

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra mikrobiologie, výživy a dietetiky**



**Fakulta agrobiologie,  
potravinových a přírodních zdrojů**

**Spalovače tuků ve sportovní výživě**

**Bakalářská práce**

**Petra Machníková**

**Výživa a potraviny**

**Ing. Zuzana Hroncová, Ph.D.**

© 2023 ČZU v Praze

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Spalovače tuků ve sportovní výživě" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 12. 4. 2023

---

## **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala Ing. Zuzaně Hroncové, Ph.D. za pomoc, ochotu, cenné rady a čas, který mi věnovala po celou dobu zpracování této práce. Dále bych chtěla poděkovat své rodině, která mě po celou dobu mého studia podporovala.

# Spalovače tuků ve sportovní výživě

## Souhrn

Spalovače tuků jsou v dnešní době velice populární doplněk stravy především ve sportovní výživě. Sportovci ale i běžná populace, využívají tuto suplementaci hlavně za účelem redukce hmotnosti. Vrcholoví sportovci užívají spalovače tuků také pro dosažení maximálních výsledků.

Mají spalovače tuků opravdu takové účinky, jak si lidé domnívají? Většina populace je přesvědčena, že zázračné pilulky či nějaké nápoje jim pomohou k vysněné postavě. Tak to bohužel ale není, spalovače tuků opravdu pomáhají rychleji spalovat tuky, ale pokud člověk nedodrží správnou stravu, tak žádné pilulky ani čaje nepomůžou. To platí i pro zlepšení sportovního výkonu. Tato suplementace může sportovci pomoci pro dosažení maximálního výkonu, ale pouze tehdy když jedinec bude dodržovat správně nastavenou stravu, tréninkový plán, bude mít kvalitní spánek apod. Také záleží, jaký spalovač tuků sportovec zvolí, jelikož každý má jinou intenzitu účinku na redukci tuků i na sportovní výkon.

Příznivé výsledky na snížení tělesného tuku a také na sportovní výkon jsou zjištěny u suplementace kofeinu, guarany a yerba mate, která kromě termogenního účinku také snižuje chuť k jídlu a zvyšuje sytost, což velice rádi sportovci uvítají, když jsou v předsoutěžní přípravě a musejí být v kalorickém deficitu. Kofein má dále kladný vliv na silový výkon, jelikož u mnoha studií bylo zaznamenáno snížení vnímání námahy a bolesti. Také suplementace kofeinu má pozitivní výsledky jak u vytrvalostních sportů, tak u přerušovaných sprintů. Na druhou stranu suplementace těchto látek může mít i nepříznivé vlivy na lidský organismus, a to v podobě bolení hlavy, zvýšení krevního tlaku, zvýšené srdeční frekvence, nespavosti a další. U L-karnitinu v současné době neexistuje dostatek důkazů pro doporučení suplementace L-karnitinu pro zlepšení oxidaci tuků. I pro úplné potvrzení, že L-karnitin zvyšuje sportovní výkony, je zapotřebí více studií. Co se týče suplementace chitosinu, tak ten má sice pozitivní vliv na redukci tělesné hmotnosti, ale je zanedbatelný podle posledních studií.

V současné době není dostatek údajů o účinku těchto doplňků (kromě kofeinu) na lidské tělo, takže jsou zapotřebí další studie. Do budoucna je nutné provést rozsáhlejší výzkumy, které by zkoumaly účinky při užívání vícero suplementů najednou.

**Klíčová slova:** sportovní výkon; L-karnitin; chitosan; guarana; kofein; yerba mate

# Fat burners in sports nutrition

## Summary

Fat burners are nowadays a very popular dietary supplement especially in sports nutrition. Athletes but also the general population use this supplementation mainly for the purpose of weight reduction. Top athletes also use fat burners to achieve maximum results.

Do fat burners really have the effects people think they do? Most of the population is convinced that miracle pills or some drinks will help them achieve their dream figure. Unfortunately, this is not the case, fat burners do help burn fat faster, but if a person does not follow a proper diet, no pills or teas will help. This is also true for improving athletic performance. This supplementation can help an athlete to achieve maximum performance, but only if the individual follows a proper diet, training plan, gets quality sleep, etc. It also depends on which fat burner the athlete chooses, as each has a different intensity of effect on fat reduction and athletic performance.

Beneficial results on body fat reduction and also on athletic performance have been found with caffeine, guarana and yerba mate supplementation, which, in addition to its thermogenic effect, also reduces appetite and increases satiety, which is very welcome for athletes when they are in pre-competition training and have to be in a calorie deficit. Caffeine also has a positive effect on strength performance, as many studies have noted a reduction in perception of exertion and pain. Caffeine supplementation also has positive results in both endurance sports and intermittent sprints. On the other hand, supplementation of these substances can also have adverse effects on the human body, in the form of headaches, increased blood pressure, increased heart rate, insomnia and more. For L-carnitine, there is currently insufficient evidence to recommend L-carnitine supplementation to improve fat oxidation. Even to fully confirm that L-carnitine enhances athletic performance, more studies are needed. As for chitosin supplementation, although it has a positive effect on weight loss, it is negligible according to recent studies.

