

**Michaela Petrovičová, Lukáš Hleba**

Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Fakulta Biotechnológie a potravinárstva

Tento článok je venovaný látke, ktorá je v literatúre a na internete mnohokrát preceňovaná. Jej účinky sú ale aj napriek tomu jedinečné a nepostrádateľné. Reč je o karnitíne alebo L-karnitíne, acetyl-L-karnitíne a propionyl-L-karnitíne. Jej najrozšírovanejšou a najznámejšou vlastnosťou je pomoc pri odbúravaní tukov - chudnutí. Je tomu naozaj tak? Ak áno, tak prečo ju nepredpisujú lekári na chudnutie obéznym ľuďom, ale ju odporúčajú ľuďom po prekonaní srdcového infarktu?



Zdroj: Pixabay

**Čo je to karnitín**

Karnitín existuje v dvoch podobách. Ako látka prírodná - tvorená našim telom a látka syntetická, ktorá je vyrábaná biotechnologickými spoločnosťami a je predávaná vo forme výživových doplnkov.

Ako prírodná látka sa nachádza a vyrába našim telom pomocou základných ingrediencií, ktorými sú lyzín a metionín (aminokyseliny), karnitín však dokážeme prijímať priamo z potravín, ako sú červené mäso, mliečne produkty (mlieko, syr), arašidové maslo alebo dokonca špargľa. Vegetariáni a vegáni môžu trpieť nedostatkom karnitínu, čo má za následok poruchu metabolizmu. U ľudí je až 75 % karnitínu prijímaného z jedla a 25 % je syntetizovaných v pečeni a obličkách. Karnitín koluje v krvi, je naviazaný na kostrové svalstvo a malé množstvo je uložené v obličkách.

## Funkcia

### **„Karnitín sa využíva denne na zabezpečenie energie“**

Hlavnou funkciou karnitínu je prenos tukov cez membránu mitochondrie, aby sa tuk premenil na energiu - ATP a koenzým A (CoA). Ak si ešte pamätáte z biológie na základnej škole, mitochondria zabezpečuje energiu pre bunku. Energiu dokáže vytvárať z tukov, ktoré však potrebujú „prevádzača“ cez inak nepriepustnú membránu, a tým je karnitín. Karnitín je teda využívaný len vtedy, keď tuk potrebuje previesť a na využitie prenosu musíte vytvoriť dopyt po energii - čiže fyzickú aktivitu. Karnitín sa využíva denne na zabezpečenie energie. Ak máte vysokú potrebu energie, karnitínu potrebujete viac. Energia ATP sa vytvára aj z cukrov a proteínov, pričom cukry majú prednosť vo výrobe energie pred tukmi. Ďalšie funkcie karnitínu zahŕňajú ochranu membrány mitochondrie, stabilizáciu CoA a zníženie množstva produkcie laktátu (kyseliny mliečnej v svaloch) a podľa laboratórnych testov je karnitín schopný zabrániť apoptóze - bunkovej smrti.

## Výživový doplnok

### **„podporuje regeneráciu svalov tým, že zabraňuje tvorbe kyseliny mliečnej“**

Jeho funkcia ako prenášača tuku cez membránu podporuje domnienku, že pokiaľ budeme konzumovať väčšie množstvo karnitínu, budeme skôr a efektívnejšie chudnúť. Táto myšlienka nie je pravdivá, nakoľko naše telo z uloženého tuku energiu vyrába iba pokiaľ ju potrebuje a v prípade, že má energie dostačujúce množstvo, karnitín sa nevyužíva a je buď uložený alebo vylúčený. Žiadne pokusy na redukciu hmotnosti s konzumáciou karnitínu, dokonca aj spojené s miernym fyzickým zaťažením, nemali výrazné výsledky na úbytok tuku ani u žien ani u mužov.

