



Związki bioaktywne w mięsie i ich znaczenie w żywieniu człowieka

Michał Prasow^{1,A-B,D}, Piotr Domaradzki^{1,A,D-F}, Anna Litwińczuk^{1,E}, Marek Kowalczyk^{1,B-C}

¹ Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Polska

A – Koncepcja i projekt badania, B – Gromadzenie i/lub zestawianie danych, C – Analiza i interpretacja danych, D – Napisanie artykułu, E – Krytyczne zrecenzowanie artykułu, F – Zatwierdzenie ostatecznej wersji artykułu

Prasow M, Domaradzki P, Litwińczuk A, Kowalczyk M. Związki bioaktywne w mięsie i ich znaczenie w żywieniu człowieka. Med Og Nauk Zdr. 2019; 25(3): 170–180. doi: 10.26444/monz/112261

Streszczenie

Wprowadzenie i cel pracy. Mięso i podroby zwierząt rzeźnych pod względem wartości odżywczej zaliczane są do najbardziej cennych produktów, dostarczają bowiem wielu składników odżywczych, budulcowych i regulujących. Chociaż mięso jest powszechnie postrzegane jako źródło białka, witamin i składników mineralnych, to badania ostatnich lat wskazują, iż jest również ważnym źródłem substancji bioaktywnych, przyczyniających się do prawidłowego funkcjonowania organizmu człowieka. Celem pracy jest przedstawienie najważniejszych związków biologicznie czynnych występujących w mięsie i omówienie ich funkcji prozdrowotnych w organizmie człowieka.

Skrócony opis stanu wiedzy. Do głównych związków bioaktywnych obecnych w mięsie zaliczyć należy: L-karnitynę, kreatynę, karnozynę, anserynę, taurynę, sprzężony kwas linolowy, kwas α -liponowy, koenzym Q10, kwas γ -aminomasłowy, glutation oraz bioaktywne peptydy. Wpływają one pozytywnie na pracę m.in. serca, mózgu, mięśni oraz ich regenerację. Mają również znaczący wpływ na regulację metabolizmu. Warto również podkreślić, że biodostępność wielu z tych składników odżywczych występujących w mięsie jest większa w porównaniu do alternatywnych produktów spożywczych np. pochodzenia roślinnego.

Podsumowanie. Według badań antropologów spożywanie wysokowartościowego produktu, jakim było mięso, przyczyniło się do przyspieszenia ewolucji człowieka. Również w dzisiejszych czasach mięso stanowi ważny składnik diety nie tylko ze względu na zaspokajanie potrzeb odżywczych organizmu, ale również obecność wielu substancji biologicznie czynnych. Należy podkreślić, iż odpowiednia podaż związków bioaktywnych zapewnia optymalny wzrost i rozwój organizmu człowieka, jak również może wykazywać działanie prewencyjne w przypadku wielu chorób cywilizacyjnych.

Słowa kluczowe

mięso, właściwości prozdrowotne, substancje biologicznie czynne

WPROWADZENIE

Mięso jest jednym z podstawowych źródeł składników odżywczych w diecie człowieka. Dostarcza przede wszystkim białka o wysokiej wartości biologicznej, żelaza hemowego, cynku oraz witamin z grupy B [1]. Opierając się na badaniach antropologów, należy zauważyć, że już 2–3 mln lat temu hominidy spożywały mięso, o czym świadczą znajdowane kamienne narzędzia służące do oddzielania mięsa od kości i jego krojenia. Człowiek rozumny natomiast już blisko 10 tys. lat temu, rozpoczynając osiadły tryb życia, upowszechnił hodowlę zwierząt, m.in. w celu pozyskiwania od nich mięsa [2]. Mięso i podroby zwierząt rzeźnych są również źródłem wielu biologicznie czynnych substancji, takich jak: L-karnityna [3, 4], kreatyna, karnozyna, tauryna, koenzym Q₁₀ [5, 6], anseryna [7], glutation [8], sprzężone dieny kwasu linolowego [9] oraz bioaktywne peptydy [10]. Zawartość substancji bioaktywnych w mięsie determinowana jest wieloma czynnikami, przy czym do najważniejszych zaliczyć należy gatunek i rasę zwierząt, system ich żywienia oraz późniejszą obróbkę surowca [11]. Związki biologicznie czynne obecne w żywności wywierają wpływ na funkcje metaboliczne i fizjologiczne organizmu człowieka, wykazując m.in. działanie przeciwutleniające, przeciwnowotworowe, przyspieszające

metabolizm, polepszające trawienie, a także przyczyniają się do obniżenia ciśnienia tętniczego i poziomu glukozy we krwi. Wszystkie te właściwości są niezwykle pożądane przez konsumentów, co sprawia, że zarówno naukowcy, jak i producenci zainteresowani są możliwością zwiększenia zawartości substancji bioaktywnych w mięsie i jego przetworach [12].

CEL PRACY

Celem pracy jest przedstawienie najważniejszych związków biologicznie czynnych występujących w mięsie i omówienie ich funkcji prozdrowotnych w organizmie człowieka.

OPIS STANU WIEDZY

Bioaktywne peptydy

Niektóre białka występujące w mięsie, kościach, skórze oraz krwi zwierząt mogą wywierać korzystny wpływ na czynności fizjologiczne organizmu człowieka. Kolagen pozytywnie oddziałuje na transport i aktywność białek morfogenetycznych kości, przyspieszając regenerację złamań [13]. Białka pochodzenia zwierzęcego mogą być również źródłem bioaktywnych peptydów, charakteryzujących się niską masą cząsteczkową i zbudowanych zwykle z 2–30 reszt aminokwasowych. Uzyskuje się je w procesie hydrolizy, obróbki termicznej lub fermentacji, gdyż znajdując się w białku, są

Adres do korespondencji: Piotr Domaradzki, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Polska
E-mail: piotr.domaradzki@up.lublin.pl

Nadesłano: 04.07.2019; Zaakceptowano do druku: 10.09.2019

nieaktywne biologicznie. Mogą powstawać również w procesie dojrzewania mięsa w wyniku oddziaływania zarówno enzymów endogennych, jak i bakteryjnych [14–16]. Liu i in. [17], badając mięso kaczek przechowywane przez 7 dni w temperaturze 4°C, wykazali dwukrotnie wyższą zawartość bioaktywnych peptydów w porównaniu do prób pobranych 6 godzin po uboju. Dwukrotnie wzrosła również zdolność mięsa do neutralizacji wolnych rodników DPPH. Podobnie badania przeprowadzone na dojrzewających wędlinach z mięsa wieprzowego wykazały, iż dodatek odpowiednich szczepów bakterii probiotycznych zwiększa aktywność przeciwutleniającą wędlin, związaną z powstawaniem niskocząsteczkowych peptydów. Najwyższą aktywność antyoksydacyjną wyrobów otrzymano przy użyciu *Bifidobacterium animalis* spp. *lactis* BB12 oraz *Lactobacillus acidophilus* Bauer [18].

Właściwości terapeutyczne peptydów zależą od sekwencji i składu aminokwasowego. Wykazują one bowiem działanie bakteriostatyczne, bakteriobójcze, przeciwutleniające, przeciwzakrzepowe, przeciwnowotworowe, poprawiające trawienie, regulujące sytość czy działanie układu odpornościowego [12, 15]. Katayama i in. [19] z wieprzowiny wyizolowali dwa peptydy (EKERERQ i KRQKYDI) o działaniu inhibicyjnym wobec konwertazy angiotensyny, które mogą być wykorzystane w leczeniu nadciśnienia tętniczego. Peptydy wyizolowane z mięsa ryb (SIFIQRFTT, GLSRLFTALK) wykazywały działanie bakteriostatyczne, natomiast te uzyskane z krwi wołowej (LVVYPWT, LVVYPWTQR) regulowały pracę centralnego układu nerwowego, co wpływało pozytywnie na samopoczucie, redukcję stresu oraz łaknienia. Ze względu na swoje funkcje część bioaktywnych peptydów zaliczana jest do nutraceutyków [12, 16, 20]. Poza pozytywnym działaniem na organizm człowieka, wykazano ich korzystny wpływ na polepszenie cech sensorycznych oraz przedłużanie trwałości produktów żywnościowych [21].

L-karnityna

Substancja ta pierwszy raz wyizolowana została z mięsa, skąd wzięła swoją nazwę od łacińskiego słowa *carneus*, czyli mięso. L-karnityna jest substancją witaminopodobną, wykazującą działanie zbliżone do witamin z grupy B. Jest czwartorzędową aminą, złożoną z lizyny i metioniny. Syntetyzowana jest w niewielkich ilościach w nerkach, wątrobie i mózgu, a gromadzona głównie w mięśniach szkieletowych i mięśniu sercowym. Karnityna występuje w postaci dwóch stereoisomerów, L i D, przy czym forma L jest biologicznie czynna, a D wykazuje działanie szkodliwe dla organizmu [3, 22]. Najwyższą zawartość L-karnityny oznaczono w mięsie kangura (166 mg/100 g) i koninie (117 mg/100 g), niższe wartości odnotowano w wołowinie (45,2–66,1 mg/100 g), zaś najniższe w drobiu i wieprzowinie – 10,4 mg/100 g (tab. 1) [23, 24]. W pozostałych produktach spożywczych jej zawartość zawiera się w przedziale 0,014–0,43 mg/100 g w owocach, poprzez 0,14–0,40 mg/100 g w warzywach, do 1,32–4,98 mg/100 g w grzybach [24]. Człowiek ok. 75% tego związku dostarcza sobie z żywnością, dlatego istotne jest poszukiwanie produktów bogatych w L-karnitynę [25]. Dienne zalecane spożycie tej substancji u osób o niskiej aktywności fizycznej wynosi 15 mg [22], natomiast sportowcy powinni przyjmować ją w ilości od 3000 [25] do nawet 4000 mg [26].

