



TŁUSZCZE wielcy sprzymierzeńcy zdrowia



MARINEX

Tłuszcze - wielcy sprzymierzeńcy zdrowia

Tłuszcze to obok węglowodanów i białek główna grupa składników odżywczych, niezbędnych do prawidłowego funkcjonowania organizmu człowieka. Nie tylko stanowią dobre źródło energii, ale przede wszystkim pełnią funkcje budulcowe i regulatorowe. Co to oznacza? Że są kluczowe w stworzeniu prawidłowej struktury oraz funkcjonowaniu wielu narządów i systemów. Niestety, z racji tego, że tłuszcze tłuszczowi nierówny i wiele jego rodzajów zamiast pomagać organizmowi w zachowaniu zdrowia, rujnuje je, ta grupa składników odżywczych bardzo niesłusznie została owiana złą sławą. Trzeba raz na zawsze skończyć z powielaniem tego mitu. I właśnie dlatego powstał ten artykuł – aby wyjaśnić podstawowe różnice między różnymi rodzajami lipidów, pokazać, że te „dobre” są nam nie tylko potrzebne, ale wręcz niezbędne, oraz wskazać najlepsze źródła tych wartościowych związków.

Podział tłuszczów

Biorąc pod uwagę strukturę cząsteczek kwasów tłuszczowych występujących w tłuszczach, można podzielić je na nasycone i nienasycone (jedno- i wielonienasycone).

Wśród kwasów nienasyconych wyróżniamy kwasy jednonienasycone (w dużej ilości występują w oliwie z oliwek) oraz wielonienasycone, które mają od 2 do 6 wiązań podwójnych. W tej drugiej grupie znajdują się **niezbędne nienasycone kwasy tłuszczowe (NNKT) omega-3 i omega-6**.

Rola tłuszczów

Widzimy więc, że tłuszcze stanowią bardzo niejednorodną grupę związków. Różnią się długością łańcucha węglowego, a także liczbą i rozmieszczeniem podwójnych wiązań nienasyconych. Nie dziwi więc fakt, że będą one zupełnie inaczej wykorzystywane w organizmie człowieka.

Tłuszcze nasycone występują przede wszystkim w produktach pochodzenia zwierzęcego (mięso, masło, sery, wędliny), ale także w oleju palmowym i kokosowym [1]. W organizmie człowieka pełnią głównie funkcję energetyczną. Warto zauważyć, że nie są dla naszego organizmu niezbędne, dlatego dostarczanie ich z pożywieniem powinno być znikome i nie przekraczać 10% dziennego zapotrzebowania kalorycznego [2].

Organizm ma bowiem ograniczone zapotrzebowanie na energię. Gdy tego „paliwa” będziemy dostarczać w nadmiarze, nie będzie możliwe jego bieżące zużycie. Wtedy nasycone kwasy tłuszczowe odkładają się w organizmie w postaci tkanki tłuszczowej, co grozi rozwojem nadwagi i otyłości oraz chorób z nimi związanych. Warto również wspomnieć, że tkanka tłuszczowa jest źródłem substancji o działaniu prozapalnym [3], dlatego jej przyrost może również wiązać się ze wzrostem stanu zapalnego w organizmie [4].

Wśród tłuszczów wielonienasyconych najważniejsze są dwie ich grupy: omega-3 i omega-6. **WKT omega-3 występują przede wszystkim w rybach i owocach morza, a także w algach** (WKT EPA i DHA omega-3) oraz w oleju lnianym (ALA omega-3). Źródłem WKT omega-6 są przede wszystkim wieprzowina i oleje roślinne (słonecznikowy, rzepakowy, kukurydziany, z pestek winogron) [5]. Obie te grupy związków nazywane są niezbędnymi, ponieważ organizm nie jest w stanie ich wytworzyć i trzeba je dostarczać z pożywieniem. Omega-6 są bardzo popularne w produktach spożywczych i populacyjnie nie występuje problem z ich niedoborem, dużo powszechniejszym problemem jest jednak zbyt niskie spożycie WKT omega-3.

Wykorzystanie tłuszczów nienasyconych, zwłaszcza omega-3, jest bardziej wszechstronne niż tłuszczów nasyconych. Są nie tylko preferowanym źródłem energii, ale pełnią również funkcje regulacyjno-strukturalne. Są **substancjami budulcowymi wszystkich błon komórkowych** [6]. **Budują** ponadto kluczowe dla organizmu organy; w wielu narządach występują w znacznie większej ilości niż białka, np. w szpiku kostnym, mózgu, skórze i siatkówce oka, w sercu ilość białek i tłuszczów jest zbliżona [7]. Żaden narząd nie będzie dobrze funkcjonował, jeśli jego budowa będzie nieprawidłowa. Dlatego też wspomniane tłuszcze, warunkując odpowiednią strukturę wymienionych organów, odpowiadają za ich **prawidłowe działanie**. Przekłada się to nie tylko na dobrą pracę samych narządów, ale wszystkich układów, które tworzą, czyli m.in. układu odpornościowego (którego „centrum” stanowi szpik kostny), nerwowego, krwiotwórczego i krążenia. Warto również wspomnieć, że tłuszcze są głównym (po wodzie) składnikiem kobiecego mleka (**jest ich 4 razy więcej niż białek**) [8]. Obowiązuje tu zasada: „jesteś tym, co jesz”. Im więcej nasyconych, „złych” tłuszczów w naszej diecie, tym gorsza struktura i funkcjonowanie wymienionych narządów, a u kobiety karmiącej – nieprawidłowy profil lipidowy mleka.

WKT **regulują** wiele procesów zachodzących w organizmie, na różnych poziomach:

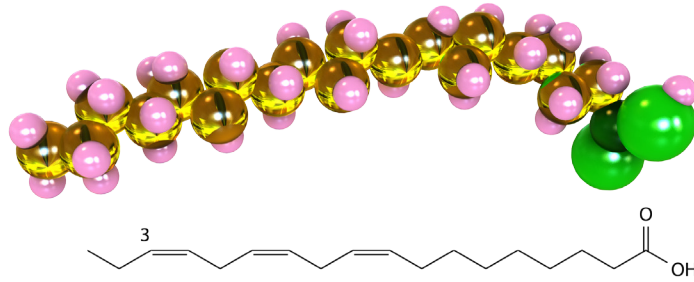
- EPA i DHA omega-3 **wpływają na ekspresję genów** odpowiedzialnych m.in. za procesy odpornościowe i przeciwzapalne [9];
- EPA i DHA omega-3 stanowią substrat do **produkcji związków o działaniu przeciwzapalnym i ochronnym**: rezolwin, protektyn i marezyn [10].
- są **niezbędne do wytworzenia eikozanoidów**, do których zaliczamy prostaglandyny, prostacykliny, leukotrieny, tromboksany i lipoksyny. Są to hormony tkankowe, kontrolujące procesy zapalne i immunologiczne, związane z krzepnięciem krwi, pracą układu sercowo-naczyniowego i regulacją ciśnienia krwi. Eikozanoidy powstające z tłuszczów szeregu omega-3 wykazują zdecydowanie mniejsze działanie prozapalne i prozakrzepowe, dlatego w diecie powinny zdecydowanie przeważać WKT EPA i DHA omega-3 [11].