Schopnosť karnitínu redukovať množstvo kyseliny mliečnej, zodpovednej za vznik „svalovky“, podporil ďalšiu domnienku. Konzumácia karnitínu však nezvyšuje množstvá karnitínu v kostrovom svalstve ale len v krvi. To znamená, že nedokáže znížiť množstvá kyseliny mliečnej tvoriacej sa po fyzickej námahe. Výživový doplnok karnitínu, nielenže nemá výrazné pozitívne vlastnosti ale vo vysokých dávkach môže byť škodlivý. Koncentrácia karnitínu v tele 70 kg zdravého muža je približne 20 g. Terapeutické dávky karnitínu sa pohybujú v rozmedzí od 2-6 g na deň.

Už 3 g karnitínu denne môžu spôsobiť nevoľnosť, zvracanie, brušné krče, hnačky a nadprodukciiu látky TMA (trimetylamín), ktorá je zodpovedná za nepríjemný zápach. Okrem rybacieho zápachu je zodpovedná aj za zvýšené riziko kardiovaskulárnych ochorení.

## Výskum

### „zdá sa, že mitochondrie majú dostatočné množstvo karnitínu“

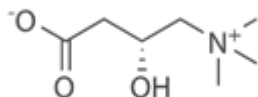
V roku 2004 Aoki a kolektív robili pokus na redukcii tuku pomocou karnitínu na potkanoch pričom potkany mali dennú fyzickú záťaž v podobe 60 minútového plávania počas 6 týždňov. Dokázali, že na redukcii tuku nemá vplyv konzumácia karnitínu ale vytrvalostné cvičenie. V roku 2005 Logfren a kolektív vyskúšali účinky karnitínu na 70 obéznych ženách pred menopauzou. Experiment pozostával z hypokalorickej diéty (30 % bielkovín, 30 % tukov, 40 % cukrov) ale nezistil žiadny efekt karnitínu na stratu hmotnosti. V roku 2018 Mor a kolektív skúmali vplyv l-karnitínu na 16 mladých mužoch (18-28) s fyzickou záťažou po dobu 7 dní, pričom nedokázali žiadny efekt na zmenu stavby tela ani kompozície. Výskum karnitínu na vytrvalosť športovcov dokázal, že zvýšená konzumácia karnitínu nevedie k zvýšeniu obsahu svalového karnitínu, ani nemení spracovanie tukov. 20 rokov výskumu nedokázalo výrazný vplyv karnitínu ako výživového doplnku na zlepšenie fyzického výkonu u zdravých ľudí. Zdá sa, že mitochondrie majú dostatočné množstvo karnitínu.

Karnitín sa netestuje len na športovcoch. Zaujímavé výsledky má aj z oblasti kardiológie. L-karnitín sa odporúča pacientom po prekonaní akútneho srdcového infarktu. Redukuje úmrtnosť o 27 %, ventrikulárne arytmie o 65 % a angíny o 40 %, ale neznižuje riziko srdcového zlyhania alebo infarktu myokardu. Aj tu však neočakávajte dlhodobé pozitívne účinky. Látka TMA sa vyrába črevnými baktériami z karnitínu, a následne je táto látka oxidovaná na látku TMAO (trimetylamín oxid) pomocou proteínov FMO. Zvýšené hladiny TMAO, produkovaného z karnitínu, zvyšujú riziko vzniku zlyhania obličiek, metabolického syndrómu, cukrovky, zlyhania srdca, vysokého krvného tlaku, aterosklerózy a poruchy vstrebávania tukov, čo v konečnom dôsledku vedie k zvýšenému riziku vážnych srdcových príhod. Z dôvodu rozličnej črevnej mikroflóry vegáni a vegetariáni produkujú menej TMAO v porovnaní s „mäsožravcami“.

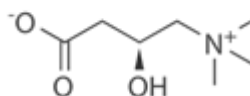
Pozitívne účinky karnitínu dokázali neurológovia na pacientoch s ochabnutým svalstvom po prekonaní cievnej mozgovej príhody.