There is currently insufficient data on the effect of these supplements (other than caffeine) on the human body, so further studies are needed. More extensive research is needed in the future to investigate the effects of taking multiple supplements at the same time.

**Keywords:** athletic performance; L-carnitine; chitosan, guarana; caffeine; yerba mate

# Obsah

<b>1 Úvod.....</b>	<b>- 8 -</b>
<b>2 Cíl práce.....</b>	<b>- 9 -</b>
<b>3 Literární rešerše.....</b>	<b>- 10 -</b>
<b>3.1 Sportovní výživa.....</b>	<b>- 10 -</b>
3.1.1 Makronutrienty.....	- 10 -
3.1.1.1 Bílkoviny.....	- 11 -
3.1.1.2 Sacharidy.....	- 14 -
3.1.1.3 Tuky.....	- 16 -
3.1.2 Mikronutrienty.....	- 19 -
3.1.3 Pitný režim.....	- 21 -
<b>3.2 Vliv vybraných suplementů na lidský organismus.....</b>	<b>- 22 -</b>
3.2.1 L – karnitine.....	- 22 -
3.2.1.1 Vliv suplementace L-karnitinu na lidský organismus.....	- 23 -
3.2.1.2 Doporučený příjem.....	- 24 -
3.2.2 Chitosan.....	- 25 -
3.2.2.1 Vliv suplementace chitosinu na lidský organismus.....	- 25 -
3.2.2.2 Doporučený příjem.....	- 26 -
3.2.3 Guarana.....	- 26 -
3.2.3.1 Vliv suplementace guarany na lidský organismus.....	- 26 -
3.2.3.2 Doporučený příjem.....	- 27 -
3.2.4 Kofein.....	- 28 -
3.2.4.1 Vliv suplementace kofeinu na lidský organismus.....	- 28 -
3.2.4.2 Doporučený příjem.....	- 30 -
3.2.5 Yerba mate.....	- 30 -
3.2.5.1 Vliv suplementace yerba mate na lidský organismus.....	- 31 -
3.2.5.2 Doporučený příjem.....	- 32 -
<b>3.3 Vybrané spalovače tuků ve sportovní výživě.....</b>	<b>- 33 -</b>
3.3.1 Vliv suplementace L-karnitinu na sportovní výkon.....	- 33 -
3.3.2 Vliv suplementace chitosinu na sportovní výkon.....	- 35 -
3.3.3 Vliv suplementace guarana na sportovní výkon.....	- 37 -

3.3.4	Vliv suplementace kofeinu na sportovní výkon .....	- 38 -
3.3.5	Vliv suplementace yerba mate na sportovní výkon .....	- 39 -
<b>4</b>	<b>Závěr.....</b>	<b>- 41 -</b>
<b>5</b>	<b>Literatura.....</b>	<b>- 42 -</b>
<b>6</b>	<b>Seznam použitých zkratk a symbolů .....</b>	<b>- 56 -</b>
<b>7</b>	<b>Seznam tabulek a obrázků .....</b>	<b>- 57 -</b>
7.1	Seznam tabulek.....	- 57 -
7.2	Seznam obrázků .....	- 57 -

# 1 Úvod

V dnešní době je pojem spalovače tuků velice populární zvláště u sportovců. Bohužel většina z nich (hlavně začátečníci) si myslí, že pomocí zázračného prášku nebo pilulky budou mít vyrýsovanou postavu nebo se jim při užívání doplňků stravy zlepší výkony za pouhých pár dní.

Tak to ale nefunguje. Nejdůležitější věci při zlepšení sportovního výkonu dosažení určitého sportovního cíle je plnohodnotná strava, tréninkový plán, regenerace, pitný režim a spánek. Teprve na posledním místě jsou doplňky stravy. Při hubnutí je primární, být v kalorickém deficitu. Což znamená, že energetický příjem musí být menší než energetický výdej. Pokud je toto splněno je možné začít i s doplňkem stravy jako jsou spalovače tuků. Spalovače tuků mohou pomoci urychlit dosažení sportovního cíle. Sportovci by ale měli mít stále na paměti, že se jedná pouze o doplněk stravy nikoliv o náhradu pestré stravy. Důležité je si také uvědomit, že spalovače tuků či jiné doplňky stravy mají doporučenou denní dávku, která by se neměla překračovat.

Ve své bakalářské práci jsem se zabývala pěti spalovači tuků (kofein, L-karnitin, guarana, yerba mate a chitosan) používanými ve sportovní výživě. Zaměřila jsem se na jejich účinek na naše zdraví, metabolismus tuků, a také jestli jejich užívání opravdu pomůže sportovcům zlepšit sportovní výkony či cíle.



## **2 Cíl práce**

Cílem této bakalářské práce je zpracovat přehlednou literární rešerši zaměřenou na porovnání vybraných spalovačů tuků a zodpovědět otázku, který z nich je nejúčinnější a aktivně podporuje odbourávání tuků.