Należy zwrócić również uwagę na zawartość w diecie tłuszczów trans, które powstają w procesach częściowego uwodornienia lub utwardzenia, mających na celu nadanie płynnym olejom roślinnym stałej konsystencji. Tłuszcze trans niekorzystnie oddziałują na wiele procesów metabolicznych (powodują wzrost cholesterolemii i insulinooporności), dlatego należy dążyć do ich całkowitej eliminacji z diety [12].

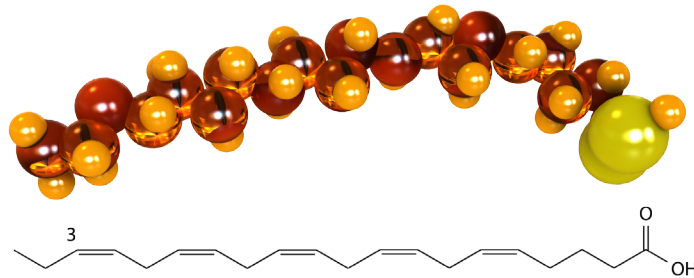
WKT omega-3 pochodzenia roślinnego a zwierzęcego

Choć zarówno WKT omega-3 pochodzenia roślinnego (ALA, rysunek 1), jak i zwierzęcego (EPA i DHA, rysunki 2 i 3) zaliczane są do niezbędnych kwasów tłuszczowych, ich wykorzystanie przez organizm znacząco się różni. EPA i DHA są związkami „gotowymi”, które organizm może bezpośrednio włączać w swoje struktury i uruchamiać z ich udziałem procesy regulacyjne.

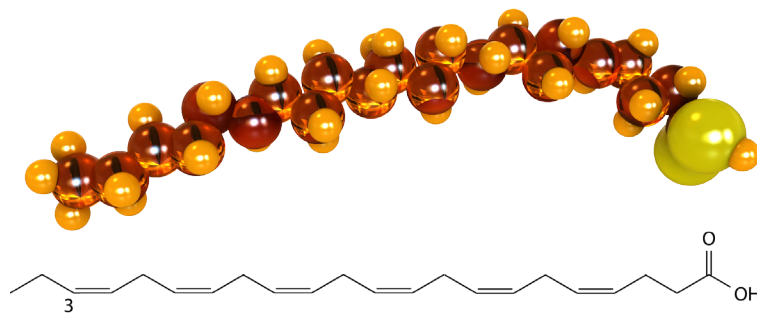
ALA jest związkiem wyjściowym. Aby go wykorzystać, organizm musi w pierwszej kolejności przekształcić go do formy EPA i DHA. Proces konwersji jest procesem enzymatycznym, w który zaangażowane są dwa rodzaje białek: saturazy, „dobudowujące” wiązania podwójne, oraz elongazy, wydłużające łańcuch węglowy. Wydajność tych procesów jest bardzo niska, na poziomie 5-10% [13]. Co to oznacza? Że aby uzyskać taką samą dawkę WKT EPA i DHA omega-3, jakiej dostarcza olej rybi, należy przyjąć 10 razy więcej oleju lnianego. Nie oznacza to jednak, że organizm będzie dysponował odpowiednim poziomem aktywnych enzymów biorących udział w procesie konwersji. Zauważmy poza tym, że priorytetowym działaniem organizmu powinno być tworzenie bardziej złożonych tłuszczów oraz ich kompozycji.



Rysunek 1. Budowa roślinnego kwasu ALA – łańcuch zbudowany z 18 atomów węgla, z trzema wiązaniami podwójnymi



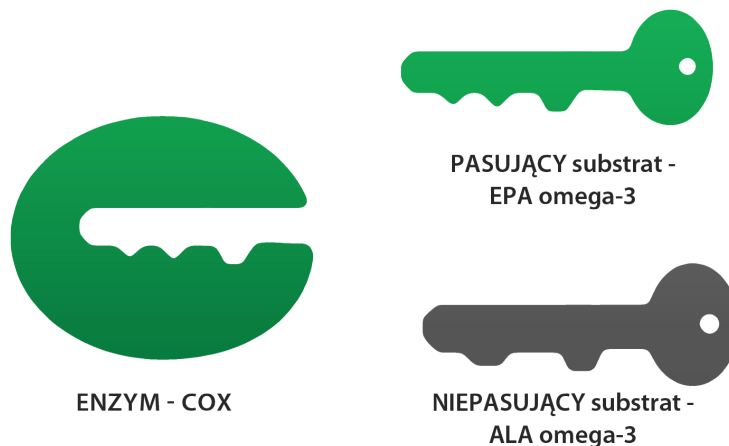
Rysunek 2. Budowa zwierzęcego kwasu EPA – łańcuch zbudowany z 20 atomów węgla, z pięcioma wiązaniami podwójnymi



Rysunek 3. Budowa zwierzęcego kwasu DHA – łańcuch zbudowany z 22 atomów węgla, z sześcioma wiązaniami podwójnymi

A dlaczego WKT ALA nie może być bezpośrednio wykorzystany przez organizm?

Za syntezę wspomnianych wcześniej eikozanoidów odpowiadają enzymy z grupy cyklooksygenaz (COX). Niezbędnym etapem reakcji jest połączenie się EPA z enzymem. Aby do tego doszło, ligand (czyli w tym wypadku cząsteczka EPA) musi IDEALNIE pasować do cząsteczki enzymu (na zasadzie klucza i zamka, rysunek 4). EPA ma w swojej strukturze o dwa atomy węgla więcej niż ALA, a także dwa dodatkowe wiązanie podwójne. Te różnice w budowie sprawiają, że wymagane dopasowanie do enzymu ma tylko EPA, a nie ALA.



Rysunek 4. Schematyczne przedstawienie zasady dopasowanie liganda do enzymu (na podstawie <https://www.majordifferences.com/>)

Jakie tłuszcze wybierać? Ile ich przyjmować?

Odpowiednie tłuszcze są kluczowym elementem naszej diety. Zauważmy, że diety najzdrowszych populacji na świecie – Eskimosów, Japończyków i Sycylijszyków oparte są właśnie o tłuszcze. Kluczowe jest to, aby były to te lipidy, których nasz organizm potrzebuje, które pełnią rolę budulcowo-regulacyjną, a nie tylko energetyczną. Sądzę, że po przeczytaniu powyższego nie ma już wątpliwości, które tłuszcze powinny dominować w naszej diecie – oczywiście wielonienasycone kwasy tłuszczowe EPA i DHA omega-3.

Jest to z resztą zgodne z rekomendacjami Europejskiego Urzędu ds. Bezpieczeństwa Żywności i Żywienia (EFSA), który w oświadczeniu zdrowotnym rekomenduje zamianę w **codziennej diecie tłuszczów nasyconych na tłuszcze nienasycone** [14].

A ile tłuszczów powinna zawierać nasza dieta?

W 150 gramach dorsza czy w 50 gramach halibuta znajduje się około 250 mg EPA + DHA omega-3 [15]. Czy każdy z nas codziennie spożywa taką porcję ryb? Raczej nie. Dlatego już w działaniu profilaktycznym, aby zapobiegać niedoborom tych cennych związków, a tym samym zaburzeniom w funkcjonowaniu organizmu, należy suplementować EPA i DHA omega-3 w postaci odpowiednich, wysokogatunkowych, pełnowartościowych preparatów, których skuteczność i bezpieczeństwo zostało potwierdzone w badaniach naukowych i klinicznych u ludzi.