Výskumy na pacientoch s rakovinou pomohli zvýšiť množstvá karnitínu u tých, ktorým sa počas chemoterapie znížil objem krvného karnitínu. Zlepšenie bolo zaznamenané v lepšej kvalite spánku, a znížením únavy.

## Výroba



### L-karnitín



### D-karnitín

Syntetická výroba musí byť efektívna a spoľahlivá. Zatiaľ, čo naše telo vyrába karnitín z aminokyselín a prostredníctvom rôznych enzýmov v biotechnologických firmách sa využívajú dve metódy výroby - chemická výroba z racemickej zmesi (zmes, v ktorej sa nachádza spolu

L- aj D-karnitín) alebo mikrobiálna výroba

L-karnitínu. L-karnitín sa konzumuje v obrovských množstvách - v stovkách ton ročne, takže firmy musia byť efektívne a rýchle. Produkcia pomocou mikroorganizmov produkuje o 50 % menej organického odpadu, o 25 % menej odpadovej vody a o 90 % menej odpadu zo spalovania ako chemický proces. Pri chemickej výrobe dochádza k tvorbe L-karnitínu a D-karnitínu z epichlórhydrínu. Nejedná sa o dve látky, jedná sa stále o čistý karnitín, len má trochu pozmenenú orientáciu. Naš metabolizmus sa vyvinul tak, že prijímame len L-formu akejkoľvek aminokyseliny, takže len L-karnitín je pre nás naozaj využiteľný. D-karnitín je pre nás nielenže nevyžiteľný, ale v prípade konzumácie spolu s L-karnitínom neumožňuje vstrebávanie a využitie L-karnitínu. Preto sa v procese výroby D-karnitín odstraňuje tým, že sa pomocou mikroorganizmov *Escherichia*, *Enterobacter*, *Salmonella*, *Proteus*, *Serratia*, *Pseudomonas*, *Citrobacter*, *Mucor*, *Fusarium* odstraňuje alebo sa pomocou bakteriálnych enzýmov mení na L-formu. Ďalšie metódy výroby zahŕňajú výrobu karnitínu pomocou mikroorganizmov z chemických látok ako cronobetaine tým, že z takejto látky priamo vytvoria L-karnitín. Poslednou metódou je výroba L-karnitínu mikroskopickými hubami *Aspergillus*, *Penicillium*, *Acremonium* alebo *Rhizopus*. L-karnitín sa ukladá v podhubí, z ktorého je aj izolovaný.

### Záver

Karnitín a my sme naozaj neoddeliteľní. Potrebujeme túto látku, ale jej nadmerná konzumácia nám neprospeje. Každá látka nášho tela môže byť škodlivá, presne ako povedal

Paracelsus - „*sola dosis facit venenum*“ - iba dávka robí jed.

### **Použitá literatúra**

Adeva-Andany, M. M., Carneiro-Freire, N., Seco-Filgueira, M., Fernández-Fernández, C., & Mouriño-Bayolo, D. (2018). Mitochondrial  $\beta$ -oxidation of saturated fatty acids in humans. *Mitochondrion*. <https://doi.org/10.1016/j.mito.2018.02.009>

Al-Rubaye, H., Perfetti, G., & Kaski, J.-C. (2018). The Role of Microbiota in Cardiovascular Risk: Focus on Trimethylamine Oxide. *Current Problems in Cardiology*. <https://doi.org/10.1016/j.cpcardiol.2018.06.005>

Aoki, M. S., Almeida, A. L. R. A., Navarro, F., Costa-Rosa, L. F. B. P., & Bacurau, R. F. P. (2004). Carnitine Supplementation Fails to Maximize Fat Mass Loss Induced by Endurance Training in Rats. *Annals of Nutrition and Metabolism*, 48(2), 90-94. <https://doi.org/10.1159/000077043>

Barnett, C., Costill, D. L., Vukovich, M. D., Cole, K. J., Goodpaster, B. H., Trappe, S. W., & Fink, W. J. (1994). Effect of L-Carnitine Supplementation on Muscle and Blood Carnitine Content and Lactate Accumulation during High-Intensity Sprint Cycling. *International Journal of Sport Nutrition*, 4(3), 280-288. <https://doi.org/10.1123/ijnsn.4.3.280>