Najbardziej znaną funkcją L-karnityny jest przyspieszanie procesu oksydacji lipidów w mitochondriach, co wpływa na redukcję tkanki tłuszczowej. Dzięki tej funkcji opóźnione zostaje również zmęczenie mięśni, w wyniku wolniejszego

Tabela 1. Zawartość L-karnityny w wybranych produktach pochodzenia zwierzęcego

Rodzaj produktu	Zawartość [mg/100 g]	Piśmiennictwo
Stek z kangura, <i>m. glutaeus medius</i>	166	[24]
Konina, <i>m. glutaeus medius</i>	117	[24]
Wołowina, stek	66,1	[24]
Wołowina, łopaska	45,2	[24]
Wieprzowina	10,4	[23]
Mięso kurcząt	10,4	[23]
Łosoś	5,8	[23]
Mleko krowie, 1,5% tłuszczu	3,49	[24]
Ser kozi	15,3	[23]

Źródło:

zużycia glikogenu, co pozwala na przeprowadzanie dłuższych i intensywniejszych treningów [27]. Sung i in. [28] podają, iż korzystne działanie obserwowane jest zwłaszcza u osób prowadzących siedzący tryb życia oraz chorych na cukrzycę. Z kolei u osób uprawiających sport regularnie nie odnotowano zmian w wytrzymałości organizmu. L-karnityna wraz z L-leucyną i kreatyną wykazuje działanie synergiczne, przyczyniając się do wzrostu syntezy białek mięśniowych [25, 29]. L-karnityna zmniejsza utratę masy kostnej i wpływa na regulowanie proliferacji osteoblastów, co skutkuje lepszą ich regeneracją i może wpłynąć na zmniejszenie ryzyka złamań [30]. Wykazuje również działanie obniżające ciśnienie tętnicze wywołane stresem, a także zmniejsza ryzyko wystąpienia arytmii i zawału mięśnia sercowego [31]. Ponadto L-karnityna spełnia w organizmie funkcję przeciwutleniającą, chroniąc przed uszkodzeniami oksydacyjnymi kwasy tłuszczowe wchodzące w skład fosfolipidów. Umożliwia to prawidłowe funkcjonowanie kanałów jonowych w błonach komórkowych, a także chroni błony erytrocytów i naczyń krwionośnych, zmniejszając tym samym ryzyko wystąpienia miażdżycy [22].

Kreatyna

Swoją nazwę zawdzięcza greckiemu słowu *kreas* (mięso), bowiem właśnie w produktach pochodzenia zwierzęcego występuje w największych ilościach. Została odkryta w 1832 r., jednakże wysokie koszty jej ekstrakcji z mięsa ograniczały rozwój badań, które ruszyły dopiero w 1950 r., kiedy to rozpoczęto produkcję kreatyny syntetycznej. Od tamtego czasu prowadzone są intensywne badania nad jej wpływem na organizm człowieka i możliwością wykorzystania jako suplementu diety [32]. Organizm do biosyntezy kreatyny potrzebuje trzech aminokwasów: glicyny, argininy i metioniny [33, 34]. Jej codzienne zapotrzebowanie wynosi ok. 2 g, z czego połowa wytwarzana jest przez organizm człowieka, natomiast pozostała część powinna być przyjmowana z pożywienia [33]. Najwięcej kreatyny zawierają śledzie (800–1780 mg/100 g), relatywnie duże ilości występują w łososiu, mięsie wieprzowym i wołowym (670–1110 mg/100 g). Natomiast najmniej znajduje się jej w mleku – 20 mg/100 ml (tab. 2) [35].

Kreatyna jest jednym z najpopularniejszych i najlepiej przebadanych suplementów diety dla sportowców. Najwięcej badań skupia się na jej działaniu anabolicznym i zwiększającym wydolność organizmu [33]. Działanie tego związku polega na zwiększaniu aktywności i wzrostu włókien mięśniowych (aktyny i miozyny), co wraz z ćwiczeniami siłowymi

Tabela 2. Zawartość kreatyny w wybranych produktach pochodzenia zwierzęcego

Rodzaj produktu	Zawartość [mg/100 g]	Piśmiennictwo
Śledź	800–1780	[35]
Łosoś	670–1110	[35]
Wieprzowina	670–1110	[35]
Wołowina	670–1110	[35]
Mleko krowie, 1% tłuszczu	20	[35]

Źródło:

skutkuje hipertrofią tkanki mięśniowej [36]. Suplementacja kreatyną może zwiększać wydolność organizmu podczas wysiłku beztlenowego [37], a także krótkich sprintów i ćwiczeń siłowych [38].

W mięśniach szkieletowych zmagazynowane jest ok. 95–98% kreatyny, przy czym 30–40% w postaci wolnej, natomiast 60–70% w postaci fosforanu [39]. W mięśniach jest jej 3–4 razy więcej niż ATP. Po związaniu się z resztą kwasu fosforowego kreatyna staje się źródłem energii dla mięśni i mózgu. Podczas intensywnej pracy mózgu odnotowano gwałtowne spadki stężenia fosfokreatyny, podczas gdy poziom ATP pozostawał bez zmian, co pozwala wnioskować, iż mózg jest w stanie wykorzystywać go bezpośrednio do wytwarzania energii [33, 40]. Z kolei odkrycie wysokich stężeń kreatyny w ośrodkowym układzie nerwowym doprowadziło badaczy do wysunięcia tezy o jej działaniu neuroprotektynowym [38, 41]. Badania przeprowadzone na myszach wykazały, iż suplementacja kreatyną poprawia ogólny stan zdrowia organizmu w przypadku choroby Huntingtona, hamuje atrofię mózgu i utratę neuronów w istocie czarnej śródmózgowia oraz spowalnia powstawanie szkodliwej huntingtyny [42]. W chorobie Alzheimera kreatyna wykazuje działanie ochronne przed toksycznym działaniem β -amyloidu w hipokampie, jednakże tylko w przypadku wczesnego stadium choroby [41]. Kreatyna może również wpływać pozytywnie na poprawę funkcji poznawczych, szczególnie u osób starszych [43], oraz na stan zdrowia pacjentów z chorobą Parkinsona, stwardnieniem zanikowym bocznym, urazowym uszkodzeniem i niedokrwieniem mózgu oraz kolistym zanikiem siatkówki i naczyńki [28, 41]. Kreatyna pomocniczo może być wykorzystywana w leczeniu depresji, bowiem wykazuje podobne działanie do leków antydepresyjnych. Pozwala to na zmniejszenie dawki antydepresantów, które niejednokrotnie wykazują wiele niekorzystnych skutków ubocznych, ale także stwarza szansę na leczenie osób odpornych bądź nadwrażliwych na tego typu leki [44]. U osób chorujących na przewlekłą obturacyjną chorobę płuc podawanie kreatyny zwiększyło wydolność oddechową i beztłuszczową masę ciała, a także poprawiło ogólny stan zdrowia pacjentów [39].

W niektórych badaniach wskazuje się jednak, iż nadmiar kreatyny może indukować powstawanie wolnych rodników oraz zwiększać stężenie kwasu moczowego w organizmie [45], a także niekiedy powodować inne skutki uboczne, takie jak nudności, retencja wody, biegunka oraz skurcze mięśni [38].

Karnozyna i anseryna

Karnozyna to dipeptyd syntetyzowany z L-histydyny i β -alaniny. W mięśniach szkieletowych kręgowców jest głównym niebiałkowym związkiem zawierającym azot, stanowiąc niekiedy nawet od 0,2 do 0,5% ich masy [46]. Anseryna z kolei

jest pochodną karnozyny powstającą w procesie jej metylacji [7]. Obie substancje występują endogenicznie w organizmie człowieka i zwierząt, ale ich stężenie maleje wraz z wiekiem [47]. Najwyższy poziom karnozyny i anseryny występuje w ośrodkowym układzie nerwowym, mięśniach szkieletowych, nerkach, wątrobie oraz żołądku [18]. W przypadku mięsa zwierząt rzeźnych najwyższą zawartość karnozyny odnotowano w wieprzowinie i wołowinie (odpowiednio 0,216–1,80 g/100 g i 1,22–1,49 g/100 g), a najmniejszą w mięsie kurcząt (0,25–0,9 g/100 g) oraz indyków (0,36–0,79 g/100 g). Tendencję odwrotną wykazano natomiast dla anseryny, bowiem najczęściej znajduje się jej w mięsie drobiowym (0,71–2,46 g/100 g), a najmniej w wieprzowinie i wołowinie (odpowiednio 0,098–0,16 g/100 g i 0,04–0,059 g/100 g) [49, 50, 51] (tab. 3). Karnozyna i anseryna odgrywają kluczową rolę w mięśniach szkieletowych, chroniąc lipidy przed peroksydacją oraz pełniąc funkcję buforującą [46, 52]. Działanie przeciwstarzeniowe karnozyny i anseryny może z kolei wynikać z ich właściwości prowadzących do spowolnienia procesu skracania się telomerów w chromosomach [53, 54]. Karnozyna ponadto zwiększa wrażliwość insulinową [55], poprawia stan zdrowia pacjentów w przypadku choroby Alzheimera [56], Parkinsona [57], miażdżycy [58], chorobach nerek spowodowanych cukrzycą [59] oraz przyspiesza gojenie ran [60].

Tabela 3. Zawartość karnozyny i anseryny w różnych gatunkach mięsa

Gatunek mięsa	Karnozyna [mg/100 g]	Anseryna [mg/100 g]	Piśmiennictwo
Wieprzowina, <i>m. longissimus dorsi</i>	216,6–1800	41–59	[49, 50]
Konina, polędwica	1730–1980	10–20	[49]
Wołowina, polędwica	1220–1490	98–160	[49]
Mięso królicze, noga tylna	360–460	1120–1450	[49]
Mięso kurcząt, filet	255–920	711–1700	[49, 51]
Mięso indyka, filet	360–790	2110–2460	[49]

Źródło:

β -alanina zawarta w karnozynie i anserynie jest elementem koenzymu A, jak również może indukować syntezę kolagenu [61]. Organizm człowieka metabolizuje karnozynę stosunkowo szybko, co powoduje jej niskie stężenie w osoczu. Enzym odpowiadający za rozpad karnozyny to karnozynaza, której brak oznacza chorobę dziedziczną autosomalnie, recesywnie – karnozynurię, objawiającą się opóźnieniem umysłowym i zaburzeniami kognitywnymi [48]. Karnozyna wykazuje zdolności do chelatowania jonów metali, m.in. miedzi, żelaza, cynku, kobaltu, dzięki czemu może wpływać na regulację ich stężenia w tkankach i płynach ustrojowych, a także zmniejszać ich toksyczność. Kompleks karnozyny z cynkiem o nazwie handlowej Polaprezinc w Japonii stosowany jest jako lek przeciwwrzodowy, który wykazuje również działanie bakteriostatyczne wobec *Helicobacter pylori* [62].

Tauryna

Tauryna to niebiałkowy aminokwas powstający w wątrobie w pośrednich etapach metabolizmu metioniny i cysteiny [5]. Ze względu na obecność grupy sulfonowej tauryna nie tworzy wiązań peptydowych, co sprawia, iż w organizmie znajduje się głównie w stanie wolnym. Występuje powszechnie w organizmie człowieka, a w szczególności w mięśniach szkieletowych, sercu, mózgu oraz siatkówce oka. Związek

ten wyizolowano w XIX w. z żółci wołowej, skąd jego nazwa od łacińskiego *bos taurus*, czyli bydło. W latach 70. XX w. wzrosło zainteresowanie tauryną, gdyż wykazano korelację między niedoborem tego aminokwasu a degeneracją siatkówki u kotów [63].