## 3 Literární rešerše

### 3.1 Sportovní výživa

Sportovec potřebuje energii jak pro správné fungování těla, tak pro zajištění optimálního výkonu, regeneraci svalů po tréninku, zlepšování fyzické zdatnosti nebo také pro udržení či budování svalové hmoty. Zdrojem energie a stavebních látek je pro sportovce především vyvážená strava, která obsahuje dostatek všech živin (sacharidy, tuky, bílkoviny, minerální látky, vitaminy, voda) (Daries 2012). Sacharidy, tuky jsou pro sportovce především zdrojem energie a bílkoviny slouží primárně jako strukturální a stavební substráty. Minerální látky, vitaminy a voda sice nejsou zdrojem energie, ale jejich příjem je důležitý, jelikož se účastní biochemických, metabolických a imunitních procesů v lidském těle (Woodruff 2016).

Živiny se v těle rozkládají tak, aby poskytly určité množství energie, kterou by měl sportovec přijmout během dne. Je to velice individuální, záleží na věku, pohlaví, genetice, sportovní zátěži apod. To samé také platí pro rozvržení množství jednotlivých makronutrientů, kde opět bude záležet na řadě faktorů a to především na typu sportu (Lanham-New et al. 2011). Doporučené denní dávky (DDD) mikronutrientů pro sportovce nejsou dodnes přesně známy. Uvádí se, že jejich příjem by neměl překročit dvojnásobek doporučené denní dávky. Pouze při nedostatečném příjmu vitaminů může docházet ke zhoršení sportovní výkonnosti, ale jejich nadbytek sportovní výkon nezvyšuje. Proto není nutné, aby ve sportovní výživě byl nadbytek (větší množství než DDD) vitaminů a minerálních látek (Daries 2012). Pitný režim sportovců by měl být vyšší než běžné populace, a to především kvůli vyšší ztrátě tekutin v podobě potu, ke které dochází během fyzické aktivity (Woodruff 2016).

#### 3.1.1 Makronutrienty

Makroživiny jsou organické látky, které se v našem těle přemění pomocí biochemických reakcí na energii, která zajistí bazální metabolismus a my můžeme pracovat, cvičit, učit se apod. Za makroživiny se považují tři základní složky potravin – sacharidy, bílkoviny a tuky (Institute of Medicine 2005). Dle WHO je doporučovaný trojpoměr živin 55 % sacharidů, 15 % bílkovin a 30 % tuků (55:15:30). Toto doporučení je ale pro běžnou populaci. Sportovci či lidé, kteří mají fyzicky náročnou práci, budou mít tento poměr odlišný. Například vytrvalostní sportovci, kteří potřebují větší příjem sacharidů kvůli dlouho trvajícím výkonům, mohou mít trojpoměr 65:15:20. Naopak u silových sportovců, kteří mají za cíl navýšit svoji svalovou hmotu a jejich tréninky netrávají déle jak 90 minut, se jejich trojpoměr může pohybovat okolo 55:20:25. Bohužel neexistuje přesně definovaný trojpoměr živin, který by seděl pro každého jedince z dané kategorie. Z toho plyne, že trojpoměr živin je velice individuální (Driskell 2007).

Naše tělo získává energii pomocí makroživin. Tato energie ale není u všech makroživin stejná. Sacharidy a bílkoviny mají stejnou energetickou hodnotu, ale tuky mají na rozdíl od bílkovin a sacharidů dvojnásobnou energetickou hodnotu. Energetická hodnota živiny nám udává, kolik energie přijmeme po sněžení 1g živiny (tabulka 1) (Lanham-New et al. 2011).

**Tabulka 1:** Energetická hodnota jednotlivých živin (Lanham-New et al. 2011)

Živina	Energie v kcal	Energie v kJ
Sacharidy	4,1 kcal/g	17,2 kJ/g
Bílkoviny	4,1 kcal/g	17,2 kJ/g
Tuky	9,3 kcal/g	38,9 kJ/g

### 3.1.1.1 Bílkoviny

Bílkoviny neboli proteiny jsou nezbytné makroživiny v lidské výživě. V lidském těle zastávají několik funkcí – strukturní, enzymatickou, hormonální, transportní anebo také ochrannou funkci. Jsou také jediným zdrojem dusíku a esenciálních aminokyselin, proto je velmi důležité mít v lidské stravě dostatek bílkovin. Ve sportovní výživě hrají bílkoviny další důležitou roli při regeneraci, růstu síly a nárůstu svalových vláken. (Institute of Medicine 2005).