Brandsch, C., & Eder, K. (2002). Effect of L-Carnitine on Weight Loss and Body Composition of Rats Fed a Hypocaloric Diet. *Annals of Nutrition and Metabolism*, 46(5), 205-210. <https://doi.org/10.1159/000065408>

Cánovas, M., & Iborra, J. L. (2005). Whole cell biocatalysts stabilization for l-carnitine production. *Biocatalysis and Biotransformation*, 23(3-4), 149-158. <https://doi.org/10.1080/10242420500219040>

Castellar, M. R., Cánovas, M., Kleber, H. P., & Iborra, J. L. (1998). Biotransformation of D(+)-carnitine into L(-)-carnitine by resting cells of Escherichia coli O44 K74. *Journal of Applied Microbiology*, 85(5), 883-890. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2672.1998.00601.x>

Castellar, M. R., Obón, J. M., Marán, A., Cánovas, M., & Iborra, J. L. (2001). L(-)-carnitine production using a recombinant Escherichia coli strain. *Enzyme and Microbial Technology*, 28(9), 785-791. [https://doi.org/10.1016/S0141-0229\(01\)00332-5](https://doi.org/10.1016/S0141-0229(01)00332-5)

Center, S. A., Warner, K. L., Randolph, J. F., Sunvold, G. D., & Vickers, J. R. (2012). Influence of dietary supplementation with l-carnitine on metabolic rate, fatty acid oxidation,



body condition, and weight loss in overweight cats. *American Journal of Veterinary Research*, 73(7), 1002-1015. <https://doi.org/10.2460/ajvr.73.7.1002>

Chen, Y., Fang, S., Liu, H., Zheng, H., He, Y., Chen, Z., ... Zhou, H. (2018). Degradation of trimethylamine in vitro and in vivo by *Enterococcus faecalis* isolated from healthy human gut. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 135, 24-32. <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2018.09.005>

Dąbrowska, M., & Starek, M. (2014). Analytical approaches to determination of carnitine in biological materials, foods and dietary supplements. *Food Chemistry*, 142, 220-232. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.06.137>

Endo, S., Takahashi, T., Sato, M., Noya, Y., & Obana, M. (2018). Effects of l-Carnitine Supplementation, Botulinum Neurotoxin Injection, and Rehabilitation for a Chronic Stroke Patient. *Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases*, 27(11), 3342-3344. <https://doi.org/10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2018.07.033>

Greig, C., Finch, K. M., Jones, D. A., Cooper, M., Sargeant, A. J., & Forte, C. A. (1987). The effect of oral supplementation with l-carnitine on maximum and submaximum exercise capacity. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 56(4), 457-460. <https://doi.org/10.1007/BF00417775>

Guebel, D. V., Torres, N. V., & Cánovas, M. (2006). Modeling analysis of the l(-)-carnitine production process by *Escherichia coli*. *Process Biochemistry*, 41(2), 281-288. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2005.08.013>

Karlic, H., & Lohninger, A. (2004). Supplementation of l-carnitine in athletes: does it make sense? *Nutrition*, 20(7), 709-715. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2004.04.003>

Lofgren, I. E., Herron, K. L., West, K. L., Zern, T. L., Brownbill, R. A., Ilich, J. Z., ... Fernandez, M. L. (2005). Weight Loss Favorably Modifies Anthropometrics and Reverses the Metabolic Syndrome in Premenopausal Women. *Journal of the American College of Nutrition*, 24(6), 486-493. <https://doi.org/10.1080/07315724.2005.10719494>

Longo, N., Frigeni, M., & Pasquali, M. (2016). Carnitine transport and fatty acid oxidation. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Molecular Cell Research*, 1863(10), 2422-2435. <https://doi.org/10.1016/j.bbamcr.2016.01.023>

Mor, A., Baynaz, K., İpekoğlu, G., Arslanoğlu, C., Acar, K., Arslanoğlu, E., & Çakir, H. İ. (2018). Effect of L-Carnitine Supplementation on Weight Loss and Body Composition of

Taekwondo Players. *Spor Eğitimi Dergisi*, 2(Özel Sayı 1), 1-8.