Tauryna znajduje się głównie w pokarmach pochodzenia zwierzęcego, a w produktach roślinnych występuje w ilościach śladowych. Najwyższą zawartość tauryny odnotowano w małżach (655 mg/100 g) oraz w mięsie kurcząt i indyków (odpowiednio 169 mg/100 g i 306 mg/100 g, najniższe natomiast w mleku krowim (2,4 mg/100 g) [63, 64] (tab. 4).

Tabela 4. Zawartość tauryny w wybranych produktach pochodzenia zwierzęcego

Rodzaj produktu	Zawartość [mg/100 g]	Piśmiennictwo
Mięso indyka	306	[124]
Mięso kurcząt	169	[124]
Wieprzowina, <i>longissimus dorsi</i>	50,1–61,2	[124]
Wołowina	31–49	[64]
Małże	655	[123]
Ostrygi	396	[64]
Krewetki	39,4–155,2	[124]
Mleko krowie	1	[64]

Źródło:

Tauryna jest aminokwasem egzogennym dla noworodków, gdyż synteza jej jest ograniczona przez niedojrzałość enzymatyczną narządów dziecka. Również płód narażony na niedobory tego aminokwasu może przestać rozwijać się prawidłowo, co prowadzi do kardiomiopatii, degeneracji siatkówki i zahamowania wzrostu [65]. U dorosłych tauryna sklasyfikowana została jako aminokwas względnie egzogeny [66]. Pełni rolę przeciwutleniającą, wykazuje działanie przeciwwzpalne i immunomodulujące, jest neuroprzekaznikiem, neuromodulatorem, uczestniczy w tworzeniu kwasów żółciowych oraz stabilizuje błony komórkowe [64, 67]. Tauryna zmniejsza napięcie nerwowe oraz poprzez zwiększanie metabolizmu komórek glejowych podnosi sprawność umysłową i psychiczną [68]. Może również działać profilaktycznie, chroniąc przed powstawaniem marskości wątroby, depresji oraz męskiej bezpłodności związanej z niską ruchliwością plemników [65].

Tauryna jest także suplementem szeroko wykorzystywanym w sporcie. Chroni bowiem mięśnie przed urazami w trakcie wysiłku fizycznego, jak również przyspiesza ich regenerację po wysiłku ekscentrycznym [69]. Zhang i in. [70], podając młodym mężczyznom 3 razy dziennie po 2 g tauryny przez 7 dni, odnotowali wzrost wydolności organizmu, co pozwalało im przeprowadzać bardziej intensywne treningi. Jednakże u zawodowych sportowców przy długotrwałej suplementacji efekt ten już nie był obserwowany. Dlatego też tauryna nie powinna być zalecana jako środek ergogeniczny [71].

Koenzym Q₁₀

Koenzym Q₁₀ – 2,3-dimetoksy-5-metylo-6-poliizoprenylo-benzo-1,4-benzochinon – to naturalnie występujący u zwierząt związek bioaktywny. Nazywany jest również ubichinonem, od łacińskiego – *ubitaris*, co oznacza „wszechobecny”, gdyż występuje w większości narządów [72]. Niezbędne do

jego syntezy są 2 związki tj. 4-hydroksybenzoesan oraz jednostka poliprenylowa [72]. Biosynteza koenzymu Q₁₀ nasila się podczas stresu oksydacyjnego [73], a także w obecności witamin B₂, B₆, B₁₂ i kwasu foliowego oraz proliferatorów peroksyosomów [74]. Przy prawidłowej homeostazie związek ten jest syntetyzowany we wszystkich komórkach organizmu w ilości wystarczającej do przeprowadzania procesów fizjologicznych [72]. Szczególnie wrażliwe na jego niedobór są komórki serca. Obniżenie poziomu koenzymu Q₁₀ we krwi towarzyszy wielu stanom chorobowym (m.in. kardiomiopatii, chorobie Parkinsona, miażdżycy), a podanie koenzymu Q₁₀ prowadzi do wyraźnej poprawy zdrowia [72, 75, 76]. Niedobór ubichinonu w organizmie człowieka może również doprowadzić do zespołu przewlekłego zmęczenia, ze względu na jego istotny wpływ na prawidłowe działanie łańcucha oddechowego i wytwarzanie związków wysokoenergetycznych, tj. ATP, z węglowodanów i wolnych kwasów tłuszczowych. Źródłem koenzymu Q₁₀ są głównie produkty pochodzenia zwierzęcego [52, 75], wyjątkiem jest oliwa z oliwek, zawierająca 10,9–16 mg ubichinonu w 100 g. [77]. Z produktów zwierzęcych największe ilości znaleźć można w sercach: kurczących – 19,2 mg/100 g [78], wieprzowych – 12,6 mg/100 g oraz wołowych – 11,33 mg/100 g. Natomiast w mięsie wieprzowym i drobiowym oznaczono 2,06 mg/100 g i 1,4 mg/100 g [79] (tab. 5).

Tabela 5. Zawartość koenzymu Q₁₀ w wybranych produktach pochodzenia zwierzęcego i roślinnego

Rodzaj produktu	Zawartość [mg/100 g]	Piśmiennictwo
Serca wołowe	11,33	[79]
Serca wieprzowe	12,6	[79]
Serca kurcząt	19,2	[78]
Wieprzowina, <i>m. semimembranosus</i>	2,06	[79]
Mięso kurcząt	1,4	[79]
Oliwa z oliwek	10,9–16,0	[77]
Orzechy pistacjowe	2,01	[125]
Ziemniaki	0,1	[79]

Źródło:

Główną funkcją ubichinonu jest transport elektronów w łańcuchu oddechowym w obrębie mitochondrium [52]. Wykazuje on także działanie antyoksydacyjne, chroniąc przed utlenianiem lipidy, białka, frakcję LDL cholesterolu, a także synergistyczne z innymi antyoksydantami, jednakże tylko w formie zredukowanej – jako ubichinol (CoQ₁₀H₂) i rodnik ubisemichinonowy (CoQ₁₀H*) [72, 75]. Pośrednie działanie przeciwutleniające związane jest z udziałem koenzymu Q₁₀ w regeneracji α-tokoferolu [80]. Ubichinon zmniejsza ilość prozapalnych cytokin oraz lepkość krwi, co jest pomocne dla pacjentów z niewydolnością serca i chorobą wieńcową, wykazuje również właściwości wzmacniające system odpornościowy [72, 75, 76]. Badania przeprowadzone na zlecenie Włoskiej Agencji Kosmicznej wykazały, iż koenzym Q₁₀ może być wykorzystywany w leczeniu, a także ochronie siatkówki oka u astronautów. Ich organizmy, szczególnie w trakcie długoterminowych misji kosmicznych, wystawione są na promieniowanie kosmiczne oraz mikrogravitację, które negatywnie wpływają na narząd wzroku. Badacze wskazują na potencjalną możliwość zastosowania ubichinonu w leczeniu retinopatii cukrzycowej oraz degeneracji siatkówki związanej ze starzeniem się organizmu [81].

Glutation

Glutation – γ -glutamylcysteinylglicyna – jest substancją o działaniu przeciwutleniającym i antykancerogennym, występującą we wszystkich komórkach organizmów roślinnych i zwierzęcych. W tkankach organizmu człowieka jest obecna w kilku postaciach redoksowych – jako glutation zredukowany (GSH), glutation utleniony (GSSG), S-nitrozoglutation (GSNO), a także jako mieszane disiarczki glutationu i białek [8, 82]. Synteza glutationu zachodzi w cytoplazmie prawie wszystkich komórek organizmów żywych, a przeprowadzana jest z glutaminianu, glicyny i cysteiny. Wykazuje działanie przeciwutleniające wobec nadtlenu wodoru, nadtlenuk organicznych, egzo- i endogennych związków elektrofilnych, a także reaktywnych form tlenu. Może również chelatować szkodliwe dla organizmu jony metali [82, 83]. Zmniejszenie stężenia glutationu w tkankach zostało zaobserwowane u osób z chorobą Alzheimera i Parkinsona, jak i również u astmatyków oraz osób z przewlekłą obturacyjną chorobą płuc [83]. W celach terapeutycznych stosuje się modulowanie poziomu glutationu zależnie od jednostki chorobowej. W przypadku choroby nowotworowej obniżany jest jej poziom w komórkach nowotworowych w celu zwiększenia wrażliwości na radio- i chemioterapię, a po transplantacji narządów – w celu wywołania immunosupresji. W pozostałych przypadkach istotne jest zwiększenie poziomu glutationu w organizmie w celu przyspieszenia leczenia bądź zahamowania rozwoju choroby [82]. Najwięcej glutationu oznaczono w jagnięcinie (23,9 mg/100 g) i wieprzowinie (23,6 mg/100 g) (tab. 6) [8].

Tabela 6. Zawartość glutationu wraz z formami zredukowanymi w różnych gatunkach mięsa

Gatunek mięsa	Zawartość [mg/100 g]	Piśmiennictwo
Jagnięcina	23,9	[99]
Wieprzowina	23,6	[99]
Wołowina	13,4	[99]
Mięso kurcząt	13,1	[99]

Źródło:

Kwas γ -aminomasłowy (GABA)

Kwas γ -aminomasłowy to niebiałkowy aminokwas powszechnie występujący w organizmach zwierzęcych oraz roślinnych [84]. Jest głównym neuroprzekaznikiem o działaniu hamującym w ośrodkowym układzie nerwowym ssaków. U człowieka największe stężenia GABA występują w podwzgórzu i układzie pozapiramidowym [85]. W mięsie zwierząt rzeźnych znajduje się średnio 100 mg/kg kwasu γ -aminomasłowego [86]. Znacznie wyższe wartości – 1300 mg/kg oznaczono w mięsie ryb fermentowanych przez 4 miesiące przy wykorzystaniu bakterii fermentacji mlekowej *Lactobacillus plantarum* [87]. W organizmie człowieka metabolizm GABA zależy od 3 enzymów, tj. dekarboksylazy glutaminianowej, aminotransferazy kwasu γ -aminomasłowego i dehydrogenazy semialdehydobursztynianowej. Spadek aktywności tych enzymów przyczynia się do powstawania wielu chorób o podłożu neurologicznym, m.in. zespołu przewlekłego zmęczenia, stanów lękowych i napadów, zespołu uogólnionej sztywności, a u dzieci epilepsji z napadami nieświadomości [85]. Badania przeprowadzone na szczurach wykazały, że podanie 60 mg GABA/kg

masy ciała przywraca dobrą jakość i regularność snu [88]. Również badania kliniczne wykazały pozytywne działanie 100 mg dawki GABA na poprawę jakości snu i skróceniu czasu potrzebnego do zaśnięcia [89].