Bílkoviny jsou organické sloučeniny nazývané biopolymery. Jsou složeny z více než 100 aminokyselinových jednotek (AMK) a jednotlivé aminokyseliny jsou spojeny peptidovou vazbou. Pokud je v řetězci méně než 100 aminokyselinových jednotek, nejedná se o vlastní bílkoviny, ale o tzv. peptidy, které se dále dělí na dipeptidy, oligopeptidy nebo polypeptidy. V lidském těle se nachází pouze 21 aminokyselin (tabulka 2 a tabulka 3) a tělo si z těchto aminokyselin dokáže vytvořit bílkoviny. Jedná se o tzv. biogenní, kódované L- $\alpha$ -aminokyseliny. Kódované proto, že pro každou aminokyselinu v lidském těle existuje genetický kód (Li-Chan & Lacroix 2017). Výše jsem zmínila, že bílkoviny mají různou funkci, je to dáno tím, že každá bílkovina má jiné složení aminokyselin (tzv. aminokyselinové spektrum), odlišné pořadí aminokyselin (tzv. sekvence aminokyselin) a také rozdílnou strukturu neboli prostorové uspořádání aminokyselin v řetězci (tzv. konformaci) (Institute of Medicine 2005).

**Tabulka 2:** Proteinogenní aminokyseliny v lidském těle (Li-Chan & Lacroix 2017)

Alifatické nepolární AMK	glycin (Gly), alanin (Ala), valin (Val), leucin (Leu), isoleucin (Ile), methionin (Met), prolin (Pro)
Nenabitě polární AMK	asparagin (Asn), glutamin (Gln), cystein (Cys), serin (Ser), threonin (Thr)
Kladně nabitě AMK	arginin (Arg), histidin (His), lysin (Lys)

Záporně nabité AMK	kyselina asparagová (Asp), kyselina glutamová (Glu)
Aromatické AMK	fenylalanin (Phe), tyrosin (Tyr), tryptofan (Trp)

**Tabulka 3:** Esenciální, semiesenciální a neesenciální aminokyseliny (Lanham-New et al. 2011)

Esenciální AMK	Semiesenciální AMK	Neesenciální AMK
Valin	Arginin	Alanin
Leucin	Histidin	Kys. asparagová
Isoleucin		Asparagin
Fenylalanin		Cystein
Tryptofan		Kys. glutamová
Lysin		Glutamin
Methionin		Glycin
Threonin		Prolin
		Serin
		Tyrosin

Dále je podstatná kvalita bílkovin. Bílkoviny se dělí na plnohodnotné a neplnohodnotné. Kvalitu bílkovin určuje aminokyselinové spektrum a zejména zastoupení esenciálních aminokyselin (tabulka 3). Kvalitu bílkovin lze určit například pomocí biologické hodnoty bílkovin, aminokyselinového skóre nebo metody PDCAAS (Protein Digestibility-Corrected Amino Acid Score). PDCAAS byla přijata FAO/WHO jako preferovaná metoda pro měření hodnoty bílkovin v lidské stravě, protože zohledňuje stravitelnost bílkovin, a to i v celém gastrointestinálním traktu. Čím je toto číslo vyšší, tak tím je to prospěšnější pro naše tělo, jelikož tělo může využít více aminokyselin z daného zdroje bílkovin k proteosyntéze. Nejhodnotnějším zdrojem bílkovin v lidské výživě je vaječný bílek, dále syrovátkový protein, celé vejce, sojový protein a maso. Zde se hodnoty pohybují v rozmezí 0,96–1. Horší hodnoty PDCAAS mají rostlinné zdroje bílkovin, kde se hodnota pohybuje spíše mezi 0,4–0,7 (výjimka sojový a hrachový protein). Tyto stanovené hodnoty daných zdrojů bílkovin mohou být v určitých mezích odlišné pro každého z nás. Důvodem je rozdílný věk, váha, pohlaví, zdravotní stav, fyzická aktivita a také stravě (Schaafsma 2000).

Plnohodnotné bílkoviny jsou obsažené v mase, vejcích, mléčných výrobcích i v syrovátkovém proteinu. Neplnohodnotné bílkoviny jsou například rostlinné bílkoviny, které mají ve svém aminokyselinovém spektru tzv. limitující aminokyseliny (například luštěniny – methionin nebo obiloviny – lysin). Tyto aminokyseliny jsou v rostlinné bílkovině zastoupeny výrazně méně než ostatní aminokyseliny, a tudíž rozhodují o využitelnosti bílkovin (Lanham-New et al. 2011)

Dle WHO by člověk měl přijmout minimálně 0,8 g bílkovin na 1 kilogram tělesné hmotnosti za den (Referenční hodnoty pro příjem živin 2011). Tato hodnota je minimální, tudíž čím více se pak člověk hýbe a má více fyzicky náročnou práci, tím pádem bude potřebovat i více bílkovin (tabulka 4). Množství bílkovin v jedné porci jídla by mělo být 20–40 g bílkovin. Pokud porce obsahuje více jak 40 g bílkovin, lidské tělo dokáže využít z jedné porce maximálně 40 g bílkovin a ten zbytek bílkovin jde do aminokyselinového poolu, proto není nutné jíst velké množství bílkovin v jedné porci jídla. Mnohem efektivnější je jíst každé 2–4 hodiny menší porce, které budou obsahovat 20–40 g kvalitních bílkovin, aby se proteinová syntéza (proteosyntéza) udržela v rovnováze. Podle WHO se doporučuje, aby příjem bílkovin byl 15 % z celkového denního energetického příjmu (EP), ale u sportovců to může být až klidně i 30 % z celkového denního EP. Vždy záleží podle pohybové aktivity jedince (Phillips & Van Loon 2011).

