

Produkty pochodzące od przeżuwaczy – najważniejsze źródło L-karnityny w diecie człowieka

Robert Bodkowski, Bożena Patkowska-Sokoła,
Piotr Nowakowski, Dorota Jamroz,
Marzena Janczak

Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

W badaniach nad składem produktów spożywczych coraz częściej poszukuje się związków, które mogą wykazywać korzystny wpływ na organizm człowieka. Bez wątplenia należy do nich, będący czwartorzędowym związkiem amoniowym, kwas (*R*)-3-hydroksy-4-*N*-trimetyloamoniomastowy ($(\text{H}_3\text{C})_3\text{N}^+-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{OH})-\text{CH}_2-\text{COOH}$). Po raz pierwszy karnityna wyizolowana została na początku XX wieku z mięśni – stąd jej nazwa (mięso – łac. *carnus*). Ze względu na podobny do witamin z grupy B mechanizm działania, początkowo nazywana była witaminą B_7 . Obecnie zaliczana jest ona do substancji witaminopochodnych.

Związek ten występuje w postaci dwóch stereoisomerów: formy lewoskrętnej, biologicznie czynnej, zwanej L-karnityną oraz formy prawoskrętnej (D-karnityny), która jest biologicznie nieczynna, a nawet szkodliwa.

W organizmie dorosłego człowieka karnityna zgromadzona jest przede wszystkim w mięśniach szkieletowych i mięśniu sercowym (ok. 98%), gdzie jest niezbędna do prawidłowego ich funkcjonowania. Pozostała ilość znajduje się w miejscach jej syntezy, tj. w wątrobie i nerkach (ok. 1,5%) oraz innych narządach i płynach pozakomórkowych (również w mózgu). Organizm człowieka potrafi sam syntetyzować karnitynę w ilości ok. 1,2 $\mu\text{moli/kg}$ masy ciała w ciągu doby, jednakże ilość ta jest niewystarczająca, zwłaszcza przy intensywnym wysiłku fizycznym [28]. Utrzymanie stałej i wystarczającej ilości tego związku w organizmie wymaga zatem dodatkowej suplementacji z pożywieniem na poziomie 8-11 mg/dobę, a w szczególnych przypadkach nawet 300 mg/dobę.

Proces wchłaniania karnityny pochodzenia egzogenego odbywa się głównie poprzez komórki nabłonka jelita cienkiego oraz w niewielkich ilościach poprzez błony komórkowe przy udziale specyficznego białka. Reszta degradowana jest przez florę bakteryjną jelita grubego. Z kolei do endogennej biosyntezy tego związku, który jest procesem wieloetapowym, niezbędne są reszta L-lizyny (dostarcza szkieletu węglowego) oraz L-metioniny będącej donorem reszt metylowych. Enzymy biorące udział w tym procesie ulegają ekspresji w niemalże wszystkich tkankach organizmu, jednak występowanie jednego z nich (hydrolazy gamma-butyrobetainy) jedynie w komórkach wątroby i nerek może wskazywać na miejscową lokalizację tego procesu. Powstała w wątrobie i nerkach L-karnityna dostarczana jest do pozostałych narządów wraz z krwią, natomiast do wnętrza komórek za pośrednictwem aktywnego transportu [26, 28].