Pamiętajmy, że urzędowe zalecenia żywieniowe ustala się dla ogółu populacji, a ich aktualizacje odbywają się z wieloletnimi opóźnieniami. W przypadku choroby zaś gwałtownie rośnie zapotrzebowanie organizmu na energię, ale przede wszystkim na substancje budulcowe i regulatorowe. Zastanówmy się... Podczas każdej choroby, niezależnie, czy będzie to błahe przeziębienie, czy poważna choroba nowotworowa, nasz organizm maksymalnie się mobilizuje, aby zażegnać zagrożenie i powrócić do stanu równowagi biologicznej. Układ odpornościowy produkuje komórki żerne i przeciwciała, których celem jest zwalczanie wirusów czy bakterii. System przeciwzapalny pracuje ze zdwojoną siłą, aby wyeliminować stany zapalne. Cały układ krążenia musi pracować jeszcze wydajniej, aby wszystkie komórki i substancje wytworzone przez układ immunologiczny i system przeciwzapalny, a także substancje odżywcze, dostarczyć do każdego miejsca w organizmie. Równocześnie uruchamiane są procesy regeneracyjne, „naprawiające” szkody wyrządzone przez chorobę.

Do każdego z tych procesów potrzebne są EPA i DHA omega-3. Tłuszcze nasycone będą co najwyżej źródłem energii, natomiast organizm nie wykorzysta ich do wytworzenia żadnych wyspecjalizowanych komórek czy substancji. Zatem zapotrzebowanie na WKT EPA i DHA omega-3 w chorobie szczególnie wzrasta. Jak bardzo? Jest to przedmiotem toczących się badań, jednak w tej chwili można to jedynie oszacować, jeśli przyjrzymy się bliżej dietom społeczeństw, w których **choroby układu krążenia czy nowotwory praktycznie nie występują**.

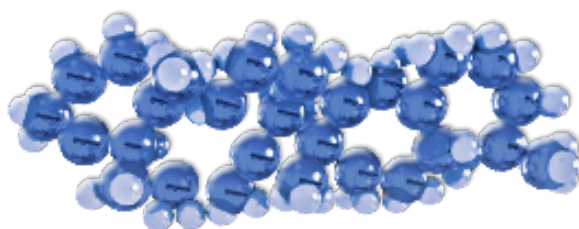
Eskimosi na przykład spożywają nawet do 12 g WKT EPA i DHA omega-3 dziennie [16], niewiele mniej przyjmują Okinawczycy, mieszkańcy małej japońskiej wyspy, na której występuje najliczniejsza na świecie populacja dziewięćdziesięcio- i stułatków. W ostatnim czasie, po wielu latach, nawet Europejskie Towarzystwo Kardiologiczne rekomenduje, aby wszyscy pacjenci z wysokim ryzykiem wystąpienia poważnych incydentów sercowo-naczyniowych, poza lekami obniżającymi poziom cholesterolu przyjmowali oleje z ryb. Wykazano bowiem, że w tej grupie chorych taka suplementacja zmniejsza ryzyko wspomnianych incydentów (w tym zawałów serca i udaru mózgu) o 25% [17].

Skwalen – rola w budowaniu pierwszej linii odporności

Zgodnie z definicją **odporność** określana jest jako niepodatność organizmu na działanie niekorzystnych czynników zewnętrznych [18]. Niewielu z nas wie, że organem decydującym o obronie organizmu przed wnikaniem patogenów i innych cząsteczek z zewnątrz jest **skóra**, największy narząd naszego ciała, a także błony śluzowe.

Skóra stanowi nie tylko barierę mechaniczną przed bakteriami, wirusami, grzybami i pasożytami. Znajdują się w niej również gruczoły łojowe, potowe i łzowe (tzw. przydatki skóry), których wydzieliny: sebum, pot i łzy ułatwiają usuwanie patogenów poza organizm i pomagają utrzymać odpowiednie (niesprzyjające rozwojowi bakterii) pH skóry. Aby jednak wszystkie te mechanizmy działały efektywnie, zgodnie ze swoją biologiczną rolą, skóra musi mieć prawidłową budowę. Najważniejszym lipidem strukturalnym skóry jest **skwalen**, związek lipidowy z grupy triterpenów (jego budowę przedstawia rysunek 5) [19]. Nasza skóra powinna zawierać go w ilości 15%, niestety, już po 25 roku życia możliwości syntezy tego związku drastycznie maleją; szacuje się, że skóra pięćdziesięciolatek zawiera go w ilości jedynie 5%. Co dla nas oznacza zaburzenie prawidłowej budowy skóry?

- utratę mechanicznej bariery przed wnikaniem patogenów do organizmu;
- osłabienie mechanizmów regeneracyjnych skóry;
- pogorszenie jej walorów estetycznych (utrata jędrności i elastyczności, pojawienie się zmarszczek i przebarwień) na skutek niedostatecznego nawilżenia i odżywienia skóry.

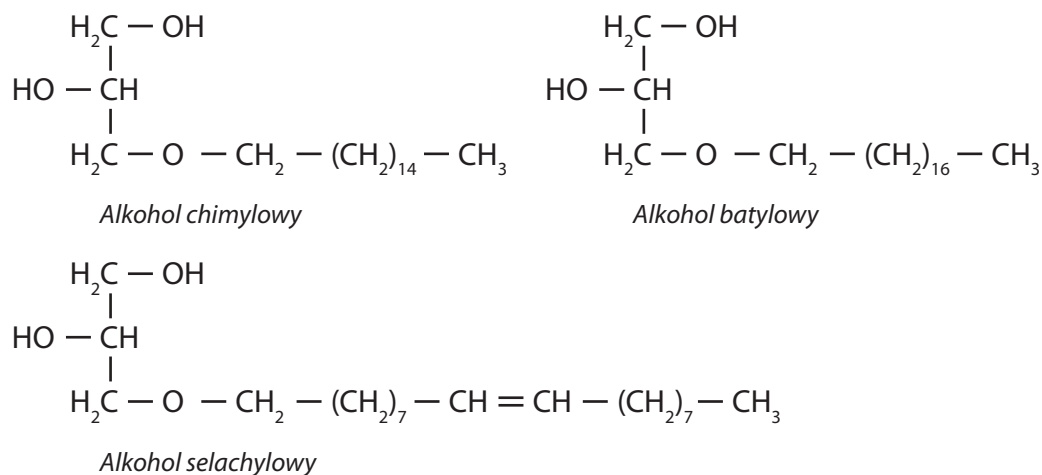


Rysunek 5. Budowa cząsteczki skwalenu ($C_{30}H_{50}$)

Okazuje się jednak, że rola skwalenu nie kończy się na zapewnieniu prawidłowej budowy skóry. Jak jeszcze wykorzystuje go organizm? Przede wszystkim skwalen jest pewnego rodzaju znacznikiem, usprawniającym pracę układu odpornościowego. Dzięki swoim unikatowym właściwościom opłascza znajdujące się w organizmie patogeny, co stanowi sygnał dla układu immunologicznego do ich zniszczenia [20]. Wysokie stężenia skwalenu występują również w szpiku kostnym, grasicy i śledzionie – miejscach, gdzie powstają komórki naszej krwi, w tym komórki odpornościowe – białe krwinki, których zasadniczą rolą jest walka z infekcjami. Skwalen ponadto, dzięki zdolności do wiązania tlenu, odpowiada za jego transport i prawidłowy stopień dotlenienia wszystkich komórek w organizmie. Jest także prekursorem do syntezy wielu kluczowych dla zdrowia związków: cholesterolu, hormonów steroidowych, witaminy D_3 i kwasów żółciowych, których nie da się wytworzyć na żadnym innym szlaku [21].