Naidu, G. S. N., Lee, I. Y., Lee, E. G., Kang, G. H., & Park, Y. H. (2000). Microbial and enzymatic production of l-carnitine. *Bioprocess Engineering*, 23(6), 627-635. <https://doi.org/10.1007/s004490000212>

Obón, J., Maiquez, J. R., Canovas, M., Kleber, H.-P., & Iborra, J. (1997). l(-)-Carnitine production with immobilized *Escherichia coli* cells in continuous reactors. *Enzyme and Microbial Technology*, 21(7), 531-536. [https://doi.org/10.1016/S0141-0229\(97\)00063-X](https://doi.org/10.1016/S0141-0229(97)00063-X)

Soop, M., Bjorkman, O., Cederblad, G., Hagenfeldt, L., & Wahren, J. (1988). Influence of carnitine supplementation on muscle substrate and carnitine metabolism during exercise. *Journal of Applied Physiology*, 64(6), 2394-2399. <https://doi.org/10.1152/jappl.1988.64.6.2394>

Trappe, S. W., Costill, D. L., Goodpaster, B., Vukovich, M. D., & Fink, W. J. (1994). The Effects of L-Carnitine Supplementation on Performance During Interval Swimming. *International Journal of Sports Medicine*, 15(4), 181-185. <https://doi.org/10.1055/s-2007-1021044>

Ussher, J. R., Lopaschuk, G. D., & Arduini, A. (2013). Gut microbiota metabolism of l-carnitine and cardiovascular risk. *Atherosclerosis*, 231(2), 456-461. <https://doi.org/10.1016/j.atherosclerosis.2013.10.013>

Vardon Bounes, F., Faure, G., Rouget, A., Conil, J.-M., Georges, B., Geeraerts, T., ... Delmas, C. (2018). Plasma free carnitine in severe trauma: Influence of the association with traumatic brain injury. *Injury*, 49(3), 538-542. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2017.11.005>

Villani, R. G., Gannon, J., Self, M., & Rich, P. A. (2000). L-Carnitine Supplementation Combined with Aerobic Training Does Not Promote Weight Loss in Moderately Obese Women. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 10(2), 199-207. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.10.2.199>

Volek, J. S., Kraemer, W. J., Rubin, M. R., Gómez, A. L., Ratamess, N. A., & Gaynor, P. (2002). l-Carnitine l-tartrate supplementation favorably affects markers of recovery from exercise stress. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, 282(2), E474-E482. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.00277.2001>

Vukovich, M. D., Costill, D. L., & Fink, W. J. (1994). Carnitine supplementation: effect on muscle carnitine and glycogen content during exercise. *Medicine and science in sports and*

*exercise*, 26(9), 1122-1129.

Wall, B. T., Stephens, F. B., Constantin-Teodosiu, D., Marimuthu, K., Macdonald, I. A., & Greenhaff, P. L. (2011). Chronic oral ingestion of l-carnitine and carbohydrate increases muscle carnitine content and alters muscle fuel metabolism during exercise in humans. *The Journal of Physiology*, 589(4), 963-973. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2010.201343>

Wang, Z.-Y., Liu, Y.-Y., Liu, G.-H., Lu, H.-B., & Mao, C.-Y. (2018). l-Carnitine and heart disease. *Life Sciences*, 194, 88-97. <https://doi.org/10.1016/j.lfs.2017.12.015>

Zammit, V. A., Ramsay, R. R., Bonomini, M., & Arduini, A. (2009). Carnitine, mitochondrial function and therapy. *Advanced Drug Delivery Reviews*, 61(14), 1353-1362. <https://doi.org/10.1016/j.addr.2009.04.024>