Rola karnityny w organizmie człowieka

Najlepiej jak dotąd poznana została rola L-karnityny w metabolizmie lipidów [1, 2, 3, 19, 27, 29], która związana jest przede wszystkim z transportem długołańcuchowych kwasów tłuszczowych z cytozolu do mitochondriów, gdzie ulegają one przemianom, w wyniku czego powstaje energia konieczna do prawidłowego funkcjonowania komórek organizmu. W wyniku rozkładu tłuszczu w cytoplazmie powstają długołańcuchowe acylo-CoA, które w takiej postaci nie mogą być transportowane przez błony do wnętrza mitochondrium, by tam w procesie β -oksydacji ulec przetworzeniu do acetylo-CoA i propionilo-CoA i zostać włączone do cyklu Krebsa. Aktywność biologiczna L-karnityny polega na przejmowaniu grupy acylowej w reakcji katalizowanej przez znajdujący się na zewnętrznej błonie mitochondrialnej enzym CPTI (carnitine-palmitoyl transferase I). Następnie inny enzym CACT (carnitine acylcarnitine translocase) przeprowadza wymianę cząsteczki karnityny na cząsteczkę acylokarnityny, powodując tym samym przejście długołańcuchowego kwasu tłuszczowego do wnętrza mitochondrium. W wewnętrznej błonie mitochondrialnej znajduje się z kolei enzym CPTII przeprowadzający reakcję odwrotną niż CPTI, co prowadzi do odzyskania wolnej karnityny i powstania w macierzy mitochondrialnej acylo-CoA, substratu β -oksydacji. Karnityna transportowana jest powrotnie do cytoplazmy przez enzym CACT, gdzie znów może ulec acylacji.

L-karnityna uczestniczy również w procesach detoksykacji komórek organizmu poprzez usuwanie z ich mitochondriów krótko- i średniołańcuchowych kwasów tłuszczowych, występujących w postaci połączeń acylo-CoA, które w nadmiarze wykazują toksyczne działanie [2, 19]. Spełnia ona także rolę czynnika buforującego wewnątrzmitochondrialne zmiany poziomu wolnego koenzymu A, przez co reguluje procesy przebiegające z udziałem tego kofaktora. Przy niedoborze karnityny często dochodzi do gromadzenia się w mitochondriach nadmiaru CoA, co prowadzi do zakłóceń w przebiegu cyklu kwasów trójkarboksylowych, glikoneogenezy i cyklu mocznikowego.

Udział L-karnityny w stymulacji przemian metabolicznych kwasów tłuszczowych (β -oksydacja i łańcuch oddechowy) powoduje, że o ok. 70% wzrasta ich wykorzystanie jako źródła energii, a dzięki nasileniu procesów ich spalania następuje zahamowanie powstawania tkanki tłuszczowej, a tym samym rozwój otyłości i miażdżycy. W następstwie jej działania zmniejsza się również zapotrzebowanie kaloryczne i polepsza tolerancja na wysiłek.

Oprócz udziału w metabolizmie lipidów L-karnityna spełnia również inne ważne funkcje [1, 2, 3, 19, 29]. Związek ten wykazuje zdolność obniżania we krwi poziomu triacylogliceroli i cholesterolu. Zapewnia redukcję kwasu mlekowego, w wyniku czego wzrastają możliwości wysiłkowe organizmu. Jest donorem grup acetylowych do zachodzącej w neuronach biosyntezy neuroprzekaźnika – acetylocholinyl. Bierze udział w metabolizmie rozgałęzionych aminokwasów. Pełni ważną rolę w przemianie węglowodanów (jej wysoki poziom w mięśniach zmniejsza wykorzystanie glikogenu jako materiału energetycznego, co ma szczególne znaczenie w warunkach długotrwałego wysiłku fizycznego). Przypisuje się jej również udział w obronie komórek przed działaniem reaktywnych form tlenu i ich pochodnych. Wykazuje ona także zdolność do chelatowania niektórych jonów (np. kadmu, ołowiu), co ułatwia ich transport oraz usuwanie ich nadmiaru z organizmu.

Przyczyny i skutki niedoboru karnityny

Stosunkowo niedawno opisane zostały skutki niedoboru L-karnityny u ludzi. Ich podłoże może być pierwotne (uwarunkowane genetycznie) lub wtórne (nabyte). Niedobory pierwotne wiążą się przede wszystkim z zaburzeniami w biosyntezie L-karnityny i jej transporcie do komórek, głównie mięśni. Z kolei niedobory wtórne związane są przede wszystkim z obniżoną jej ilością w diecie, zaburzeniami we wchłanianiu i transporcie, zwiększonym wydalaniem z moczem czy chorobami wątroby i nerek. Niedobory wtórne mogą również powstawać w wyniku zwiększonego zapotrzebowania metabolicznego organizmu (np. wysiłku fizycznego) [6].