Sprężone dieny kwasu linolowego (CLA)

CLA (*conjugated linoleic acids*), to grupa izomerów pozycyjnych i geometrycznych kwasu linolowego (C18:2 n-6), zawierających w łańcuchu węglowym układ sprzężonych wiązań podwójnych, tzn. w odróżnieniu od cząsteczki kwasu linolowego, izolowanych tylko jednym wiązaniem pojedynczym. Najpowszechniej występującą formą CLA jest kwas rumenowy C18:2 *cis-9, trans-11* (tzw. kwas żwaczowy od ang. *rumen* – żwacz), stanowiący niejednokrotnie ponad 90% całkowitej puli CLA. W największej ilości syntetyzowany jest w żwaczu zwierząt przeżuwających, w wyniku mikrobiologicznej izomeryzacji kwasu linolowego [90]. Dlatego też w mięsie i mleku przeżuwaczy (bydła, owiec, kóz, jeleni i saren) znajdują się znacznie większe ilości CLA niż u innych gatunków zwierząt [91]. W wołowinie w 1 g tłuszczu występuje średnio 4,3 mg CLA, w cielęcinie 2,7 mg, w baraninie 5,6 mg, natomiast w wieprzowinie i mięsie kurcząt odpowiednio 0,6 i 0,9 mg. Mleko krowie również zawiera relatywnie wysokie stężenie CLA – na poziomie 5,5 mg/g tłuszczu (tab. 7) [92].

Tabela 7. Zawartość CLA w wybranych produktach pochodzenia zwierzęcego

Rodzaj produktu	Zawartość [mg/1 g tłuszczu]	Piśmiennictwo
Baranina	5,6	[92]
Wołowina	4,3	[92]
Mięso kurcząt	0,9	[92]
Wieprzowina	0,6	[92]
Mleko krowie	5,5	[92]

Źródło:

Wykazano, iż po 12-tygodniowej suplementacji CLA (3,4 g/dzień) u otyłych dorosłych osób zaobserwowano redukcję masy ciała średnio o 1,73 kg [93]. Podobnie badania przeprowadzone na otyłych 6- i 10-latkach wykazały spadek masy tkanki tłuszczowej przy podaży CLA na poziomie 3 g/dzień przez 7 miesięcy. Utrata masy tkanki tłuszczowej u dzieci przyjmujących CLA wyniosła 0,5%, natomiast w grupie placebo zawartość tkanki tłuszczowej wzrosła o 1,3% [94]. CLA wykazuje również działanie antymutagenne i antykancerogenne, zmniejszając ryzyko zachorowania na raka piersi, prostaty czy skóry. Sprężone dieny kwasu linolowego charakteryzują się działaniem obniżającym ciśnienie krwi oraz regulującym pracę układu odpornościowego [92].

Kwas α -liponowy (ALA)

Kwas α -liponowy – kwas 6,8-ditiooktanowy – to krótkołańcuchowy nasycony kwas tłuszczowy, powstający w mitochondriach z kwasu kaprylowego, zawierający dwa atomy siarki wchodzące w skład pierścienia tiolowego [95]. Wraz z formą zredukowaną – kwasem dihidroliponowym (DHLA) – ALA występuje we wszystkich komórkach organizmów żywych [96, 97]. Dzięki krótkiemu łańcuchowi i obecności grupy karboksylowej ALA rozpuszcza się w wodzie, ale dużo słabiej niż w rozpuszczalnikach niepolarnych [96]. Kwas α -liponowy w żywności pochodzenia zwierzęcego w największej ilości

znajduje się w wątrobach kurcząt – 0,5 mg/100 g oraz w mięsie wołowym – 0,236 mg/100 g. Mniejsze jego ilości oznaczono w wieprzowinie (0,107 mg/100 g) oraz mięsie kurcząt (0,091 mg/100 g) (tab. 8) [98].

Tabela 8. Zawartość kwas α -liponowego (ALA) w różnych gatunkach mięsa

Gatunek mięsa	Zawartość [mg/100 g]	Piśmiennictwo
Wątroba kurcząt	0,5	[98]
Wołowina	0,236	[98]
Wieprzowina	0,107	[98]
Mięso kurcząt	0,091	[98]

Zródło:

ALA wykazuje działanie przeciwutleniające, może być również wykorzystywany w profilaktyce chorób układu krwionośnego, dzięki działaniu hipotensyjnemu oraz zmniejszającemu stężenie lipidów we krwi [99]. Podobnie jak glutation może wiązać szkodliwe dla organizmu człowieka metale, co ułatwia ich usuwanie z ustroju. Wspomaga również regenerację cząsteczek samego glutationu [97]. Dlatego też stosowany jest w terapii zatruc metalami ciężkimi i grzybami [96]. Doświadczenia przeprowadzone na szczurach wykazały, iż ALA redukuje stres oksydacyjny spowodowany nadmiernym hałasem [100]. Osoby cierpiące na stwardnienie rozsiane podczas suplementacji kwasem liponowym w dawce 1200 mg/dzień przez 2 lata wykazywały polepszenie jakości życia oraz poprawę ruchliwości, w tym chodzenia [101]. Kwas α -liponowy zwiększa również wrażliwość insulinową, zmniejsza poziom glukozy we krwi u diabetyków typu 2 oraz zapobiega powstawaniu neuropatii cukrzycowej [96]. U osób otyłych stosujących dietę redukcyjną z 30-proc. deficytem kalorycznym wprowadzenie 100 mg ALA 3 razy dziennie przed posiłkiem przez 10 tygodni spowodowało większą (o 2 kg) utratę tkanki tłuszczowej niż w grupie kontrolnej [102]. Z kolei podawanie szczurom kwasu α -liponowego w ilości 100 mg/kg masy ciała spowodowało obniżenie ciśnienia w gałce ocznej. Efekt ten może zostać wykorzystany przy zapobieganiu i wspomaganiu leczenia chorób narządu wzroku, w tym jaskry [103, 104].

Żelazo, cynk, miedź i selen

Mięso oraz podroby są dobrym źródłem składników mineralnych, w szczególności cynku, żelaza, miedzi i selenu. Jest to tym bardziej istotne, że produkty pochodzenia roślinnego często zawierają niewielkie ilości tych związków lub zawierają je w formach mniej przyswajalnych przez organizm człowieka. Niedobory składników mineralnych w diecie i związane z tym zmiany chorobowe są nadal problemem powszechnie występującym na całym świecie, nawet w krajach rozwiniętych [1, 105]. W badaniach Domaradzkiego i in. [106] wykazano, że wołowina pozyskiwana z polskich ras bydła jest wartościowym surowcem zawierającym pożądaną z punktu widzenia żywienia ilość składników mineralnych, zwłaszcza cynku (Zn) i żelaza (Fe). Spożycie 100 g porcji wołowiny po obróbce termicznej pokrywało od 38 do 85% dziennego zapotrzebowania (RDA) na cynk u osób dorosłych i aż od 83 do 136% u dzieci. W przypadku żelaza było to odpowiednio 14–36% RDA u osób dorosłych i 26–36% RDA u dzieci.

Żelazo w mięsie występuje głównie w postaci hemowej, związanej z mioglobina i hemoglobina, co zwiększa niemal

dwukrotnie jego przyswajalność w porównaniu do żywności roślinnej [52]. Dzielne zapotrzebowanie na żelazo u kobiet wynosi 18 mg, a u mężczyzn – 10 mg [107]. Niedobór żelaza u dzieci może skutkować zahamowaniem wzrostu, a u dorosłych doprowadzić do powstawania niedokrwistości. Żelazo w organizmie człowieka jest również niezbędne do prawidłowego działania układu immunologicznego, regulowania metabolizmu oraz sprzyja detoksykacji organizmu [108]. Najwięcej żelaza znajduje się w podrobach, zwłaszcza wątrobach kurcząt – 7,93 mg/100 g [109] oraz wątrobie wołowej – 3,62 mg/100 g [52]. Natomiast biorąc pod uwagę tylko tkankę mięśniową, najwyższą jego zawartość odnotowuje się w cielęciny (1,63–3,26 mg/100 g) i wołowinie (1,34–2,53 mg/100 g) (tab. 9) [52]. Spośród innych produktów spożywczych najwięcej żelaza znajduje się w otrębach pszennych (9,94 mg/100 g) i płatkach owsianych (3,37 mg/100 g). Mniejsze stężenia żelaza występują w mące pszennej (1,15 mg/100 g), chlebie pszennym (1,1 mg/100 g), ryżu białym (0,79 mg/100 g) oraz ryżu brązowym (0,8 mg/100 g) [110]. Należy jednak zauważyć, iż produkty zbożowe – zwłaszcza pełnoziarniste oraz z mąki razowej – są bogate m.in. w takie substancje jak błonnik czy kwas fitynowy, które znacznie zmniejszają biodostępność wielu składników mineralnych, m.in. wapnia, żelaza, cynku oraz miedzi [111]. Spośród innych produktów pochodzenia roślinnego najwięcej żelaza znajduje się w natce pietruszki (7,7 mg/100 g) oraz grochu zielonym (2,8 mg/100 g). Pozostałe warzywa zawierają go zdecydowanie mniej, poniżej 1 mg/100 g, np. pomidory (0,5 mg/100 g) czy ziemniaki (0,4 mg/100 g) [112] (tab. 9). Jakkolwiek nadmiar żelaza jest rzadko obserwowany, to zbyt duża jego podaż lub/i suplementacja może być niebezpieczna dla zdrowia, prowadząc do uszkodzenia błony śluzowej jelit, nowotworów jelita grubego, chorób neurodegeneracyjnych czy chorób układu krwionośnego [1].