Alkiloglicerole – budulec „mózgu” naszej odporności

Mówiąc o odporności, nie sposób nie wspomnieć o **alkiloglicerolach**. Czym są alkiloglicerole? Pod względem budowy chemicznej to etery alkilowe glicerolu. Najważniejszymi w tej grupie związków są alkohole batylowy, chimylowy i selachylowy. Ich strukturę przedstawia rysunek 6.



Rysunek 6. Budowa najważniejszych alkilogliceroli

Alkiloglicerole gromadzą się w organach, w których powstają wszystkie komórki krwi – w szpiku kostnym, śledzionie i wątrobie. Dzięki temu, podobnie jak skwalen, warunkują wytworzenie odpowiedniej ilości i prawidłowe działanie komórek, których zasadniczą rolą jest budowanie naturalnej odporności – białych krwinek (neutrofili, makrofagów, limfocytów, komórek NK). Ważne jest, aby organizm wytwarzał nie tylko odpowiednią ich ilość, ale również, żeby były prawidłowo zbudowane. Tylko wtedy bowiem osiągną swój pełen potencjał do walki z zagrożeniami. Wytworzenie sprawnie działających leukocytów stanie się możliwe wtedy, gdy w organach krwiotwórczych będą odpowiednie ilości niezbędnych lipidów – alkilogliceroli i skwalenu.

Białe krwinki (leukocyty) śmiało można nazwać obronną armią organizmu. Dzięki zdolności do migracji trafiają do miejsca naszego organizmu, w którym aktualnie są najbardziej potrzebne. To zróżnicowana grupa komórek. Zaliczamy do nich zarówno makrofagi i neutrofile, które w sposób niespecyficzny „pożerają” obce komórki (np. cząsteczki patogenów), jak i własne, lecz nieprawidłowe komórki organizmu (zmutowane, zainfekowane wirusem, agresywne wobec własnych tkanek). Innym rodzajem białych krwinek są limfocyty, które odpowiadają za wytwarzanie selektywnych przeciwciał – cząsteczek rozpoznających fragmenty obcych białek (pochodzących np. z komórki bakterii czy cząsteczki wirusa) i mających zdolność wiązania go na swojej powierzchni. W ten sposób niepożądany element nie stanowi już zagrożenia dla organizmu. Ważną grupą leukocytów są komórki NK (tzw. natural killers, naturalni zabójcy), które w sposób naturalny eliminują z organizmu komórki zmienione nowotworowo [22].

Na tym jednak nie kończy się wykorzystanie alkilogliceroli do budowania sprawnie działającego układu odpornościowego. Mają one bowiem wpływ nie tylko na powstawanie komórek odpornościowych, ale również na regulację ich działania. Dzieje się tak dlatego, że z alkilogliceroli organizm wytwarza grupę związków o wspólnej nazwie **czynniki aktywujące płytki (PAF)** [23], wpływające na aktywność komórek biorących udział w reakcjach immunologicznych.

Skwalen i alkiloglicerole – podstawa odporności noworodków i niemowląt

Noworodek w pierwszym miesiącu życia blisko 50% energii czerpie z tłuszczów (a tylko 8% z białek). Dlatego tak ważne jest zadbanie o optymalną kompozycję mleka, którym jest karmiony. Lipidy stanowiąc będą nie tylko źródło energii, ale też niezwykle istotny element budulcowy mózgu i układu nerwowego (szczególnie kwas DHA). Alkiloglicerole i skwalen zaś są niezbędne, jeśli chodzi o wykształcenie naturalnej odporności organizmu, której nowonarodzone dziecko jest niemal pozbawione. Nie dziwi więc fakt, że obie grupy lipidów w kobiecym mleku występują w znaczących ilościach: skwalenu jest ok. 10 μmol/l,

stężenie alkilogliceroli zaś jest ponad 10 razy wyższe niż w mleku krowim [24]. Jest to kolejny argument przemawiający za możliwie długim karmieniem dzieci piersią, ponieważ o ile mleka modyfikowane są wzbogacane o syntetyczne WKT omega-3, nie znajdziemy w nich ani alkilogliceroli, ani skwalenu, tak ważnych dla kształtowania odporności, jak również przeciwciał przekazywanych dziecku przez matkę.

Odporność to nie tylko zapobieganie infekcjom!

Wielu z nas wydaje się, że jedyną funkcją układu odpornościowego jest obrona organizmu przed chorobami infekcyjnymi – przeziębieniami, grypą, anginą itp. To jednak tak naprawdę wierzchołek góry lodowej. Trudno bowiem wymienić chorobę przewlekłą, u podłoża której nie leżą zaburzenia odporności i, często z nimi związane, nadmierne stany zapalne w organizmie. Jakże to choroby? Na pewno wszystkie schorzenia autoimmunologiczne (w przebiegu których nieprawidłowo funkcjonujący układ odpornościowy atakuje własne komórki): reumatoidalne zapalenie stawów, łuszczyca, choroba Hashimoto czy cukrzyca typu I [25]. Niewydolność układu odpornościowego, któremu towarzyszy przewlekły stan zapalny są również postrzegane jako jedna z przyczyn rozwoju nowotworów i główna przyczyna powstawania miażdżycy. Alergia i astma ze swoimi typowymi objawami (dusznościami, wysypką, katarem, kaszlem) są także manifestacją zaburzeń odporności.

Co więcej, nawet jeśli dojdzie do rozwoju którejkolwiek z tych chorób, wydolny układ odpornościowy umożliwi skuteczniejszą walkę z nimi, sprawi, że rekonwalescencja będzie krótsza, a powrót do pełni zdrowia – szybszy.

Skwalen i alkiloglicerole – jak zapewnić ich wystarczające ilości w codziennej diecie?