Skutki układowego i mięśniowego niedoboru L-karnityny są szczególnie niebezpieczne dla serca i mięśni szkieletowych, w których ponad 80% energii potrzebnej do prawidłowego funkcjonowania pochodzi z utleniania kwasów tłuszczowych. Jej brak lub niedobór hamują spalanie kwasów tłuszczowych, co nasila proces glikolizy i prowadzi do obniżenia ilości glikogenu w organizmie. Skutkiem tego jest hipoglikemia i hipoketonemia oraz nagromadzenie się związków lipidowych w mięśniach, co prowadzi do zmniejszenia ich wydolności wysiłkowej [3, 7]. Najczęściej obserwowanymi klinicznymi objawami niedoboru L-karnityny są osłabienie i/lub zanik mięśni szkieletowych (miopatie) oraz niewydolność mięśnia sercowego (kardiomiopatia). Jej niedobór może również prowadzić do nagromadzenia się lipidów we włóknach mięśniowych oraz ostrej encefalopatii wątrobowej.

Terapeutyczne możliwości stosowania karnityny

W literaturze istnieje szereg prac wskazujących na terapeutyczne możliwości stosowania L-karnityny u ludzi [3, 19, 27, 29]. Podawana osobom z chorobą niedokrwienną serca, poprzez wzrost wydajności procesów utleniania wolnych kwasów tłuszczowych prowadzący do wzrostu wytwarzanej energii ATP, zwiększa siłę mięśnia sercowego. Dobre rezultaty uzyskuje się również przy zaburzeniach krążenia obwodowego (miażdżycy tętnic obwodowych), przy osłabieniu siły mięśniowej (zespoły zmęczenia) oraz przy leczeniu uszkodzenia mięśni.

L-karnityna reguluje również gospodarkę lipidową organizmu – przyspiesza zamianę tłuszczu zapasowego w energię, co prowadzi do szybszej redukcji tkanki tłuszczowej, a tym samym zapobiega powstawaniu otyłości [31]. Długotrwała suplementacja L-karnityną poprawia również profil lipidowy krwi oraz istotnie obniża stężenie triacylogliceroli. Suplementacja L-karnityną wpływa również korzystnie na układ nerwowy [5]. U osób z niedorozwojem umysłowym związek ten poprawia zdolność uczenia się oraz refleks, natomiast u osób z Alzheimem – zdolność zapamiętywania, ponadto działa korzystnie w stanach depresyjnych. W ostatnich latach coraz częściej pojawiają się przesłanki naukowe wskazujące również na możliwość jej stosowania w chorobach układu odpornościowego (AIDS) oraz u osób po immunoterapii [13]. Pomimo pewnych kontrowersji, jest ona także stosowana u osób wyczynowo uprawiających sport, w celu wydłużenia czasu i intensywności treningu [9].

Metody oznaczania karnityny

Jedną z pierwszych metod ilościowego oznaczania L-karnityny był pomiar wzrostu masy larwy Mącznika młynarka (*Tenebrio molitor*), którego dieta zawierała znaną ilość L-karnityny. Do ilościowego oznaczenia zawartości tego związku służyła również metoda kolorymetryczna, polegająca na tworzeniu barwnego kompleksu grupy aminowej L-karnityny z błękitem bromofenolowym.

Obecnie istnieje wiele metod pozwalających na oznaczenie zawartości karnityny w formie wolnej lub związanej w postaci acylowych pochodnych (radiometryczne, spektrofotometryczne, spektrofluorometryczne, enzymatyczne, chromatograficzne, spektrometrii masowej, elektroforezy kapilarnej) [4, 8, 10, 12, 14, 18, 20]. Większość z nich służy jednak do oznaczenia zawartości tego związku we krwi i w moczu. Znacznie trudniej natomiast jest oznaczyć zawartość karnityny w mięsie oraz mleku i jego przetworach.