Cynk to również pierwiastek niezbędny do działania organizmu człowieka, nieodzowny przy podziale komórek, regeneracji tkanek oraz wzroście [108]. Niedobory cynku prowadzą do zmniejszenia poziomu testosteronu, z tego względu u mężczyzn zalecane spożycie jest wyższe (11 mg/doba) niż u kobiet (8 mg/doba) [107]. Niedobór może prowadzić również do zahamowania wzrostu, pogorszenia procesu gojenia ran, a nawet biegunek [113]. Najwięcej cynku w tkance mięśniowej oznaczono w wołowinie (4,19 mg/100 g). Większe jego ilości znajdują w wątrobie wieprzowej (6,4 mg/100 g) i cielęcej (5,05 mg/100 g). Mniejszą koncentracją cynku odznaczają się: wątroba kurcząt (2,99 mg/100 g), wątroba wołowa (2,95 mg/100 g), mięso wieprzowe (2,6 mg/100 g) oraz mięso kurcząt (0,050 mg/100 g) (tab. 9) [52, 105, 109, 114, 115]. Żywność pochodzenia roślinnego jest również źródłem tego cennego pierwiastka, jednakże w większości przypadków obserwuje się niższe jego stężenia niż w produktach pochodzenia zwierzęcego. Najwięcej cynku znajduje się w otrębach pszennych (8,04 mg/100 g), płatkach owsianych (3,01 mg/100 g) oraz ryżu brązowym (1,34 mg/100 g). W produktach na bazie mąki pszennej (np. mące, chlebie, makaronie) zawartość cynku mieści się w przedziale 0,75–1,17 mg/100 g [112], natomiast w warzywach jest go nieco mniej (np. w brokułach – 0,45 mg/100 g, marchwi – 0,24 mg/100 g czy kapuście – 0,18 mg/100 g), aczkolwiek wartości te są wyższe niż wartości cynku odnotowane w mięsie kurcząt [116] (tab. 9).

Jakkolwiek miedź ze względu na niskie jej zapotrzebowanie nazywana jest pierwiastkiem śladowym, to jej działanie

Tabela 9. Zawartość wybranych związków mineralnych w mięsie i wątrobie zwierząt rzeźnych oraz wybranych produktach pochodzenia roślinnego

Rodzaj produktu	Fe [mg/100 g]	Zn [mg/100 g]	Cu [mg/100 g]	Se [µg/100 g]	Piśmienictwo
Mięso wieprzowe	1,80	2,60	0,04–0,07	14,4–45	[105, 121]
Wątroba wieprzowa	1	6,40	4,40	25,6–80	[115, 121]
Mięso wołowe	1,34–2,53	2,26–4,19	0,04–0,07	8–20	[52, 121]
Wątroba wołowa	3,62	2,95	3,3	43,20	[52, 126]
Mięso cielęce	1,63–3,26	2,3–3,27	0,09–0,10	57,50	[52, 121]
Wątroba cielęca	2,93	5,05	2,68	–	[52]
Mięso kurcząt, filet	0,047	0,050	0,0045	–	[114]
Wątroba kurcząt	7,93	2,99	0,37	–	[109]
Chleb pszenny	1,1	0,77	0,14	–	[110]
Otręby pszenne	9,90	8,04	1,26	–	[110]
Ryż biały	0,79	0,71	0,18	–	[110]
Ryż brązowy	0,80	1,34	0,18	–	[110]
Banany	0,30	–	0,10	–	[112]
Jabłka	0,10	–	0,02	–	[112]
Natka pietruszki	7,70	1,07	0,03	–	[112, 116]
Pomidory	0,50	0,351	0,01	–	[112, 127]
Orzechy brazylijskie	9,30	6,90	1,35	160 – 2020	[122, 128]

Źródło:

w organizmie człowieka jest bardzo szerokie [117]. Niezbędna jest w procesie produkcji komórek rozrodczych i reakcjach oksydoredukcyjnych. Jej działanie obserwuje się przy metabolizmie żelaza, wytwarzaniu hemoglobiny, tkanki łącznej i fosfolipidów. Jest również kofaktorem enzymów odpowiedzialnych za metabolizm glukozy. Niedobory miedzi prowadzą do zahamowania wzrostu organizmu, demineralizacji kości, chorób serca oraz układu pokarmowego [117, 118]. W krajach europejskich codzienne spożycie miedzi u dorosłych wynosi 1,15–2,07 mg [107]. Bogatym źródłem miedzi w diecie człowieka są podroby, zwłaszcza wątroba (0,37–4,4 mg/100 g). W przypadku tkanki mięśniowej zwierząt rzeźnych jej zawartość nie przekracza 0,1 mg/100 g (tab. 9) [52, 109]. Miedź występuje również w produktach pochodzenia roślinnego (jednakże zwykle w stężeniach niższych niż w tkance mięśniowej), np. pomidorach, marchwi, sałacie, dyni czy natce pietruszki, w zakresie 0,01–0,03 mg/100 g [110]. Wyjątkiem są produkty zbożowe, zawierające relatywnie dużo tego mikroelementu, np. otręby pszenne – 1,26 mg/100 g, płatki owsiane – 0,456 mg/100 g, mąka pszenna, ryż biały oraz ryż brązowy – 0,18 mg/100 g [112] (tab. 9).

Selen w latach 60. ubiegłego wieku został uznany za pierwiastek niezbędny do prawidłowej pracy organizmu większości ssaków. W 1989 roku ustalono zalecane codzienne jego spożycie na poziomie 55 µg dla kobiet i 70 µg dla mężczyzn. Jest to pierwiastek nieodzowny dla pracy tarczycy, układu immunologicznego oraz działania glutationu i enzymów

z grupy peroksydaz [119]. Niedobór selenu w diecie prowadzi do powstawania cukrzycy typu 2, chorób układu krwionośnego oraz płuc [120]. Najwięcej selenu znajduje się w wątrobach zwierząt rzeźnych – do 80 µg/100 g [121], z kolei w przypadku mięsa jego najwyższą koncentrację oznaczono w cielęcinie – 57,5 µg/100 g [119]. Spośród wszystkich produktów spożywczych najbogatszym źródłem selenu są orzechy brazylijskie (160–2020 µg/100 g) (tab. 9). Jakkolwiek wykazują one tendencję do kumulowania promieniotwórczych izotopów radu oraz baru, to zdaniem Parekh i in. [122] ich sugerowana dzienna porcja (28 g) nie stanowi większego zagrożenia dla organizmu człowieka.

PODSUMOWANIE

Mięso, pomimo iż dostarcza pełnowartościowe białko, witaminy, składniki mineralne, jak również wiele związków bioaktywnych, często postrzegane jest bardzo jednostronnie jako źródło tłuszczu, niekorzystnych dla zdrowia nasyconych kwasów tłuszczowych i cholesterolu. Co więcej, przez wielu badaczy, a także przez WHO (Światowa Organizacja Zdrowia, ang. World Health Organization) i FAO (Organizacja Narodów Zjednoczonych do spraw Wyżywienia i Rolnictwa, ang. Food and Agriculture Organization of the United Nations) uważane jest za jeden z czynników odpowiedzialnych za powstawanie chorób cywilizacyjnych. Jednakże opinie te najczęściej odnoszą się do przetworów mięsnych (często konsumowanych w nadmiarze), a nie do samego mięsa kulinarnego, w którym zawartość tłuszczu zwykle nie przekracza 5%. Mięso bowiem samo w sobie nie stanowi większego zagrożenia, jeżeli spożywane jest w umiarkowanych ilościach, będąc elementem urozmaiconej i zbilansowanej diety. Generalnie nie ma przekonujących dowodów, aby chude mięso (< 5% tkanki tłuszczowej) negatywnie wpływało na zdrowie człowieka. To właśnie produkty mięsne, często wysoko przetworzone, zawierają nadmiar sodu, nasyconych kwasów tłuszczowych oraz innych substancji dodatkowych (konserwantów, emulgatorów, stabilizatorów), które mogą zwiększać ryzyko zachorowania na choroby metaboliczne, miażdżycę czy nowotwory. Istotny jest również sposób obróbki kulinarnej, bowiem smażenie czy wędzenie, ze względu na możliwość generowania wielu substancji szkodliwych dla zdrowia, uważane są za najmniej pożądane formy przygotowywania produktów mięsnych.

Według antropologów dostęp do wysokowartościowego produktu, jakim było mięso, doprowadziło do stosunkowo szybkiego rozwoju mózgu człowieka i przyspieszyło jego ewolucję. Człowiek został zatem przystosowany do diety bogatej w znaczne ilości chudego mięsa. Najnowsze badania z zakresu nauki o mięsie dowodzą, że omawiane w niniejszym artykule substancje (bioaktywne peptydy, L-karnityna, kreatyna, karnozyna, anseryna, koenzym Q10, tauryna, CLA, glutation, cynk, żelazo, miedź, selen) wpływają prozdrowotnie na organizm człowieka, zapewniając mu optymalny wzrost i rozwój.

Pracę zrealizowano z: „Projektu finansowanego w ramach programu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego pod nazwą „Regionalna Inicjatywa Doskonałości” w latach 2019 - 2022 nr projektu 029/RID/2018/19 kwota finansowania 11 927 330,00 zł”