**Tabulka 4:** Dávkování bílkovin v gramech na kg tělesné hmotnosti za den (Phillips & Van Loon 2011)

Období	Příjem bílkovin (na kg tělesné hmotnosti za den)
Doporučení pro běžnou populaci (RDA, 1989)	0,8 g
Pracující	0,8–1,2 g
Senioři	1,2–1,5 g
Silový trénink	1,4–2,0 g
Redukční dieta (běžná populace)	1,5–2,0 g
Sportovci obecně	1,8–2,7 g

Stejně jako nízký, tak i vysoký příjem bílkovin může mít negativní vliv na naše zdraví. Bývá to převážně u lidí, kteří trpí onemocněním ledvin, jater nebo tehdy pokud jedinec, který jí malé množství bílkovin (například pouze 0,5 g/kg/den) a ze dne na den prudce navýší množství bílkovin na 3 g/kg/den. V těchto případech opravdu může vysoký obsah bílkovin ohrozit naše zdraví. Přináší výrazné zatížení ledvin, zvyšuje riziko tvorby kamenů, snižuje odhadovanou rovnováhu vápníku a může zvýšit riziko ztráty kostní hmoty (Reddy et al. 2002). Poškození ledvin také může nastat, pokud není dostatečný pitný režim. Jinak strava s vysokým množstvím bílkovin nevede u zdravých jedinců k poškození ledvin (Poortmans & Dellalieux 2000). Dále bylo prokázáno, že dlouhodobé zvýšené množství bílkovin u sportovců v rozmezí 1,5–2,5 gramů na kilogram tělesné hmotnosti nemá žádný negativní účinky na zdraví jedinců (Aragon et al. 2017). Naopak vysoké množství bílkovin může mít pozitivní vliv na redukce tuku (Antonio et al. 2014) anebo i na krevní tlak (Buendia et al. 2015).

Zdrojem bílkovin je především maso, mléčné výrobky, vejce (vaječné bílky), rostlinné bílkoviny, syrovátkový protein. Maso je jedním z nejběžnějších zdrojů bílkovin. Výbornou volbou je hovězí zadní a svíčková. Ty obsahují nejkvalitnější a nejbohatší spektrum aminokyselin. Dále není špatnou volbou vepřová panenka, bílé drůbeží maso (kuřecí a krůtí), králičí maso a zvěřina. Ostatní kusy (hovězí přední, kuřecí stehna, krkovice) obsahují více tuku. V jídelníčku by nemělo chybět rybí maso alespoň dvakrát týdně, například

losos, pstruh, treska či kvalitní steak z tuňáka. Ryby jsou kvalitním zdrojem nejen bílkovin, ale také esenciálních mastných kyselin, některých vitaminů a minerálních látek. Dalším zdrojem bílkovin jsou mléčné výrobky, například skyr, polotučné mléko, cottage, bílý jogurt, sýry. Neměli bychom zapomínat i na rostlinné bílkoviny. Mezi rostlinné zdroje bílkovin můžeme zařadit luštěniny, fermentovanou sóju jako jen například natto, miso, tempeh (Venderley & Campbell 2006; Gilbert et al. 2011).

### 3.1.1.2 Sacharidy

Sacharidy jsou pro nás základním zdrojem energie. Hlavním zdrojem energie pro lidi je D-glukosa, která je živinou pro každou buňku v lidském těle (mozek, červené krvinky, varlata, kůru ledvin a další) (Institute of Medicine 2005).

Jsou to látky, jejichž uhlíková kostra obsahuje navíc vždy hydroxylovou (-OH) a také může zahrnovat karbonylovou skupinu (-C=O). Z chemického hlediska se jedná o (poly)hydroxyaldehydy neboli (poly)hydroxyketony (Wrolstad 2012). Sacharidy dělíme na monosacharidy, disacharidy, oligosacharidy a polysacharidy. Mezi monosacharidy zařazujeme glukosu, fruktosu, galaktosu. Obsahují pouze jednu monosacharidovou jednotku. Disacharidy obsahují 2 sacharidové jednotky a jsou spojeny O-glykosidickou vazbou. Do této skupiny spadá laktosa, maltosa, sacharosa. Oligosacharidy obsahují 3–10 glykosidických jednotek. Poslední skupinou jsou polysacharidy, ty obsahují více jak 10 monosacharidových jednotek. Mezi polysacharidy se řadí glykogen, celulóza, glykolipidy, glykoproteiny a další. Z hlediska výživy dělíme sacharidy na jednoduché sacharidy (monosacharidy) a komplexní sacharidy (polysacharidy). Mezi základní funkce sacharidů patří funkce zásobní a strukturální (tabulka 5) (Lanham-New et al. 2011).