Zawartość karnityny w produktach pochodzenia zwierzęcego (mleko, mięso)

W ramach badań własnych opracowano procedury dotyczące przygotowania prób mięsa i mleka do oznaczeń zawartości całkowitej i wolnej karnityny, a także oceniono możliwość zastosowania w tego typu analizach metod spektroskopowych (spektrofluorymetryczna i spektrofotometryczna) oraz wysokosprawnej chromatografii cieczowej HPLC. Określono również wpływ gatunku oraz obróbki termicznej i czasu przechowywania na zawartość L-karnityny w tych produktach. Zawartość całkowitej i wolnej karnityny w mleku oznaczono w próbach pochodzących z okresu wiosennego od 3 gatunków zwierząt przeżuujących (krowy, owce, kozy), będących w pierwszej połowie 2. lub 3. laktacji.

Przeprowadzone analizy wykazały, że ilość karnityny całkowitej w mleku przeżuwaczy wahała się od 4,48 do 12,72 mg/100 ml (tab. 1). Najwyższą średnią zawartością karnityny całkowitej charakteryzowało się mleko owcze – 11,08 mg/100 ml, następnie krowie – 8,39 mg/100 ml, a najniższą kozie – 5,91 mg/100 ml. W mleku owczym zawartość karnityny była wyższa o 32,1% ($P \leq 0,05$) w porównaniu z mlekiem krowim oraz o 87,5% ($P \leq 0,01$) w porównaniu z mlekiem kozim. Statystyczne różnice w zawartości karnityny całkowitej stwierdzono również pomiędzy mlekiem krowim i kozim – w mleku krowim była ona wyższa o 42% ($P \leq 0,01$) (tab. 1).

Tabela 1
Zawartość całkowitej L-karnityny w mleku różnych gatunków zwierząt przeżuujących (mg/100 ml mleka)

Mleko		Całkowita L-karnityna (mg/100 ml)
Krowie	$\bar{x} \pm Sd$	8,39 ^a ± 0,33
	min. – maks.	7,79 – 9,57
Kozie	$\bar{x} \pm Sd$	5,91 ^{Ac} ± 0,74
	min. – maks.	4,48 – 7,46
Owce	$\bar{x} \pm Sd$	11,08 ^{Bb} ± 0,31
	min. – maks.	10,16 – 12,72

a, b, c – różnice statystycznie istotne na poziomie $P \leq 0,05$; A, B – różnice statystycznie istotne na poziomie $P \leq 0,01$

Analizując zawartość wolnej karnityny w mleku przeżuwaczy stwierdzono, że wahała się ona od 0,99 do 4,07 mg/100 ml w zależności od gatunku, osobnika oraz zastosowanej metody analitycznej (tab. 2). Podobnie jak w przypadku karnityny całkowitej, najwyższą średnią jej zawartością charakteryzowało się mleko owcze (3,56 mg/100 ml), następnie krowie (2,28 mg/100 ml), a najniższą kozie (1,11 mg/100 ml). Różnica w zawartości karnityny wolnej między mlekiem owczym a krowim oraz owczym a kozim wyniosła odpowiednio: 56,1% oraz 220,7%, natomiast między mlekiem krowim i kozim 105,4%; wszystkie różnice statystycznie wysoko istotne (tab. 2). Wyliczono także stosunek karnityny wolnej do całkowitej, który najkorzystniejszy (najwyższy) był w mleku owczym – 0,32, kolejno w mleku krowim – 0,27, natomiast najmniej korzystny w mleku kozim – 0,19.

Tabela 2**Zawartość wolnej L-karnityny w mleku różnych gatunków zwierząt przeżuujących (mg/100 ml mleka)**

Mleko		Wolna L-karnityna (mg/100 ml)
Krowie	x ± Sd	2,28 ^A ± 0,14
	min. – maks.	1,97 – 2,69
Kozie	x ± Sd	1,11 ^B ± 0,06
	min. – maks.	0,99 – 1,32
Owce	x ± Sd	3,56 ^C ± 0,20
	min. – maks.	3,16 – 4,07

A, B, C – różnice statystycznie istotne na poziomie P≤0,01

O znacznie wyższej zawartości karnityny w mleku przeżuwaczy oraz występujących różnicach gatunkowych świadczą również wyniki prac innych autorów, którzy stwierdzili, że mleko owcze zawierało 6-22 razy więcej tego związku niż krowie, 9-16 razy więcej niż kozie, 6-13 razy więcej niż mleko kłaczy, 5 razy więcej niż mleko lochy oraz 4 razy więcej niż mleko ludzkie [11, 15, 16, 17, 21, 25, 30].