Nie jest to łatwe. Choć zapotrzebowanie na te związki wynika z informacji zapisanych w naszych genach, wytwarzanie ich przez nasz organizm jest zdecydowanie zbyt niskie. Oznacza to, że skwalen i alkiloglicerole muszą być dostarczane z codzienną dietą. Gdzie więc znajdziemy ich największe ilości? Skwalen naturalnie występuje w wątrobie rekinów głębinowych, oliwkach i nasionach amarantusa. Warto jednak zwrócić uwagę na ilości: olej z wątroby rekina zawiera od 60 do 85% czystego skwalenu, następną w kolejności oliwa z oliwek – jedynie 0,7% [26]. Wątroby rekinów są również jedynym źródłem alkilogliceroli. Biorąc pod uwagę fakt, że nasze położenie geograficzne oraz tradycje kulinarne nie umożliwiają spożywania wątroby rekinów, konieczna jest suplementacja oleju z nich sporządzonego w postaci odpowiednich preparatów. Co to znaczy odpowiednich? Przebadanych naukowo u ludzi, pełnowartościowych, niewzbogacanych i pozyskiwanych z ryb żyjących w naturalnie czystych siedliskach. Warto również zwrócić uwagę na fakt, że zarówno WKT omega-3, jak i alkiloglicerole i skwalen, przenikają do kobiecego mleka. Dbając więc o odpowiednią dietę matki, warunkujemy prawidłowy poziom tych substancji w organizmie dziecka. Nie dotyczy to jednak witaminy D3, którą powinna suplementować i kobieta karmiąca, i niemowlę.

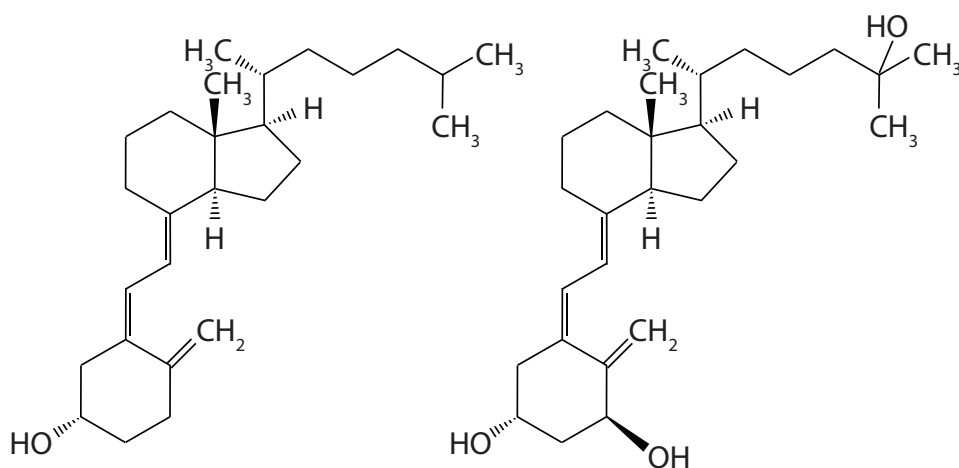
Witaminy

Zgodnie z definicją witaminy to grupa organicznych związków chemicznych o różnorodnej budowie, niezbędnych do prawidłowego funkcjonowania organizmu człowieka. Poza niektórymi wyjątkami (witaminą D₃, K i B₁) organizm nie jest ich w stanie syntezować, co oznacza, że muszą być dostarczane z pokarmem. Pod względem rozpuszczalności witaminy dzielą się na te rozpuszczalne w wodzie (C i kompleks witamin B) oraz w tłuszczach (A, D, E i K). Witaminy są przez organizm wykorzystywane wielokierunkowo, co oznacza, że niemal każdy proces fizjologiczny jest przez nie regulowany. Pokazuje to, jak ważne jest ich dostarczanie w odpowiedniej ilości, jak również jakości. Dziś skupimy się na dwóch witaminach tłuszczowych, które w dużych ilościach występują w rybach i pozyskanych z nich olejach – witaminie D₃ i A.

Witamina D₃ – metabolizm

Witamina D występuje w dwóch postaciach, różniących się od siebie budową chemiczną: witamina D₂ (ergokalcyferol) i D₃ (**cholekalcyferol**). Witamina D₂ występuje w organizmach roślin, drożdży i grzybów, witamina D₃ zaś powstaje w organizmie człowieka przy udziale światła słonecznego. Na całkowitą pulę witaminy D₃ w organizmie człowieka składa się więc zarówno ta wyprodukowana przy udziale słońca, jak i ta dostarczana z pokarmami pochodzenia zwierzęcego.

Jak powstaje aktywna witamina D₃? Pod wpływem promieniowania **prowitamina D₃**, będąca pochodną cholesterolu, przekształca się w **prewitaminę D₃**, a ta następnie ulega spontanicznej przemianie do witaminy D₃ (cholekalcyferolu). W tej postaci transportowana jest do wątroby, gdzie podlega enzymatycznemu przekształceniu do **kalcydiolu** (25-hydroksywitamina D), a dopiero w nerkach zyskuje pełną, biologiczną aktywność na skutek przemiany do **kalcytriolu** (1,25-dihydroksywitamina D, rysunek 7). Do wszystkich komórek organizmu witamina D₃ (a tak naprawdę kalcytriol) trafia w postaci kompleksu z białkiem wiążącym witaminę D (DBP) [27].



Rysunek 7. Przekształcenie kalcydiolu do kalcytriolu - aktywnej postaci witaminy D₃

Witamina D₃ – wykorzystanie przez organizm

Wielokierunkowe wykorzystanie witaminy D₃ wynika z jej niezbędności w wielu procesach uruchamianych przez organizm oraz lokalizacji receptorów dla witaminy D.

Organizm wykorzystuje witaminę D do regulacji transkrypcji wielu genów, co w praktyce oznacza, że to właśnie przy udziale witaminy D organizm „decyduje” (poprzez regulację genetyczną), który proces będzie zachodził wydajniej, który słabiej, a który w ogóle nie będzie aktywowany.

Jak to się odbywa? W pierwszej kolejności kalcytriol łączy się z odpowiednim dla siebie receptorem (VDR), które znajdują się zarówno w cytoplazmie, jak i jądrze komórkowym. Następnie do receptora połączonego z ligandem przyłącza się receptor retinoidalny X (RXR). Dopiero taki kompleks łączy się w odpowiednimi sekwencjami DNA. W wyniku tej reakcji niektóre procesy zostają aktywowane, a inne przeciwnie – wyciszone [27].

Receptory dla witaminy D znajdują się niemal w całym naszym organizmie – kościach, skórze, jelicie, nerkach, mózgu, oczach, sercu, trzustce, mięśniach, tkance tłuszczowej i komórkach układu immunologicznego. Nie dziwi więc fakt, że jej wykorzystanie wpływa na tak wiele różnych procesów zachodzących w organizmie.

Witamina D₃ – biologiczne funkcje

Trudno wymienić układ w naszym organizmie, którego prawidłowe funkcjonowanie nie zależałoby od właściwego poziomu witaminy D₃.

Przede wszystkim odgrywa ona kluczową rolę, jeśli chodzi o funkcjonowanie **układu kostno-szkieletowego**. Odpowiada za prawidłową budowę kości i zębów oraz przyswajanie wapnia, przez co zapobiega krzywicy u dzieci i osteoporozie u dorosłych.

Witamina D₃ warunkuje również prawidłowe funkcjonowanie **komórek mięśniowych**, chroni przed występowaniem bóli mięśniowych, usprawnia wydolność mięśniową, a tym samym sprawność całego organizmu.

Witamina D₃ jest także wykorzystywana przez **komórki odpornościowe**, dzięki czemu zmniejsza się podatność organizmu zarówno na choroby infekcyjne, jak również autoimmunologiczne (łuszczyca, stwardnienie rozsiane). Co więcej, przy udziale witaminy D₃ organizm aktywuje geny kodujące katelicyny – peptydy o właściwościach przeciwbakteryjnych. Jej wykorzystanie prowadzi także do zmniejszenia się tempa namnażania komórek nowotworowych.