**Tabulka 5:** Základní funkce a zdroje sacharidů ve výživě člověka (Lanham-New et al. 2011)

Sacharidy	Základní funkce / zdroje ve výživě
Glukosa (monosacharidy)	Rychlý zdroj energie / ovoce, med
Fruktosa (monosacharidy)	Rychlý zdroj energie / ovoce, med
Sacharidy	Základní funkce / zdroje ve výživě
Galaktosa (monosacharidy)	Rychlý zdroj energie / mléko
Sacharosa (disacharid)	Rychlý zdroj energie / cukrová řepa, třtina, ovoce, stolní cukr
Laktosa (disacharid)	Rychlý zdroj energie / mléko a mléčné výrobky
Maltosa (disacharid)	Rychlý zdroj energie / obilí, pivo, meziproduct trávení škrobu
Rostlinný škrob (polysacharid)	Zásobní zdroj energie / brambory, obilniny, rýže
Glykogen (polysacharid)	Zásobní zdroj energie / maso, játra
Inulin (polysacharid)	Zásobní zdroj energie / čekanka, cibule, česnek, chřest
Celulóza (stavební polysacharid)	Nerozpustná vláknina v lidské výživě / zelené části rostlin

Glykogen neboli živočišný škrob se skládá až ze 120 000 molekul glukosy. Jeho struktura je velice podobná amylopektinu. V našem těle se produkuje ve svalech a v játrech (Adeva-Andany et al. 2016). Jaterního glykogenu je mnohem méně v porovnání se svalovým. Množství svalového glykogenu závisí na množství svalové hmoty, proto trénovaní sportovci mohou mít více než dvojnásobné zásoby glykogenu od běžné populace, která má ve svém těle asi 400 g glykogenu. Strukturu rostlinného škrobu tvoří dvě hlavní části amylosa a amylopektin, které jsou spojené  $\alpha(1-4)$  vazbou. Rostlinný škrob je důležitou složkou lidské výživy. Je obsažen především v bramborách, rýži, obilovinách a další (Daries 2012). Dalším polysacharidem je inulin, jeho struktura se skládá z fruktosových jednotek o různé délce (nejčastěji 20–30 jednotek fruktosy) zakončené glukosou. Počet fruktosových jednotek může být také menší, proto se občas řadí inulin i mezi oligosacharidy (Niness 1999). Naše tělo nedokáže inulin rozštěpit stejně jako glykogen, rostlinný škrob pomocí enzymu  $\alpha$ -amylázy. Inulin dokáže rozštěpit až bakteriální enzymy v tlustém střevě a je zdrojem energie střevní mikrobioty (Davidson & Maki 1999). Právě díky tomu se inulin považuje za velmi důležitý přírodní prebiotikum a v lidském organismu funguje jako rozpustná vláknina (Kolida et al. 2002). Inulin má sladkou chuť a téměř nulové kalorie, proto se ve sportovní výživě používá jako sladidlo (Niness 1999). Hlavní zdrojem je čekanka, ale vyskytuje se také v kořeni pampelišky, artyčoku a je také běžně obsažený v cibuli a česneku (Smith et al. 2015). Další důležitou složkou pro naše tělo je nerozpustná vláknina. Zdrojem nerozpustné vlákniny je celulóza (Lanham-New et al. 2011). Enzymy v našem těle ji nedokážou rozštěpit, kvůli tomu, že její struktura obsahuje  $\beta$ -vazby a ne  $\alpha$ -vazby jako glykogen, rostlinný škrob (Wrolstad 2012).

Doporučený příjem sacharidů na den je opět různý. Záleží na tom, jestli chce člověk pouze udržovat hmotnost, nabírat svalovou hmotu, rýsovat postavu (shazovat přebytečný tuk) a také na tom, jaká je intenzita tréninků. Zatímco u sportovců s nízkou tréninkovou zátěží nebo na redukční dietě by se příjem sacharidů měl pohybovat mezi 3–4 g sacharidů na kilogram tělesné hmotnosti za den, tak u většiny sportovců pokryje příjem sacharidů 5–10 g/kg tělesné hmotnosti za den (tabulka 6). Aby se zachoval správný chod metabolismu, tak by příjem sacharidů neměl klesnout pod 120–150 g sacharidů na den (Daries 2012).

**Tabulka 6:** Doporučený příjem sacharidů v gramech na kg tělesné hmotnosti za den (Daries 2012)

Sportovní zátěž / sportovní cíle	Doporučený příjem sacharidů (na kg tělesné hmotnosti za den)
Udržování hmotnosti	4–5 g
Nabírání svalové hmoty	5–7 g
Redukční dieta, nízká sportovní zátěž	3–4 g
Střední sportovní zátěž	5–7 g
Vysoká sportovní zátěž	7–10 g
Extrémní sportovní zátěž	>10–12 g

Kvalitními zdroji komplexních sacharidů je jasmínová rýže, basmati rýže, brambory, sladké brambory, celozrnné těstoviny, ovesné vločky, celozrnné pečivo, zelenina a luštěniny

(Institute of Medicine 2005). Ovoce je také dobrým zdrojem sacharidů ale jednoduchých, proto by se to s ovocem nemělo přehánět. Je však nutné zařadit alespoň jednu porci ovoce denně (cca 200g). Obsahuje plno vitaminů a minerálních látek (Diet, nutrition and the preventiv of chronic diseases 2003).