W tabelach 3 i 4 zaprezentowano wyniki dotyczące zawartości obu form karnityny w mięsie pochodzącym z mięśnia najdłuższego grzbietu 6-miesięcznych bukatów oraz 3-miesięcznych tryczków i koziołków.

Tabela 3**Zawartość całkowitej L-karnityny w mięsie różnych gatunków zwierząt przeżuujących (mg/100 g tkanki mięśniowej)**

Mięso		Zawartość całkowitej karnityny (mg/100 g)
Wołowina	x ± Sd	102,11 ± 0,58
	min. – maks.	98,17 – 104,12
Kozłina	x ± Sd	96,85 ^a ± 0,56
	min. – maks.	94,86 – 98,66
Jagnięcina	x ± Sd	108,76 ^b ± 0,65
	min. – maks.	106,06 – 112,73

a, b – różnice statystycznie istotne na poziomie P≤0,05

Tabela 4**Zawartość wolnej karnityny w mięsie różnych gatunków zwierząt przeżuujących (mg/100 g tkanki mięśniowej)**

Mięso		Zawartość wolnej karnityny (mg/100 g)
Wołowina	x ± Sd	78,76 ± 0,63
	min. – maks.	76,08 – 82,72
Kozłina	x ± Sd	73,56 ^a ± 0,53
	min. – maks.	72,16 – 75,14
Jagnięcina	x ± Sd	89,04 ^b ± 0,53
	min. – maks.	87,03 – 92,45

a, b – różnice statystycznie istotne na poziomie P≤0,05

W mięsie przeżuwaczy zawartość karnityny całkowitej kształtowała się na poziomie od 94,86 do 112,73 mg/100 g (tab. 3). Mięso jagnięce zawierało o 5,9% więcej całkowitej karnityny niż wołowe i o 12,3% (P≤0,05) więcej niż kozłowe. Z kolei w mięsie wołowym jej zawartość była wyższa niż w mięsie kozłowym o 5,4%. Analizując poziom wolnej karnityny w mięsie przeżuwaczy stwierdzono, że jej ilość wahała się od 72,16 do 92,45 mg/100 g (tab. 4). Najwyższą średnią zawartością wolnej karnityny charakteryzowało się mięso jagnięce (89,04 mg/100 g), natomiast najniższą kozie (73,56 mg/100 g). W jagnięcinie zawartość wolnej karnityny była wyższa o 13,1% w porównaniu z wołowiną oraz o 21% (P≤0,05) w porównaniu z kozłową. Stwierdzono także, że wołowina zawierała o 7,1% więcej wolnej karnityny niż kozłina (tab. 4). Porównując stosunek karnityny wolnej do całko-

witej w mięsie przeżuwaczy stwierdzono, że w jagnięcinie wynosił on 0,82, w wołowinie – 0,77, natomiast w kozłinie – 0,76.

W literaturze najczęściej znaleźć można prace dotyczące zawartości karnityny w wołowinie oraz jagnięcinie, niewiele natomiast jest badań, które określałyby poziom tego związku w kozłinie. Większość prac wskazuje jednak, że najlepszym źródłem karnityny w diecie człowieka jest jagnięcina i wołowina [11, 16, 21, 23].