W przypadku niedoboru witaminy D₃ istnieje zwiększone ryzyko wystąpienia chorób **układu nerwowego**: choroby Alzheimera, choroby Parkinsona, schizofrenii i depresji.

Witamina D₃ zaangażowana jest również w **procesy metaboliczne**: jej niedobór oznacza zwiększone ryzyko otyłości i insulinooporności [28].

W końcu witamina D₃ jest kluczowa, jeśli chodzi o stan naszej **skóry** – jest wykorzystywana do zapewnienia jej prawidłowej budowy, dzięki czemu skóra mniej się przesusza i sprawniej regeneruje. Co więcej, jej włączenie w genetyczne i fizjologiczne procesy zachodzące w skórze prowadzi do ograniczenia procesów zapalnych oraz przeciwdziałania rozwojowi reakcji alergicznych. Prawidłowo zbudowana skóra jest podstawowym warunkiem wysokiej odporności. Chroni bowiem przed wnikaniem czynników szkodliwych do organizmu.

Witamina D₃ – zalecane ilości i źródła

Wiele mówi się na temat tego, że aktualnie rekomendowane dawki witaminy D₃ (600-800 IU na dobę dla osoby dorosłej) są przestarzałe i odbiegające od aktualnych doniesień naukowych, które wskazują na zasadność przyjmowania 2000 IU, a nawet 4000 IU witaminy D₃ na dobę, zwłaszcza w okresie jesienno-zimowym, a także u osób przewlekle chorych [29].

Mimo że nasza skóra przeprowadza proces syntezy witaminy D₃, jego wydajność nie jest wystarczająco do zaspokojenia wysokich potrzeb organizmu. Szczególnie, jeśli weźmie się pod uwagę nasze położenie geograficzne z niewielkim natężeniem promieniowania słonecznego oraz coraz powszechniejsze stosowanie kremów z filtrem UV, które mogą blokować skórą syntezę witaminy D₃.

Jeżeli chodzi o źródła pokarmowe, witaminę D₃ można znaleźć w tłustych rybach morskich, jajach, podrobach i serach [30]. Ilości te są niestety na tyle małe, że do pokrycia dziennego zapotrzebowania konieczne byłoby spożywanie tych produktów w kilogramach dziennie.

Niewystarczająca wydajność procesu skórnej syntezy witaminy D₃ oraz znikome występowanie w produktach spożywczych skutkuje coraz częstszym występowaniem niedoborów witaminy D₃ w naszej populacji. **Rodzi to niezbędną konieczność dodatkowej suplementacji.**

Ważnym jej krokiem jest oznaczenie poziomu witaminy D₃ w organizmie (w praktyce oznacza się poziom kalcydiolu, który jest głównym metabolitem krążącym we krwi). Umożliwi nam to dobór odpowiedniej dawki preparatu.

Pamiętajmy jednak, że dawka to nie wszystko. Aby organizm czerpał korzyści z takiej suplementacji, witamina D₃ powinna być w postaci naturalnego, biologicznego źródła. Takim źródłem (jeśli mowa o suplementacji) są pełnowartościowe oleje rybne. Ma to podwójnie istotne znaczenie, ponieważ skwalen, którego źródłem jest olej z wątroby rekinów, jest włączany do procesów wytwarzania witaminy D przez organizm. Czyli nie tylko dostarczamy z zewnątrz witaminy D, ale zapewniamy także surowiec do własnej produkcji przez organizm.

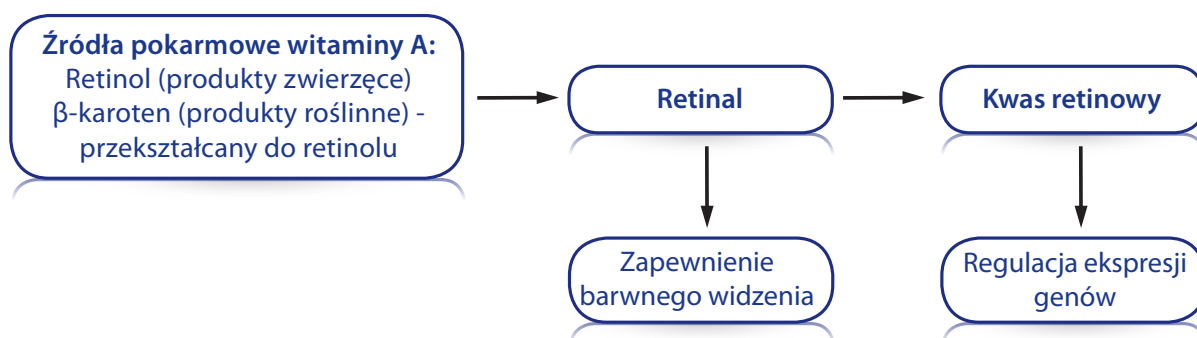
Weźmy również pod uwagę, że organizm uruchomi najpełniejszy wachlarz procesów regulatorowych, jeśli oprócz witaminy D₃ będziemy mu dostarczać innych niezbędnych lipidów: nie tylko omówionych wcześniej WKT omega-3, alkilogliceroli i skwalenu, ale również witaminy A (patrz niżej) czy witaminy K2-MK7, dzięki której organizm optymalizuje wykorzystanie witaminy D₃.

Sama dawka witaminy D₃ w preparacie (suplemencie diety czy żywności medycznej) nie jest w pełni miarodajna (nie zawsze mamy pełną informację na temat źródła witaminy D₃, nie wiemy, jak efektywnie będzie wykorzystywana przez organizm). Dlatego przy wyborze zawsze kierujemy się wynikami badań konkretnego produktu.

Warto również zauważyć, że istnieje wiele dowodów naukowych wskazujących na wyższość witaminy D₃ pochodzenia zwierzęcego nad witaminą D₂ pochodzenia roślinnego [31]. Choć obie te formy finalnie organizm przekształca do kalcydiolu, a następnie kalcytriolu, wykazano, że cholekalcyferol (D₃) efektywniej podnosi poziom 25-hydroksywitaminy D niż ergokalcyferol (D₂).

Witamina A – metabolizm

Pod nazwą witamina A kryje się cała grupa organicznych związków chemicznych zaliczanych do retinoidów. W źródłach zwierzęcych witamina A występuje w postaci retinolu, w źródłach roślinnych – w postaci β-karotenu (prowitamina A), która, aby mogła zostać wykorzystana przez organizm, musi ulegć przekształceniu do retinolu. Następnie retinol przekształcany jest do retinalu, a ten do kwasu retinowego (rysunek 8) [32].



Rysunek 8. Przemiany witaminy A w organizmie człowieka

Witamina A – wykorzystanie przez organizm

W zależności od formy, witamina A ma kilka mechanizmów działania. W postaci **11-cis-retinalu** wiąże się w oku z opsyną, tworząc rodopsynę. Kiedy foton światła dostaje się do oka, 11-cis-retinal ulega przekształceniu do formy *trans*. Formy *trans* odłączają się od opsyny, a impuls jest przekazywany ośrodkom wzrokowym w mózgu [32].