### **Glykemický index a glykemická nálož**

U sacharidů je potřeba zohlednit jak jejich kvantitu, tak i kvalitu. Kvalita sacharidů je dána složením sacharidů. Záleží na obsahu komplexních a jednoduchých sacharidů, obsah přírodních látek jako je vláknina, minerální látky, vitaminy a také na tom, jak ovlivňují hladinu krevního cukru a produkci hormonu inzulínu. Mezi hlavní ukazatelé patří glykemický index (GI), což je bezrozměrná veličina, která udává, jak rychle vzroste hladina glukosy v krvi po sněžení určité potraviny. Ve svém jídelníčku bychom měli mít převážně potraviny s nízkým (GI<55) nebo středním (GI = 56–69) glykemickým indexem. Příkladem potravin s nízkým glykemickým indexem je zelenina, většina ovoce, celozrnná rýže, žitný chléb, luštěniny, ořechy. Potraviny se středním GI jsou některé druhy ovoce a zeleniny (kukuřice, ananas, banány, řepa), celozrnný chléb, bílá rýže, sušené ovoce, ovesné vločky, brambory, kuskus atd. Potraviny s nízkým glykemickým indexem zvyšují hladinu glukosy v krvi pomalu, a udržují tak člověka déle sytého. Potraviny se středním GI zvyšují hladinu glukosy v krvi středně rychle. Člověk by měl ve stravě omezit potraviny s vysokým glykemickým indexem (GI>70), které zvýší hladinu glukosy v krvi velmi rychle, a tak se v blízké době dostaví pocit hladu. Mezi potraviny s vysokým GI patří bílý chléb, bílé těstoviny, vařené brambory, sladké pečivo, vařená rýže a další. (Institute of Medicine 2005; Daries 2012). Jak jsem zmínila výše, je vhodnější preferovat potraviny s nízkým až středním GI, avšak hodnotu GI ovlivňuje řada dalších faktorů, jako složení jídla nebo příprava pokrmu.

První z faktorů je obsah tuku v potravě, ten zpomaluje vyprazdňování žaludku a tím i absorpci sacharidů (Radulescu et al. 2010). Dále obsah bílkovin ovlivňuje hodnotu GI, tím že snižuje glykemickou odezvu sacharidové potraviny (Brand-Miller et al. 2000). Rovněž je to zralost ovoce (zralý žlutý až hnědý banán má vyšší hodnoty než nezralý zelený banán), vláknina, která sníží rychlost průchodu potraviny a tím snižuje efekt trávicích enzymů, což sníží i GI. Také technologické zpracování potravin působí na GI. Vysoký mají vysoce zpracované potraviny a potraviny, které se vaří déle, než je doporučováno (rozvařené těstoviny mají vyšší GI než těstoviny vařené ne plně do měkka tzv. těstoviny al dente) (Amalia et al. 2011; Ray & Singhania 2014). Z tohoto důvodu by se lidé neměli zaměřovat pouze na hodnotu GI, ale spíše se zaměřit na podstatnější činitele jako jsou správné stravovací návyky, příjem energie, rozložení živin, dostatek tekutin, dostatek spánku apod.

#### **3.1.1.3 Tuky**

Tuky jsou třetí hlavní makroživinou v lidské výživě a představují širokou skupinu přírodních látek rostlinného i živočišného původu. Mají mnoho důležitých funkcí, např. výživovou funkci, jsou největším zdrojem energie v těle (hlavně při dlouhotrvající fyzické zátěži o nízké intenzitě tzv. při aerobní sportovní aktivitě), mají také strukturální a stavební funkci, ochrannou funkci, tepelně izolují organismus, jsou důležité pro vitaminy rozpustné



v tucích, cholesterol (transportní lipoproteiny) a v neposlední řadě jsou výchozí látkou pro syntézu steroidních hormonů, ketolátek, žlučových kyselin, fosfolipidů, lipoproteinů a dalších látek (Institute of Medicine 2005).

Z biochemického pohledu se jedná o estery vyšších karboxylových kyselin (tzv. mastných kyselin) a alkoholu glycerolu. Z hlediska sportovní výživy jsou nejdůležitější tzv. triacylglyceroly (TAG). Triacylglycerol se skládá ze třech vyšších mastných kyselin, které jsou navázané na glycerol esterovou vazbou (Park & Kim 2022). Tuky lze rozdělit podle několika kritérií. Dle původu na rostlinné a živočišné, nebo dle skupenství na tekuté a tuhé. Další možné dělení je dle délky mastné kyseliny (krátké, střední, dlouhé) nebo dle nasycenosti mastných kyselin (Salsinha et al. 2022).