Wpływ procesów technologicznych na zawartość karnityny w produktach pochodzenia zwierzęcego

W badaniach własnych wszystkie oznaczenia zawartości karnityny całkowitej i wolnej w mleku i mięsie wykonano w świeżym materiale, a próby pochodziły od zwierząt będących w podobnej fazie laktacji (mleko) oraz podobnym wieku i z tego samego mięśnia (mięso). Jest to istotne, gdyż – jak wskazują wyniki badań – zawartość karnityny w mleku zmienia się w trakcie trwania laktacji, natomiast w mięsie w zależności od wieku zwierzęcia i rodzaju tkanki mięśniowej [22, 24]. Również długotrwałe przechowywanie i obróbka mogą mieć wpływ na poziomu tego związku. L-karnityna bardzo dobrze rozpuszcza się w wodzie, dlatego większość procesów obróbki żywności, takich jak pasteryzacja, gotowanie czy smażenie, powoduje spadek jej zawartości w produktach [23]. Badania własne wykazały, że podczas 30-minutowej pasteryzacji mleka krowiego w temp. 75°C strata wolnej L-karnityny wynosiła 48,2%, natomiast w temp. 95°C aż 57,2% [18]. Na zawartość L-karnityny wpływa również czas przechowywania – w mleku mrożonym w temp. –18°C po 4 tygodniach zawartość karnityny obniżyła się o 23-25% [18].

Podsumowanie

Na podstawie przeprowadzonych badań należy stwierdzić, że produkty pochodzące od zwierząt przeżuwających stanowią bardzo cenne źródło L-karnityny w diecie człowieka, a jej zawartość zależy od rodzaju produktu (mięso, mleko), gatunku zwierzęcia (owca, krowa, koza) oraz zastosowanego procesu obróbki.

W diecie człowieka znacznie bogatszym źródłem całkowitej i wolnej karnityny jest mięso (odpowiednio: 102,6 i 80,4 mg/100 g) niż mleko (odpowiednio: 8,5 i 2,3 mg/100 ml) przy jednocześnie znacznie większej jej biodostępności – 0,78 z mięsa i 0,26 z mleka. Ponadto stwierdzono, że najwięcej tego związku zawierały produkty pochodzące od owiec, następnie od bydła, natomiast najmniej od kóz.

Wysoka zawartość L-karnityny w produktach pochodzących od przeżuwaczy jest o tyle ważna, że zaledwie 1/4 zapotrzebowania człowieka na L-karnitinę pochodzi z własnej syntezy i absorpcji zwrotnej w kanalikach nerkowych, natomiast pozostała część musi być dostarczona wraz z dietą. Ponadto L-karnityna zawarta w naturalnych składnikach pokarmowych charakteryzuje się znacznie większą biodostępnością (54-86%) niż obecna w preparatach doustnych/suplementach (15-18%), co wynika głównie z różnych sposobów jej transportu przez błony erytrocytów.

Należy również podkreślić, że ten ważny i niezbędny dla człowieka związek występuje przede wszystkim w produktach pochodzenia zwierzęcego, natomiast niewielkie jego ilości zawierają produkty pochodzenia roślinnego; stąd często niedobór karnityny występuje u wegetarian [11].

Literatura: 1. **Bieber L.L.**, 1998 – Annual Review of Biochemistry 57, 261-283. 2. **Bremer J.**, 1983 – Physiological Reviews 63, 1420-1480. 3. **Czczot H., Ścibior D.**, 2005 – Postępy Higieny i Medycyny