PIŚMIENNICTWO

- Pereira PMCC, Vincente AFRB. Meat nutritional composition and nutritive role in the human diet. *Meat Sci.* 2013; 93(3): 586–592. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.09.018>
- Larsen CS. Animal Source Foods and Human Health during Evolution. *J. Nutr.* 2003; 133(11): 3893–3897. <https://doi.org/10.1093/jn/133.11.3893>
- Bodkowski R, Patkowska-Sokoła B, Nowakowski P, Jamroz D, Janczak M. Produkty pochodzące od przeżuwaczy – najważniejsze źródło L-karnitiny w diecie człowieka. *Prz Hod* 2011; 79(10): 22–25.
- Roseiro LC, Santos C. Carnitines (Including L-Carnitine Acetyl-Carnitine and Propionyl-Carnitine). W: Nabavi SM, Silva AS (red.). *Nonvitamin and Nonmineral Nutritional Supplements*. Elsevier, 2019; 45–52.
- Purchas RW, Rutherford SM, Pearce PD, Vather R, Wilkinson BHP. Concentrations in beef and lamb of taurine, carnosine, coenzyme Q10, and creatine. *Meat Sci.* 2004; 66(3): 629–637. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(03\)00181-5](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(03)00181-5).
- Pinar E, Sedef NE. Changes in content of coenzyme Q10 in beef muscle, beef liver and beef heart with cooking and in vitro digestion. *J Food Compos Anal.* 2011; 24(8): 1136–1140. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2011.05.002>
- Kiliś-Pstrusińska K. Karnozyna i karnozynaza a choroby nerek. *Postep Hig Med Dosw.* 2012; 66: 215–221.
- Jones DP, Coates RJ, Flagg EW, Eley JW, Block G, Greenberg RS, Gunter EW, Jackson B. Glutathione in foods listed in the National Cancer Institute's health habits and history food frequency questionnaire. *Nutr Cancer.* 1992; 17(1): 57–75.
- Florek M, Drozd L. Związki bioaktywne w mięsie jeleniowatych. *Med Weter.* 2013; 69(9): 535–539.
- Ahmed AM, Muguruma M. A review of meat protein hydrolysates and hypertension. *Meat Sci.* 2010; 86(1): 110–118. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.04.032>
- Cardenia V, Massimini M, Poerio A, Venturini M, Rodriguez-Estrada M, Vecchia P, Larcker G. Effect of dietary supplementation on lipid photooxidation in beef meat, during storage under commercial retail conditions. *Meat Sci.* 105: 126–135. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.02.010>
- Lafarga T, Hayes M. Bioactive peptides from meat muscle and by-products: generation, functionality and application as functional ingredients. *Meat Sci.* 2014; 98(2): 227–239. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.05.036>
- Bhakta G, Lim ZXH, Rai B, Lin T, Hui JH, Prestwich GD, van Wijnen AJ, Nurcombe V, Cool SM. The influence of collagen and hyaluronan matrices on the delivery and bioactivity of bone morphogenetic protein-2 and ectopic bone formation. *Acta Biomater.* 2013; 9(11): 9098–9106. <https://doi.org/10.1016/j.actbio.2013.07.008>
- Sentandreu MA, Coulis G, Ouali A. Role of muscle endopeptidases and their inhibitors in meat tenderness. *Trends Food Sci Technol.* 2002; 13(12): 400–421. [https://doi.org/10.1016/S0924-2244\(02\)00188-7](https://doi.org/10.1016/S0924-2244(02)00188-7)
- Di Bernardini R, Harnedy P, Bolton D, Kerry J, O'Neill E, Mullen AM, Hayes M. Antioxidant and antimicrobial peptidic hydrolysates from muscle protein sources and by-products. *Food Chem.* 2011; 124(4), 1296–1307. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.07.004>
- Gianfranceschi GL, Gianfranceschi G, Quassinti L, Bramucci M. Biochemical requirements of bioactive peptides for nutraceutical efficacy. *J Funct Foods* 2018; 47: 252–263. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2018.05.034>
- Liu D, Chen X, Huang J, Huang M, Zhou G. Generation of bioactive peptides from duck meat during post-mortem aging. *Food Chem.* 2017; 237: 408–415. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.05.094>
- Okon A, Stądnik J, Dolatowski ZJ. Effect of *Lactobacillus acidophilus* Bauer and *Bifidobacterium animalis* spp. Lactis B12 on proteolytic changes in dry-cured loins. *Food Sci Biotechnol.* 2017; 26(3): 633–641. <https://doi.org/10.1007/s10068-017-0076-4>
- Katayama K, Anggraeni EH, Mori T, Ahmed MA, Kawahara S, Sugiyama M, Nakayama T, Maruyama M, Muguruma M. Porcine skeletal muscle troponin is a good source of peptides with angiotensin-I activity and antihypertensive effects in spontaneously hypertensive rats. *J Agric Food Chem.* 2008; 56(2): 355–360. <https://doi.org/10.1021/jf071408j>
- Martinez-Alvarez O. Hormone-like peptides obtained by marine-protein hydrolysis and their bioactivities. W: Kim SK (red.). *Marine proteins and peptides: biological activities and applications*. New Jersey: Wiley-Blackwell; 2013: 351–368.
- Lorenzo JM, Munekata PES, Gomez B, Barba FJ, Mora L, Perez-Santaescobal C, Toldra F. Bioactive peptides as natural antioxidants in food products – A review. *Trends Food Sci Technol.* 2018; 79: 136–147. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.07.003>
- Czczot H, Ścibior D. Rola L-karnityny w przemianach, żywieniu i terapii. *Postep Hig Med Dosw.* 2005; 59, 9–19.
- Demarquoy J, Georges B, Rigault C, Royer MC, Clairet A, Soty M, Le-kounoungou S, Le Borgne F. Radioisotopic determination of l-carnitine content in foods commonly eaten in Western countries. *Food Chem.* 2004; 86(1): 137–142. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2003.09.023>
- Knüttel-Gustavsen S, Harmeyer J. The determination of l-carnitine in several food samples. *Food Chem.* 2007; 105(2): 793–804. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.01.058>
- Oliveira C, Sousa M. The effects of L-carnitine supplementation in athletic performance. *Sci Sports.* 2019; 34(2): 63–72. <https://doi.org/10.1016/j.scispo.2018.09.005>
- Swart I, Rossouw J, Loots JM, Kruger MC. The effect of L-carnitine supplementation on plasma carnitine levels and various performance parameters of male marathon athletes. *Nutr Res.* 1997; 17: 405–414.
- Huang A, Owen K. Role of supplementary L-carnitine in exercise and exercise recovery. *Med Sport Sci.* 2012; 59: 135–142. <https://doi.org/10.1159/000341934>
- Sung DJ, Kim S, Kim J, An HS, So WY. Role of L-carnitine in sports performance: Focus on ergogenic aid and antioxidant. *Sci Sports.* 2016; 31(4): 177–188. <https://doi.org/10.1016/j.scispo.2016.02.005>
- Evans M, Guthrie N, Pezzullo J, Sanli T, Fielding RA, Bellamine A. Efficacy of a novel formulation of L-Carnitine, creatine, and leucine on lean body mass and functional muscle strength in healthy older adults: a randomized, double-blind placebo-controlled study. *Nutr Metab (Lond)* 2017; 14: 7. <https://doi.org/10.1186/s12986-016-0158-y>
- Ferraretto A, Bottani M, Villa I, Giustio L, Signo M, Senesi P, Montesano A, Vacante F, Luzi L, Rubinacci A, Terruzzi I. L-Carnitine activates calcium signaling in human osteoblasts. *J Funct Foods* 2018; 47(4): 270–278. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2018.05.068>
- Wang Z, Liu G, Lu H, Mao C. L-carnitine and heart disease. *Life Sci.* 2018; 194: 88–97. <https://doi.org/10.1016/j.lfs.2017.12.015>
- Williams MH, Kreider RB, Branch JD. Creatine: the power supplement. *Human Kinetics*, 1999.
- Cooper R, Naclerio F, Allgrove J, Jimenez A. Creatine supplementation with specific view to exercise/sports performance: an update. *J Int Soc Sports Nutr.* 2012; 9: 33. <https://doi.org/10.1186/1550-2783-9-33>
- Adriano E, Gulino M, Arkel M, Salis A, Damonte G, Liessi N, Millo E, Garbati P, Balestrino M. Di-acetyl creatine ethyl ester, a new creatine derivative for the possible treatment of creatine transporter deficiency. *Neurosci Lett.* 2018; 665: 217–223. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2017.12.020>
- Tarnopolsky MA. Caffeine and Creatine Use in Sport. *Ann Nutr Metab.* 2010; 57(2): 1–8. <https://doi.org/10.1159/000322696>
- Jagięło W, Kruszewski M, Banach J. Effects of creatine supplementation on body mass and muscle girths in bodybuilders. *Biomed Hum Kinet.* 2010; 2: 47–50.
- Miny K, Burrows J, Jidovtseff B. Interest of creatine supplementation in soccer. *Sci Sports* 2017; 32: 61–72. <https://doi.org/10.1016/j.scispo.2016.11.001>
- Riesberg LA, Weed SA, McDonald TL, Eckerson JM, Drescher KM. Beyond muscles: The untapped potential of creatine. *Int Immunopharmacol.* 2016; 37: 31–42. <https://doi.org/10.1016/j.intimp.2015.12.034>
- Śzewczyk PB, Poniewierka E. Kreatyna – zastosowanie w sporcie i medycynie. *Piel Zdr Publ.* 2015; 5(4): 409–416. <https://doi.org/10.17219/pzp/60488>
- Morawska-Staszak K. Wpływ suplementacji kreatyną na całkowitą potencjał antyoksydacyjny oraz wydolność psychofizyczną u pacjentów z przewlekłymi schorzeniami wątroby. *Rozprawa doktorska. Uniwersytet Medyczny im. K. Marcinkowskiego w Poznaniu.* 2012; 13–16.
- Rackayova V, Cudalbu C, Pouwels PJW, Braissant O. Creatine in the central nervous system: From magnetic resonance spectroscopy to creatine deficiencies. *Anal Biochem.* 2017; 529: 144–157. <https://doi.org/10.1016/j.ab.2016.11.007>
- Ferrante R, Andreassen O, Jenkins B, Dedeogl A, Kuemmerle S, Kubilus J, Kaddurah-Daouk R, Hersch S, Flint-Beal M. Neuroprotective effects of creatine in a transgenic mouse model of Huntington's disease. *J. Neurosci.* 2000; 20(12): 4389–4397.
- Rawson ES, Lieberman HR, Walsh TM, Zuber SM, Harhart JM, Matthews TC. Creatine supplementation does not improve cognitive function in young adults. *Physiol Behav.* 2008; 95(1–2): 130–134. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2008.05.009>