Podobnie jak witamina D₃, witamina A w postaci **kwasu retinowego** wykorzystywana jest do regulacji transkrypcji wielu genów. Receptory dla kwasu retinowego (RAR) znajdują się w jądrze komórkowym. Po dołączeniu do nich liganda dochodzi do utworzenia kompleksu z receptorem retinoidalnym (RXR), który bezpośrednio łączy się z wybranymi sekwencjami DNA i reguluje ekspresję genów [32].

Witamina A – biologiczne funkcje

Zasadniczą rolą witaminy A jest jej wykorzystanie w kierunku utrzymania narządu wzroku w zdrowiu i zapewnienia **prawidłowego widzenia**. Niedobór tej witaminy często objawia się uczuciem zmęczenia oczu i zaburzonym widzeniem, zwłaszcza po zmroku [33].

Witamina A jest również niezbędnym elementem prawidłowej **regeneracji skóry i błon śluzowych**: organizm przy jej udziale stymuluje różnicowanie keratynocytów oraz syntezę kolagenu. Witamina A jest także wykorzystywana do zapewniania odpowiedniej budowy skóry, przez co zapobiega wnikaniu drobnoustrojów ze środowiska zewnętrznego. Przyczynia się również do zachowania integralności błon komórkowych.

Dzięki swojej budowie chemicznej, witamina A wykazuje **działanie przeciwutleniające**. Stanowi więc kluczowy element sprawnego systemu antyoksydacyjnego organizmu człowieka, którego zasadniczą rolą jest ochrona przed szkodliwym działaniem wolnych rodników i ograniczanie procesu starzenia się [33]. Organizm wykorzystuje także witaminę A do uruchomienia procesów przeciwdziałających uszkodzeniom i mutacjom w DNA, zmniejszając ryzyko rozwoju chorób nowotworowych. Uruchomienie genetyczno-fizjologicznych mechanizmów antyoksydacyjnych przez organizm zapobiega także utlenianiu cząsteczek LDL, co ogranicza ryzyko rozwoju miażdżycy.

Jest również wykorzystywana do zapewnienia **równowagi hormonalnej** – uczestniczy w syntezie hormonów kory nadnerczy, regulujących przemianę białek, węglowodanów i tłuszczów, wpływa także na prawidłowe wydzielanie hormonów tarczycy [33].

Nie sposób nie wspomnieć o wykorzystaniu witaminy A przez **układ odpornościowy** do stymulacji proliferacji i różnicowania limfocytów T, chroniących organizm przed reakcjami autoimmunologicznymi. Wynika to z faktu, że witamina A jest niezbędna do prawidłowego funkcjonowania szpiku kostnego i innych organów krwiotwórczych, w których powstają **wszystkie elementy morfotyczne krwi oraz komórki odpornościowe (proces hemopoezy)**. W szczególności jest wykorzystywana do **regulacji pracy szpiku kostnego**: nie tylko powstawania prawidłowo zbudowanych komórek macierzystych, ale również hamowania procesu ich apoptozy (samobójczej śmierci), co prowadzi do zwiększenia liczby komórek macierzystych w szpiku kostnym. W ujęciu klinicznym witamina A dostarczana w odpowiednich ilościach jest więc niezbędna do zachowania prawidłowych wyników morfologii krwi oraz zbudowania silnej odporności [34].

Witamina A – zalecane ilości i źródła

Ze względu na obligatoryjne wzbogacanie tłuszczów do smarowania witaminą A, obecnie rzadko obserwuje się jej niedobory. Niemniej ważne jest, aby z codzienną dietą przyjmować 800 µg witaminy A w równoważnikach retinolu, wliczając w to zarówno źródła roślinne, jak i zwierzęce.

Należy jednak pamiętać, że ilość witaminy A w postaci β-karotenu nie jest tożsama tej w postaci czystego retinolu. Dla każdej formy witaminy A stosuje się odpowiednie przeliczniki. Przy założeniu, że retinol ma współczynnik 1, β-karoten ma przelicznik 1/12. Oznacza to, że spożywając 120 µg witaminy A

pochodzenia roślinnego, do całkowitego dziennego spożycia ilość ta wliczana jest jako 10 µg wyrażone w równoważnikach retinolu. Dużo bardziej wydajnymi i łatwiej przyswajalnymi źródłami witaminy A będą więc te pochodzenia zwierzęcego [16].

Prowitamina A występuje przede wszystkim w warzywach (marchew, natka pietruszki, szpinak, brokuły) i owocach (morele, brzoskwinie). Najlepszym źródłem witaminy A w postaci retinolu są zaś niektóre gatunki ryb morskich oraz **tran, czyli olej z wątroby ryb dorszowatych**. Znaleźć ją można ponadto w podrobach, jajach, serach dojrzewających i maśle.

Podsumowanie

- Organizm Człowieka ma bardzo złożoną genetycznie i fizjologicznie strukturę, dlatego do jej budowy i funkcjonowania potrzebuje najbardziej złożonych substancji.
- Nie bójmy się tłuszczów; to niezbędna dla naszego zdrowia grupa substancji, z którą powinniśmy dostarczać 30% naszego zapotrzebowania energetycznego.
- Pamiętajmy, aby maksymalnie ograniczać spożycie tłuszczów nasyconych i zastępować je nienasyconymi, przede wszystkim EPA i DHA omega-3. Ich najlepszym źródłem są ryby i owoce morza, a także pozyskane z nich oleje.
- Dlaczego to EPA i DHA omega-3 są dla nas najlepsze? Ponieważ ich budowa (długość łańcucha węglowego, liczba i rozmieszczenie podwójnych wiązań) warunkuje idealne dopasowanie do naszych enzymów.
- Roli, jaką odgrywają EPA i DHA w organizmie człowieka (m.in. w tworzeniu struktur błon komórkowych i wielu kluczowych organów, regulacji stanów zapalnych, regulacji ekspresji genów) nie da się zastąpić innymi substancjami.
- Skwalen i alkiloglicerole to unikatowa grupa lipidów, występująca w największych ilościach w oleju z wątroby rekinów.
- Warunkują prawidłową budowę i działanie najważniejszych mechanizmów obronnych organizmu: skóry (głównej bariery mechanicznej przed wnikaniem patogenów do wnętrza organizmu) oraz układu krwiotwórczego i odpornościowego, wytwarzających komórki bezpośrednio biorące udział w reakcjach obronnych.
- Skwalen i alkiloglicerole, podobnie jak inne lipidy (w tym EPA i DHA omega-3) stanowią ważne składniki kobiecego mleka, warunkujące prawidłowe budowanie odporności u małego dziecka.
- Sprawnie działający układ odpornościowy to nie tylko obrona przed popularnymi infekcjami, ale również przed poważnymi chorobami przewlekłymi.
- Witaminy D₃ i A są czynnikami niezbędnymi w przebiegu wielokierunkowych, genetyczno-fizjologicznych procesów organizmu człowieka – przede wszystkim dzięki udziałowi w regulacji zgodnej z kodem DNA człowieka ekspresji genów.
- Utrzymanie zdrowia i osiągnięcie długowieczności bez tych witamin są niemożliwe, a skuteczność zapobiegania chorobom i leczenia organizmu znikoma.