- Doświadczalnej 59, 9-19. 4. Demarquoy J., Georges B., Rigault C., Royer M.C., Clairet A., Soty M., Lekounougou S., Le Borgne F., 2004 – Food Chemistry 86, 137-142. 5. Foreman P.J., Perez-Polo J.R., Angelucci L., Ramacci M.T., Tagliatela G. 1995 – Progress in Neuro-Psychopharmacology & Biological Psychiatry 19 (1), 117-133. 6. Hoang B.X., Shaw D.G., Pham P., Levine S., 2007 – Medical Hypotheses 69, 262-272. 7. Jacyno E., Kołodziej A., Kamyczek M., Kawęcka M., Dziadek K., Pietruszka A., 2007 – Acta Veterinaria Brno 76, 595-600. 8. Janssens G.P., Rycke H., Hesta M. Wilde R.O.M., 1999 – Biotechnology: Technology 12, 231-234. 9. Karlic H., Lohninger A., 2004 – Nutrition 20, 709-715. 10. Kempen T.A., Odle J., 1992 – Journal of Chromatography 584, 157-165. 11. Knüttel-Gustavsén S., Harmeyer J., 2007 – Food Chemistry 105, 793-804. 12. Łacka A., Leszczyńska J. 2002 – Wiadomości Chemiczne 56 (3-4), 341-360. 13. Lohninger A., Pittner G., Pittner F., 2005 – Monatshefte für Chemie 136, 1255-1268. 14. Minkler P.E., Brass E.P., Hiatt W.R., Ingalls S.T., Hoppel C.L., 1995 – Analytical Biochemistry 231, 315-322. 15. Park Y.W., Juarez M., Ramosc M., Haenlein G.F.W., 2007 – Small Ruminant Research 68, 88-113. 16. Patkowska-Sokoła B., Bodkowski R., Aniołowski K., 2003 – Chemistry for Agriculture 4, 190-194. 17. Penn D., Dolderer M., Schmidt-Sommerfeld E., 1987 – Biology of the Neonate 52, 70-79. 18. Pękala J., Patkowska-Sokoła B., Bodkowski R., Dobrzański Z., Nowakowski P., Steininger M., Lochyński S., 2011 – Przemysł Chemiczny 80 (5), 978-982. 19. Pękala J., Patkowska-Sokoła B., Bodkowski R., Jamroz D., Nowakowski P., Lochyński S., Librowski T., 2011 – L-Carnitine – metabolic function and meaning in humans life. Curr. Drug Metab. (w druku). 20. Prokoratova V., Kvasnicka F., Sevcik R., Voldrich M., 2005 – Journal of Chromatography 1081, 60-64. 21. Pormsila W., Krähenbühl S., Hauser P.C., 2010 – Electrophoresis 31, 2186-2191. 22. Roos von N., de Vrese M., Schulte-Coerne H., Barth C.A., 1992 – Kieler Milchwirtschaftliche Forschungsberichte 44, 363-370. 23. Rigault C., Mazue F., Bernard A., Demarquoy J., Le Borgne F., 2008 – Meat Science 78, 331-335. 24. Shimada K., Sakuma Y., Wakamatsu J., Fukushima M., Sekikawa M., Kuchida K., Mikami M., 2004 – Meat Science 68, 357-362. 25. Snoswell A.M., Linzell J.L., 1975 – Journal of Dairy Research 42, 371-380. 26. Snoswell A.M., Henderson G.D., 1980 – Carnitine biosynthesis, metabolism and functions. Carnitine and metabolism in ruminant animals. Academic Press, New York, 191-205. 27. Steiber A., Kerner J., Hoppel C.L., 2004 – Molecular Aspects of Medicine 25, 455-473. 28. Vaz F.M., Wanders R.J.A., 2002 – Biochemical Journal 361, 417-429. 29. Wawrzeńczyk A., 2002 – Karnityna. Rola fizjologiczna i terapeutyczna. Monografie Biochemiczne nr 44. Polskie Towarzystwo Biochemiczne, Warszawa. 30. Woollard D.C., Indyk H.E., Woollard G.A., 1999 – Food Chemistry 66, 121-127. 31. Wutzke K.D., Lorenz H., 2004 – Metabolism 53, 1002-1006.

Badania przeprowadzono w ramach grantu Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego nr NN 311 019537.

Products of animal origin – the most important L-carnitine source in human diet Summary

The studies on food products composition are more often focused on searching for compounds which would demonstrate a profitable effect on human organism. They undoubtedly include L-carnitine that participates in lipids' metabolism, and its deficiency may lead to myopathy or cardiomyopathy. The study conducted demonstrated that the products of ruminants origin were a very rich source of L-carnitine and its amount depended on the kind of product (meat, milk), animal species (sheep, cow, goat) and the applied treatment process. Meat is a considerably more rich source of that compound in human diet when compared to milk, what is accompanied by its significantly higher bioavailability. It was observed moreover that the highest amounts of the discussed compound were contained in the products, coming from sheep, then, from cattle, and finally, from goats.

KEY WORDS: carnitine, physiological function, content in milk and meat