44. Pazini FL, Cunha MP, Rodrigues ALS. The possible beneficial effects of creatine for the management of depression. *Prog Neuropsychopharmacol Biol Psychiatry* 2019; 89: 193–206. <https://doi.org/10.1016/j.pnpbp.2018.08.029>
45. Percario S, Domingues SPT, Teixeira LFM, Vieira JLF, Vasconcelos F, Ciarrocchi DM, Almeida ED, Conte M. Effects of creatine supplementation on oxidative stress profile of athletes. *J Int Soc Sports Nutr*. 2012; 9(1): 56. <https://doi.org/10.1186/1550-2783-9-56>.
46. Zięba R. Karnozyna – biologiczność i perspektywy zastosowania w farmakoterapii. *Wiad Lek*. 2007; 60(1–2): 73–79
47. Syta EA, Ginalska G, Kazimierzczak P. Bioaktywne właściwości karnozyny. *Med Ogólna Nauki Zdr*. 2018; 24(2): 96–100. <https://doi.org/10.26444/monz/90885>
48. Kang JH., Kim KS. Enhanced oligomerization of the alpha-synuclein mutant by the Cu, Zn-superoxide dismutase and hydrogen peroxide system. *Mol Cells*. 2003; 15(1): 87–93.
49. Rerretti P, Medana C, Visentin S, Giancotti V, Zunino V, Meineri G. Determination of carnosine, anserine, homocarnosine, pentosidine and thiobarbituric acid reactive substances content in meat from different animal species. *Food Chem*. 2011; 126(4): 1939–1947. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.12.036>
50. D'Astous-Page J, Geriepy C, Blouin R, Cliche S, Sullivan B, Fortin F, Palin MF. Carnosine content in the porcine longissimus thoracis muscle and its association with meat quality attributes and carnosine-related gene expression. *Meat Sci*. 2017; 124: 84–94. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.11.004>
51. Mori M, Mizuno D, Konoha-Mizuno K, Sadakane Y, Kawahara M. Quantitative analysis of carnosine and anserine in foods by performing high performance liquid chromatography. *Biomed Res Trace Elem*. 2015; 26(3): 147–152. <https://doi.org/10.11299/brte.26.147>
52. Florek M, Barłowska J, Litwińczuk Z. Mleko i mięso zwierząt przeżuwających jako źródło substancji biologicznie czynnych. *Prz Hod*. 2016; 3: 4–7.
53. Shao L, Li QH, Tan Z. L-carnosine reduces telomere damage and shortening rate in cultured normal fibroblasts. *Biochem Biophys Res Commun*. 2004; 324(2): 931–936. <https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2004.09.136>
54. Szczesniak D, Budzeń S, Kopec W, Rymaszevska J. Anserine and carnosine supplementation in the elderly: Effects on cognitive functioning and physical capacity. *Arch Gerontol Geriatr*. 2014; 59(2): 485–490. <https://doi.org/10.1016/j.archger.2014.04.008>
55. de Courten B, Jakubova M, do Courten MP, Kukurova IJ, Vallova S, Krumpolec P, Valkovic L, Kurdiova T, Garzon D, Barbarese S, Teede HJ, Derave W, Krssak M, Aldini G, Ukropec J, Ukropcova B. Effects of carnosine supplementation on glucose metabolism: pilot clinical trial. *Obesity (Silver Spring)*. 2016; 24(5): 1027–1034. <https://doi.org/10.1002/oby.21434>
56. Aloisi A, Barca A, Romano A, Guerrieri S, Storelli C, Rialdi R, Verri T. Anti-aggregating effect of the naturally occurring dipeptide carnosine on abeta1–42 fibril formation. *PLoS One*. 2013; 8(7): e68159. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0068159>
57. Boldyrev A, Fedorova T, Stepanova M, Dobrotvorskaya I, Kozlova E, Boldanova N, Bagyeva G, Ivanova-Smolenskaya I, Illarionshkin S. Carnosine [corrected] increases efficiency of DOPA therapy of Parkinson's disease: a pilot study. [Erratum appears in *Rejuvenation Res*. 2008; 11(5): 988]. *Rejuvenation Res*. 2008; 11(4): 821–827. <https://doi.org/10.1089/rej.2008.0716>
58. Brown BE, Kim CH, Torpy FR, Bursill CA, McRobb LS, Heater AK, Davies MJ, van Reyk DM. Supplementation with carnosine decreases plasma triglycerides and modulates atherosclerotic plaque composition in diabetic apo E(–/–) mice. *Atherosclerosis*. 2014; 232(2): 403–409. <https://doi.org/10.1016/j.atherosclerosis.2013.11.068>
59. Menini S, Iacobini C, Ricci C, Blasetti Fantauzzi C, Pugliese G. Protection from diabetes-induced atherosclerosis and renal disease by D-carnosine-octylester: effects of early vs late inhibition of advanced glycation end-products in Apoe-null mice. *Diabetologia*. 2015; 58(4): 845–853. <https://doi.org/10.1007/s00125-014-3467-6>
60. Ansurudeen I, Sunkari VG, Grunler J, Peters V, Schmitt CP, Catrina SB, Brismar K, Forsberg EA. Carnosine enhances diabetic wound healing in the db/db mouse model of type 2 diabetes. *Amino Acids*. 2012; 43(1): 127–134. <https://doi.org/10.1007/s00726-012-1269-z>.
61. McGinnis WR. Oxidative stress in autism. *Altern Ther Health Med*. 2004; 10(6): 22–36.
62. Matsukura T, Tanaka H. Applicability of zinc complex of L-carnosine for medical use. *Biochemistry (Mosc)* 2000; 65(7): 817–823.
63. Huxtable RJ. Taurine in the central nervous system and the mammalian actions of taurine. *Prog Neurobiol*. 1992; 32(6): 471–533.
64. Szymański K, Winiarska K. Tauryna i jej potencjalne wykorzystanie w terapii. *Postepy Hig Med Dosw*. 2008; 62: 75–86.
65. Lourenco R, Camilo ME. Taurine: a conditionally essential amino acid in humans? An overview in health and disease. *Nutr Hosp*. 2002; 17(6): 262–270.
66. Beyranvand MR, Khalafi MK, Roshan VD, Choobineh S, Parsa SA, Piranfar MA. Effects of taurine supplementation on exercise capacity of patients with heart failure. *J Cardiol*. 2011; 57(3): 333–337. <https://doi.org/10.1016/j.jcc.2011.01.007>
67. Salze GP, Davis DA. Taurine: a critical nutrient for future fish feeds. *Aquaculture*. 2015; 437: 215–229. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.12.006>
68. Oja S, Sarasaari P. Taurine. W: Lajtha A (red.). *Handbook of Neurochemistry and Molecular Neurobiology. Amino Acids and Peptides in the Nervous System*. Wyd. Springer US; 2007: 155–206.
69. McLeay Y, Stannard S, Barnes M. The Effect of Taurine on the Recovery from Eccentric Exercise-Induced Muscle Damage in Males. *Antioxidants (Basel)*. 2017; 6(4): 79. <https://doi.org/10.3390/antiox6040079>
70. Zhang M, Izumi I, Kagamimori S, Sokejima S, Yamagami T, Liu Z, Qi B. Role of taurine supplementation to prevent exercise-induced oxidative stress in healthy young men. *Amino Acids*. 2004; 26(2): 203–207. <https://doi.org/10.1007/s00726-003-0002-3>
71. Spriet LL, Whitfield J. Taurine and skeletal muscle function. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*. 2015; 18(1): 96–101. <https://doi.org/10.1097/MCO.0000000000000135>
72. Siemieniuk E, Skrzydlewska E. Koenzym Q10 – biosynteza i znaczenie biologiczne w organizmach zwierząt i człowieka. *Postep Hig Med Dosw*. 2005; 59: 150–159.
73. Dallner G, Sindelar PJ. Regulation of ubiquinone metabolism. *Free Ra. Bio. Med*. 2000; 29(3–4): 285–294.
74. Willis R, Anthony M, Sun L, Honse Y, Qiao G. Clinical implications of the correlation between coenzyme Q10 and vitamin B6 status. *Biofactors*. 1999; 9: 359–363. <https://doi.org/10.1002/biof.5520090236>
75. Pravst I, Zmitek K, Zmitek J. Coenzyme Q10 Contents in Foods and Fortification Strategies. *Crit Rev Food Sci Nutr*. 2010; 50(4): 269–280. <https://doi.org/10.1080/10408390902773037>
76. Kumar A, Kaur H, Devic P, Mohan V. Role of coenzyme Q10 (CoQ10) in cardiac disease, hypertension and Meniere-like syndrome. *Pharmacol & Ther*. 2009; 124(3): 259–268. <https://doi.org/10.1016/j.pharmthera.2009.07.003>
77. Pregnolato P, Maranesi M, Mordenti T, Turchetto E, Barzanti V, Grossi G. Coenzyme Q10 and Q9 content in some edible oils. *Riv Ital Sostanze Gr*. 1994; 71(10): 503–505.
78. Kubo H, Fuji K, Kawabe T, Matsumoto S, Kishida H, Hosoe K. Food content of ubiquinol-10 and ubiquinone-10 in the Japanese diet. *J. Food Compos Anal*. 2008; 21(3): 199–210. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2007.10.003>
79. Matilla P, Kumpulainen J. Coenzymes Q9 and Q10: Contents in foods and dietary intake. *J Food Compos Anal*. 2001; 14(4): 409–417. <https://doi.org/10.1006/jfca.2000.0983>.
80. Ernster L, Dallner G. Biochemical, physiological and medical aspects of ubiquinone function. *Biochim. Biophys. Acta*, 1995; 1271(1): 195–204.
81. Lulli M, Cialdai F, Vignali L, Monici M, Luzzi S, Cicconi A, Cacchione S, Magi A, Di Gesualdo F, Balsamo M, Vukich M, Neri G, Donati A, Capaccioli S. The Coenzyme Q10 (CoQ10) as Countermeasure for Retinal Damage Onboard the International Space Station: the CORM Project. *Microgravity Sci Technol*. 2018; 30(6): 925–931. <https://doi.org/10.1007/s12217-018-9652-3>
82. Bilka A, Kryczyk A, Włodek L. Różne oblicza biologicznej roli glutationu. *Postep Hig Med Dosw*. 2007; 61: 438–453.
83. Liu SM, Eady SJ. Glutathione: its implications for animal health, meat quality, and health benefits of consumers. *Aust J Agric Res*. 2005; 56(8): 775–780. <https://doi.org/10.1071/AR05053>.
84. Dhakal R, Bajpai VK, Kwang-Hyun B. Productions of GABA (γ-aminobutyric acid) by microorganisms: a review. *Braz J Microbiol*. 2012; 43(4): 1230–1241. <https://doi.org/10.1590/S1517-83822012000400001>
85. Kowalski A, Rębas E, Żylińska L. Kwas γ-aminomasłowy – metabolizm i jego zaburzenia. *Post Bioch*. 2007; 4: 356–360.
86. Diana M, Quilez J, Rafecas M. Gamma-aminobutyric acid as a bioactive compound in foods: a review. *J Funct Foods*. 2014; 10: 407–420. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2014.07.004>
87. Kuda T, Tanibe R, Mori M, Take H, Michinata T, Yano T. Microbial and chemical properties of aji-no-susu, a traditional fermented fish with rice product in the Noto Peninsula, Japan. *Fish Sci*. 2009; 75: 1499–1506. <https://doi.org/10.1007/s12562-009-0175-0>

