006; 103(2): 236–240, doi: [10.1016/j.jep.2005.08.006](#), indexed in Pubmed: [16171960](#).
38. Gugafa M, Zarzecka K, Sikorska A. Prozdrowotne właściwości oleju rzepakowego. *Postępy Fitoterapii.* 2014; 2: 100–103.
39. Dupont J, White PJ, Johnston KM, et al. Food safety and health effects of canola oil. *J Am Coll Nutr.* 1989; 8(5): 360–375, indexed in Pubmed: [2691543](#).
40. Walczak Z, Starzycki M. Ocena profilu kwasów tłuszczowych w olejach tłoczonych na zimno w kontekście rekomendacji ich w żywieniu osób aktywnych fizycznie. *Bromat Chem Toksykol.* 2013; XLVI(3): 316–22.
41. Maniak B, Zdybel B, Bogdanowicz M. Ocena wybranych właściwości fizykochemicznych tradycyjnych olejów roślinnych produkowanych na ziemi lubelskiej. *Agricultural engineering.* 2012; 3(138): 101–7.
42. Lin L, Allemekinders H, Dansby A, et al. Evidence of health benefits of canola oil. *Nutr Rev.* 2013; 71(6): 370–385, doi: [10.1111/nure.12033](#), indexed in Pubmed: [23731447](#).
43. Hodson L, Skeaff CM, McKenzie JE, et al. The effect of replacing dietary saturated fat with polyunsaturated or monounsaturated fat on plasma lipids in free-living young adults. *Eur J Clin Nutr.* 2001; 55(10): 908–915, doi: [10.1038/sj.ejcn.1601234](#), indexed in Pubmed: [11593354](#).
44. Miettinen TA, Vanhanen H. Serum concentration and metabolism of cholesterol during rapeseed oil and squalene feeding. *Am J Clin Nutr.* 1994; 59(2): 356–363, doi: [10.1093/ajcn/59.2.356](#), indexed in Pubmed: [8310985](#).
45. Gustafsson IB, Vessby B, Ohrvall M, et al. A diet rich in monounsaturated rapeseed oil reduces the lipoprotein cholesterol concentration and increases the relative content of n-3 fatty acids in serum in hyperlipidemic subjects. *Am J Clin Nutr.* 1994; 59(3): 667–674, doi: [10.1093/ajcn/59.3.667](#), indexed in Pubmed: [8116547](#).

46. Junker R, Kratz M, Neufeld M, et al. Effects of diets containing olive oil, sunflower oil, or rapeseed oil on the hemostatic system. *Thromb Haemost.* 2001; 85(2): 280–286, indexed in Pubmed: [11246548](#).
47. Kruse M, von Loeffelholz C, Hoffmann D, et al. Dietary rapeseed/canola-oil supplementation reduces serum lipids and liver enzymes and alters postprandial inflammatory responses in adipose tissue compared to olive-oil supplementation in obese men. *Mol Nutr Food Res.* 2015; 59(3): 507–519, doi: [10.1002/mnfr.201400446](#), indexed in Pubmed: [25403327](#).
48. Gillingham LG, Gustafson JA, Han SY, et al. High-oleic rapeseed (canola) and flaxseed oils modulate serum lipids and inflammatory biomarkers in hypercholesterolaemic subjects. *Br J Nutr.* 2011; 105(3): 417–427, doi: [10.1017/S0007114510003697](#), indexed in Pubmed: [20875216](#).
49. Maljaars J, Romeyn EA, Haddeman E, et al. Effect of fat saturation on satiety, hormone release, and food intake. *Am J Clin Nutr.* 2009; 89(4): 1019–1024, doi: [10.3945/ajcn.2008.27335](#), indexed in Pubmed: [19225118](#).
50. Diaz ML, Watkins BA, Li Y, et al. Chromium picolinate and conjugated linoleic acid do not synergistically influence diet- and exercise-induced changes in body composition and health indexes in overweight women. *J Nutr Biochem.* 2008; 19(1): 61–68, doi: [10.1016/j.jnutbio.2007.01.006](#), indexed in Pubmed: [17531459](#).
51. Austel A, Ranke C, Wagner N, et al. Weight loss with a modified Mediterranean-type diet using fat modification: a randomized controlled trial. *Eur J Clin Nutr.* 2015; 69(8): 878–884, doi: [10.1038/ejcn.2015.11](#), indexed in Pubmed: [25690866](#).
52. Ramprasath VR, Thandapilly SJ, Yang S, et al. Effect of consuming novel foods consisting high oleic canola oil, barley -glucan, and DHA on cardiovascular disease risk in humans: the CONFIDENCE (Canola Oil and Fibre with DHA Enhanced) study — protocol for a randomized controlled trial. *Trials.* 2015; 16: 489, doi: [10.1186/s13063-015-1014-5](#), indexed in Pubmed: [26518870](#).
53. Palomäki A, Pohjantähti-Maaroos H, Wallenius M, et al. 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, doi: [10.1186/1476-511X-9-137](#), indexed in Pubmed: [21122147](#).
54. Jenkins DJA, Kendall CWC, Vuksan V, et al. Effect of lowering the glycemic load with canola oil on glycemic control and cardiovascular risk factors: a randomized controlled trial. *Diabetes Care.* 2014; 37(7): 1806–1814, doi: [10.2337/dc13-2990](#), indexed in Pubmed: [24929428](#).
55. Uusitupa M, Schwab U, Mäkimattila S, et al. Effects of two high-fat diets with different fatty acid compositions on glucose and lipid metabolism in healthy young women. *Am J Clin Nutr.* 1994; 59(6): 1310–1316, doi: [10.1093/ajcn/59.6.1310](#), indexed in Pubmed: [8198055](#).
56. Södergren E, Gustafsson IB, Basu S, et al. A diet containing rapeseed oil-based fats does not increase lipid peroxidation in humans when compared to a diet rich in saturated fatty acids. *Eur J Clin Nutr.* 2001; 55(11): 922–931, doi: [10.1038/sj.ejcn.1601246](#), indexed in Pubmed: [11641740](#).
57. Hardman WE. Dietary canola oil suppressed growth of implanted MDA-MB 231 human breast tumors in nude mice. *Nutr Cancer.* 2007; 57(2): 177–183, doi: [10.1080/01635580701277445](#), indexed in Pubmed: [17571951](#).
58. Wang J, John EM, Horn-Ross PL, et al. Dietary fat, cooking fat, and breast cancer risk in a multiethnic population. *Nutr Cancer.* 2008; 60(4): 492–504, doi: [10.1080/01635580801956485](#), indexed in Pubmed: [18584483](#).