- Najlepszymi biologicznymi źródłami tych witamin są ryby. Z racji jednak ich ograniczonego występowania w produktach spożywczych jako najlepsze, a praktycznie jedyne źródło witamin A i D₃ należy rozpatrywać pełnowartościowe oleje rybne.
- Aby zapewnić organizmowi najwyższy potencjał do uruchomienia sprawnych procesów regulacyjnych, witaminy D₃ i A powinny być przyjmowane łącznie.

LITERATURA:

1. O'Sullivan T.A., Hafekost K., Mitrou F. i wsp.: Food sources of saturated fat and the association with mortality: a meta-analysis. *Am J Public Health* 2013, 103(9): e31–42.
2. <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/j.efsa.2010.1461> (dostęp z 10 września 2019 r.)
3. Makki K., Froguel P., Wolowczuk I.: Adipose tissue in obesity-related inflammation and insulin resistance: cells, cytokines, and chemokines. *ISRN Inflamm* 2013, 2013: 139239.
4. Gwóźdź K., Charakterystyka zmian metabolicznych w procesie starzenia się tkanki tłuszczowej. *KOSMOS Vol. 66, 2*, 285–295, 2017
5. Sicińska P., Pytel E., Kurowska J. i wsp.: Suplementacja kwasami omega w różnych chorobach. *Postepy Hig Med Dosw (online)* 2015, 69: 838–852.
6. Surette M.E.: The science behind dietary omega-3 fatty acids. *CMAJ* 2008, 178(2): 177–180.
7. Woodard H.Q., White D.R., The composition of body tissues. *Br J Radiol* 1986; 59(708): 1209–1218.
8. Matysiak-Żurowska D., Żórska K., Zagierski M., Szlagatys-Sidorkiewicz A.: Skład i zawartość kwasów tłuszczowych w mleku kobiet z Gdańska i okolic w różnych okresach laktacji. *Medycyna wieku rozwojowego*, 2011.
9. Bouwens M. i in.: Fish-oil supplementation induces antiinflammatory gene expression profiles in human blood mononuclear cells. *Am J Clin Nutr* 2009, 90(2): 415–424.
10. Duda M.K.: Wielonienasycone kwasy tłuszczowe omega-3 jako modulatory wewnątrzkomórkowych szlaków przekazywania sygnałów. *Post Biochem* 2012, 58(2): 149–150.
11. Wall R., Ross R.P., Fitzgerald G.F. i wsp.: Fatty acids from fish: the anti-inflammatory potential of long-chain omega-3 fatty acids. *Nutr Rev* 2010, 68(5): 280–289.
12. Angelieri C.T., Barros C.R., Siqueira-Catania A. i wsp.: Trans fatty acid intake is associated with insulin sensitivity but independently of inflammation; *Braz J Med Biol Res* 2012, 45(7): 625–631.
13. Calder P.C., n-3 Fatty acids and cardiovascular disease: evidence explained and mechanisms explored. *Clin Sci (Lond)* 2004, 107(1): 1–11.
14. <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/j.efsa.2011.2168> (dostęp z 10 września 2019 r.)
15. Shen W., Weaver A.M., Salazar C. i wsp.: Validation of a Dietary Questionnaire to Screen Omega-3 Fatty Acids Levels in Healthy Adults. *Nutrients* 2019, 11(7): 1470.
16. Bang H.O., Dyerberg J., Sinclair H.M. The composition of the Eskimo food in north western Greenland. *Am J Clin Nutr* 1980, 33(12): 2657–2661.
17. <https://www.escardio.org/The-ESC/Press-Office/Press-releases/european-guidelines-on-lipid-control-advocate-lower-is-better-for-cholesterol-levels> (dostęp z 11 września 2019 r.)
18. Popielarska-Konieczna M.: Słownik szkolny: biologia. Kraków: Wydawnictwo Zielona Sowa, 2003, s. 343
19. Pappas A., Epidermal surface lipids; *Dermatoendocrinol* 2009, 1(2): 72–76.
20. Lewkowicz P., Banasik M., Głowacka E. i wsp.: Modyfikujący wpływ dużych dawek preparatu oleju z wątroby rekina na polaryzację limfocytów T i funkcję neutrofilii krwi; *Pol Merk Lek* 2005, XVIII, 108, 686–692.

21. Huang Z.R., Lin Y.K., Fang J.Y.: Biological and pharmacological activities of squalene and related compounds: potential uses in cosmetic dermatology; *Molecules* 2009, 14(1): 540–554.
22. Desai A., Grolleau-Julius A., Yung R.: Leukocyte function in the aging immune system; *J Leukoc Biol* 2010, 87(6): 1001–1009.
23. Tokuoka S.M., Kita Y., Shindou H. i wsp.: Alkylglycerol monooxygenase as a potential modulator for PAF synthesis in macrophages; *Biochem Biophys Res Commun* 2013; 436(2): 306–312.
24. Magnusson C.D., Haraldsson G.G.: Ether lipids. *Chemistry and Physics of Lipids* 2011; 164: 315–340.
25. Waldner H.: The role of innate immune responses in autoimmune disease development; *Autoimmun Rev* 2009, 8(5): 400–404.
26. Popa O., Băbeanu N.E., Popa I. i wsp.: Methods for Obtaining and Determination of Squalene from Natural Sources; *BioMed Research International* 2015, 367202.
27. Bikle D.D.: Vitamin D Metabolism, Mechanism of Action, and Clinical Applications; *Chem Biol* 2014, 21(3): 319–329.
28. Zmijewski M.A.: Vitamin D and Human Health; *Int. J. Mol. Sci* 2019, 20: 145.
29. Płudowski P., Karczmarewicz E., Bayer M. i wsp.: Practical guidelines for the supplementation of vitamin D and the treatment of deficits in Central Europe — recommended vitamin D intakes in the general population and groups at risk of vitamin D deficiency; *Endokrynologia Polska* 2013, 64(4): 319–327.
30. Jungert A., Spinneker A., Nagel A. i wsp.: Dietary intake and main food sources of vitamin D as a function of age, sex, vitamin D status, body composition, and income in an elderly German cohort; *Food Nutr Res* 2014, 58: 10.3402/fnr.v58.23632.
31. Heaney R.P., Recker R.R., Grote J. i wsp.: Vitamin D(3) is more potent than vitamin D(2) in humans; *J Clin Endocrinol Metab* 2011, 96(3): E447–52.
32. Conaway H.H., Henning P., Lerner U.H.: Vitamin a metabolism, action, and role in skeletal homeostasis; *Endocr Rev* 2013, 34(6): 766–797.
33. Mohd Fairulnizal Md Noh, Rathi Devi Nair Gunasegavan and Suraiami Mustar. Vitamin A in Health and Disease, Vitamin A, Leila Queiroz Zepka, Veridiana Vera de Rosso and Eduardo Jacob-Lopes, IntechOpen, DOI: 10.5772/intechopen.84460. Available from: <https://www.intechopen.com/books/vitamin-a/vitamin-a-in-health-and-disease>
34. Huang., Liu Y., Qi G. i wsp.: Role of Vitamin A in the Immune System; *J Clin Med* 2018, 7(9): 258.