88. Hong KB, Park Y, Suh HJ. Sleep-promoting effects of the GABA/5-HTP mixture in vertebrate models. *Behav Brain Res*. 2016; 310: 36–41. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2016.04.049>
89. Yamatsu A, Yamashita Y, Pandharipande T, Maru I, Kim M. Effect of Oral γ -aminobutyric Acid (GABA) Administration on Sleep and its Absorption in Humans. *Food Sci Biotechnol*. 2016; 25(6): 547–551. <https://doi.org/10.1007/s10068-016-0076-9>
90. Renes E, Gomez-Cortes P, de la Fuente MA, Linares DM, Tornadijo ME, Fresno JM. CLA-producing adjunct cultures improve the nutritional value of sheep cheese fat. *Food Res Int*. 2019; 116: 819–826. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.09.016>
91. Sadowska A, Świdzki F. Związki bioaktywne w mięsie. Postępy techniki przetwórstwa spożywczego 2010; 1: 70–74.
92. Koba K, Yanagita T. Health benefits of conjugated linoleic acid (CLA). *Obes Res Clin Pract*. 2014; 8(6): 525–532. <https://doi.org/10.1016/j.orcp.2013.10.001>
93. Blankson H, Stakkestad JA, Fagertun H, Thom E, Wadstein J, Gundersen O. Conjugated linoleic acid reduces body fat mass in overweight and obese humans. *J Nutr*. 2000; 130(12): 2943–2948. <https://doi.org/10.1093/jn/130.12.2943>
94. Racine NM, Watras AC, Carrel AL, Allen DB, McVean JJ, Clark RR, O'Brien AR, O'Shea M, Scott CE, Schoeller DA. Effect of conjugated linoleic acid on body fat accretion in overweight or obese children. *Am J Clin Nutr*. 2010; 91(5): 1157–1164. <https://doi.org/10.3945/ajcn.2009.28404>
95. El-Senousey HK, Fouad AM, Yao JH, Zhang ZG, Shen QW. Dietary Alpha Lipoic Acid Improves Body Composition, Meat Quality and Decreases Collagen Content in Muscle of Broiler Chickens. *Australian J Anim Sci*. 2013; 26(3): 394–400.
96. Malińska D, Winiarska K. Kwas liponowy – charakterystyka i zastosowanie w terapii. *Postep Hig Med Dosw*. 2005; 59: 535–543.
97. Shay KP, Moreau RF, Smith EJ, Smith RA, Hagen TM. Alpha-lipoic acid as a dietary supplement: molecular mechanism and therapeutic potential. *Biochim Biophys Acta*. 2009; 1790(10): 1149–1160. <https://doi.org/10.1016/j.bbagen.2009.07.026>
98. Kataoka H. Chromatographic analysis of Lipoic acid and related compounds. *J Chromatogr B Biomed Sci Appl*. 1998; 717(1–2): 247–262.
99. Wollin SD, Jones PJH. α -Lipoic acid and cardiovascular disease. *J Nutr*. 2003; 133(11): 3327–3330. <https://doi.org/10.1093/jn/133.11.3327>
100. Karafakioglu YS. Effects of a lipoic acid on noise induced oxidative stress in rats. *Saudi J Biol Sci*. 2018; <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2018.08.008>. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1319562X18301840> (dostęp: 17.06.2019).
101. Loy BD, Fling BW, Horak FB, Bourdette DN, Spain RI. Effects of lipoic acid on walking performance, gait, and balance in secondary progressive multiple sclerosis. *Complement Ther Med*. 2018; 41: 169–174. <https://doi.org/10.1016/j.ctim.2018.09.006>
102. Huerta AE, Navas-Carretero S, Prieto-Hontoria PL, Martinez JA, Moreno-Aliaga MJ. Effects of α lipoic acid and eicosapentaenoic acid in overweight and obese women during weight loss. *Obesity (Silver Spring)*. 2015; 23(2): 313–321. <https://doi.org/10.1002/oby.20966>
103. Chidlow G, Schmidt KG, Wood JP, Melena J, Osborne NN. Alpha-lipoic acid protects the retina against ischemia-reperfusion. *Neuropharmacology*. 2002; 43(6): 1015–1025.
104. Skowryra A, Grabska-Liberek I, Stachowska U, Jankowska-Lech I, Tesla P. Rola kwasu α -liponowego i γ -linolenowego w jaskrze. *Post Nauk Med*. 2017; 3: 144–147.
105. Biesalski HK, Nohr D. The nutritional quality diet of meat. W: Kerry JP, Ledward D. Improving the sensory and nutritional quality of fresh meat. 1st edn. Cambridge: Woodhead Publishing Ltd. England; 2009; 161–177.
106. Domaradzki P, Florek M, Staszowska A, Litwińczuk Z. Fulfilment of the requirements of adults and children for minerals by beef, taking into account the breed of cattle and muscle. *J Elem*. 2017; 22(1): 21–30. <https://doi.org/10.5601/jelem.2016.21.1.1118>
107. Wojtasik A, Jarosz M, Stoś K. Składniki mineralne. W: Jarosz M (red.). *Normy Żywienia Człowieka*. Instytut Żywności i Żywienia. 2017; 203–228.
108. Wyness L, Weichselbaum E, O'Connor A, Williams EB, Benelam B, Riley H, Stanner S. Red meat in the diet: an update. *Nutr Bull*. 2011; 36(1): 34–77. <https://doi.org/10.1111/j.1467-3010.2010.01871.x>
109. Seong PN, Cho SH, Park KM, Kang GH, Park BY, Moon SS, Ba HV. Characterization of Chicken By-products by Mean of Proximate and Nutritional Compositions. *Korean J Food Sci Anim Resour*. 2015; 35(2): 179–188. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2015.35.2.179>
110. Ekholm P, Reinivuo H, Matilla P, Pakkala H, Koponen J, Happonen, Hellstrom J, Ovaskainen ML. Changes in mineral and trace element contents of cereals, fruits and vegetables in Finland. *J Food Compos Anal*. 2007; 20: 487–995. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2007.02.007>
111. McKenzie-Parnell JM, Guthrie BE. The phytate and mineral content of some cereals, cereal products, legumes, legume products, snack bars, and nuts available in New Zealand. *Biol Trace Elem Res*. 1986; 10(2): 107–121. <https://doi.org/10.1007/BF02795563>
112. Mayer AMB. Historical changes in the mineral content of fruits and vegetables. *Br Food J*. 1997; 99(6): 207–211. <https://doi.org/10.1108/00070709710181540>
113. Roohani N, Hurrell R, Kelishadi R, Schulin R. Zinc and its importance for human health: An integrative review. *J Res Med Sci*. 2013; 18(2): 144–157.
114. Al-Yasiry ARM, Kiczorowska B, Samolińska W. Nutritional Value and content of mineral elements in the meat of broiler chickens fed *Boswellia serrata* supplemented diets. *J Elem*. 2017; 22(3): 1027–1037. <https://doi.org/10.5601/jelem.2017.22.1.1294>
115. Stasiak K, Rosłewska A, Stanek M, Cygan-Szczegliński D, Janicki B. The content of selected minerals determined in the liver, kidney and meat of pigs. *J Elem*. 2017; 22(4): 1475–1483. <https://doi.org/10.5601/jelem.2017.22.1.1314>
116. Butinaru M, Butu A. Chemical Composition of Vegetables and Their Products. W: Cheung PCK, Mehta BM (red.). *Handbook of Food Chemistry*. Springer; 2015: 627–692. https://doi.org/10.1007/978-3-642-36605-5_17
117. Bilandžić N, Zrnčić S. Determination of copper in food of animal origin and fish in Croatia. *Food Control*. 2012; 27(2): 284–288. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2012.03.020>
118. Nardi EP, Evangelista FS, Tormen L, Saint-Pierre TD, Curtius AJ, de Souza SS. The use of inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) for the determination of toxic and essential elements in different types of food samples. *Food Chem*. 2009; 112(3): 727–732. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.06.010>
119. Wen HY, Davis RL, Shi B, Chen JJ, Chen L, Boylan M, Spallholz JE. Bioavailability of Selenium from Veal, Chicken, Beef, Pork, Lamb, Flounder, Tuna, Selenomethionine and Sodium Selenite Assessed in Selenium-Deficient Rats. *Biol Trace Elem Res*. 1997; 58(1–2): 43–53. <https://doi.org/10.1007/BF02910665>
120. Kumar BS, Priyadarsini KI. Selenium nutrition: How important is it? *Biomed Prev Nutr*. 2014; 4(2): 333–341. <https://doi.org/10.1016/j.bionut.2014.01.006>
121. Navarro-Alcaron M, Cabrera-Vique C. Selenium in food and the human body: A review. *Sci. Total Environ*. 2008; 400(1–3): 115–141. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2008.06.024>
122. Parekh PP, Khan AR, Torres MA, Kitto ME. Concentrations of selenium, barium and radium in Brazil nuts. *J Food Compos Anal*. 2008; 21(4): 332–335. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2007.12.001>
123. Spitze AR, Wong DL, Rogers QR, Fascetti AJ. Taurine concentrations in animal feed ingredients; cooking influences taurine content. *J Anim. Physiol A Anim Nutr*. 2003; 87(7–8): 251–262. <https://doi.org/10.1046/j.1439-0396.2003.00434.x>
124. Wójcik OP, Koenig KL, Zeleniuch-Jacquotte A, Costa M, Chen Y. The potential protective effects of taurine on coronary heart disease. *Atherosclerosis*. 2009; 208(1): 19–25. <https://doi.org/10.1016/j.atherosclerosis.2009.06.002>
125. Kamei M, Fujita T, Kanbe T, Sasaki K, Oshiba K, Otan S, Matsuyuuasa I, Morisawa S. The distribution and content of ubiquinone in foods. *Int J Vitam Nutr Res*. 1986; 56(1): 57–63.
126. Nriagu J, Boughanem M, Linder A, Howe A, Grant C, Rattray R, Vutchkov M, Lalor G. Levels of As, Cd, Pb, Cu, Se, and Zn in bovine kidneys and livers in Jamaica. *Ecotox Environ Safe*. 2009; 72(2): 564–571. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2008.05.001>
127. Yudicheva O. Study of zinc content in biofortified tomato. *Adv Si*. 2014; 7: 15–18. <https://doi.org/10.15550/ASJ.2014.07.015>
128. Silva RF, Ascheri JLA, Souza JML. Influence of Brazil nut processing on the quality of nuts. *Sci Agro-Technol*. 2010; 34(2): 445–450.

Bioactive compounds in meat and their importance in human nutrition

■ Abstract

Introduction and objective. Meat and offal from slaughter animals are the most valuable products in terms of nutritional value, because they provide many nutrients, building and regulating substances. Although meat is commonly perceived as a source of protein, vitamins and minerals, recent studies indicate that it is also an important source of bioactive substances contributing to the proper functioning of the human body. The aim of the study is to present the most important biologically active compounds found in meat and to discuss their pro-health functions in the human body.

Description of the state of knowledge. The main bioactive compounds present in meat include: L-carnitine, creatine, carnosine, anserine, taurine, conjugated linoleic acid, α -lipoic acid, coenzyme Q10, γ -aminobutyric acid, glutathione and bioactive peptides. They have a positive impact on the heart, brain, muscle health and their regeneration. They also have a significant effect on the metabolism regulation. It is also worth noting that the bioavailability of many of these nutrients found in meat is greater, compared to plants-based food products.

Summary. According to anthropologists, the consumption of a high-value product such as meat contributed to acceleration of human evolution. Today, it is also an important component of the diet not only because of the nutritional requirements of the body, and the presence of many biologically active substances. It should be emphasized that an appropriate supply of bioactive compounds ensures the optimal growth and development of the human body, and may also have a preventive effect in many civilization diseases.

■ Key words

meat, biologically active substances, health-promoting properties