Procentuální zastoupení tuků v jídelníčku podle WHO je 25–30 % z celkového denního energetického příjmu (EP). Pokud se ale jedná o člověka, sportovce, který má fyzicky náročnou práci a zároveň nemá problém s trávením tuků, může být procentuální zastoupení tuků až 35 % (Diet, nutrition and the preventiv of chronic diseases 2003). U sportovců je doporučený denní příjem i načasování příjmu tuků velice individuální podobně jako u sacharidů. Zatímco příjem bílkovin se u většiny sportovců pohybuje mezi 25–30 % z celkového příjmu energie, tak u sacharidů a tuků je to různé. Vždy jejich součet je cca 70 %, ale jestli bude 40 % sacharidů a 30 % tuků či 55 % sacharidů a 25 % tuků to už je individuální, závisí na celé řadě faktorů, jako jsou genetické predispozice pro trávení a metabolismus sacharidů a tuků, konkrétní silový sport a sportovní kategorie, fáze přípravy a konkrétní sportovní cíle, frekvence a intenzita tréninků, tělesná kompozice a somatotyp, pohlaví, věk a také zvolený životní styl. Tyto faktory se budou lišit v průběhu tréninkového roku i u jednoho konkrétního sportovce, konkrétní sportovkyně. Záleží na tom, v jaké fázi se zrovna bude nacházet (nabírání svalové hmoty, rýsování postavy, shazování váhy do určitých hmotnostních kategorií) a od toho se bude vyvíjet dávkování tuků (Roubík 2018). Při udržování hmotnosti a budování svalnaté postavy s malým množstvím podkožního tuku se doporučuje přijmout 25–30 % z celkového denního EP (1–1,2 g/kg/den). Pro rýsování postavy a shazování tuku ve stylu low-fat je vhodné snížit celkový příjem tuků z EP na 20 % (0,5–1 g/kg/den). Naopak při nabírání svalové hmoty a síly se doporučuje denní příjem tuků zvýšit na 35 % z celkového denního EP (1–1,6 g/kg/den). Pokud se sportovec nachází v předsoutěžní přípravě v kulturistice a fitness jeho procentuální zastoupení tuků by se mělo pohybovat kolem 15 % (0,5–0,6 g/kg/den) (tabulka 7) (Shaw 2007; Daries 2012).

**Tabulka 7:** Doporučený příjem tuků (Daries 2012)

Sportovní cíle / fáze přípravy	Procentuální zastoupení z celkového denního příjmu	Doporučený příjem tuků (na kg tělesné hmotnosti za den)
Udržování hmotnosti	25–30 %	1–1,2 g
Rýsování postavy a shazování tuku stylem low-fat	20 %	0,5–1 g
Předsoutěžní příprava v kulturistice a fitness	15 %	0,5–0,6 g
Nabírání svalové hmoty a síly	35 %	1–1,6 g

## Mastné kyseliny

Podle přítomnosti, polohy a počtu dvojných vazeb rozlišujeme mastné kyseliny na nasycené, nenasycené a trans-mastné kyseliny (tabulka 8) (Salsinha et al. 2022). Nasycené mastné kyseliny (SFA – Saturated Fatty Acid) nemají ve své struktuře žádnou násobnou vazbu, všechny uhlíky jsou spojené jednoduchou vazbou a naše tělo si je dokáže syntetizovat samo. U nenasycených mastných kyselin se v jejich molekule vyskytuje jedna nebo více dvojných vazeb, a právě podle počtu dvojných vazeb se nenasycené mastné kyseliny dělí na mononenasycené (MUFA – Mono-Unsaturated Fatty Acid) a polynenasycené (PUFA – Poly-Unsaturated Fatty Acid). Mononenasycené mastné kyseliny ve své struktuře obsahují pouze jednu dvojnou vazbu. Stejně jako nasycené mastné kyseliny tak i mononenasycené mastné kyseliny dokáže tělo syntetizovat, a to přeměnou ze stejně dlouhé nasycené mastné kyseliny. Polynenasycené mastné kyseliny mají ve své molekule více dvojných vazeb mezi uhlíky. PUFA jsou esenciální mastné kyseliny a tělo si je teda nedokáže syntetizovat samo a je za potřebí je přijímat pomocí stravy nebo doplňků stravy. Trans-mastné kyseliny mají ve své struktuře jednu nebo více dvojných vazeb, které se nacházejí v konfiguraci *trans*. (Institute of Medicine 2005; Driskell 2007; Lanham-New et al. 2011).

**Tabulka 8:** Příklady SFA, MUFA, PUFA (Driskell 2007)

SFA	MUFA	PUFA	
		omega-3	omega-6
Kys. máselná	Kys. olejová	Kys. $\alpha$ -linolenová	Kys. linolenová
Kys. palmitová		DHA = kys. Dokosahexaenová	Kys. Arachidonová
Kys. stearová		EPA = kys. Eikosapentaenová	

Co se týče procentuálního rozdělení mastných kyselin, tak stejně jako běžná populace tak i sportovci by, měli konzumovat méně než 10 % SFA, přibližně 14 % MUFA a nejméně 6 % PUFA, ale měli by si hlídat dostatečné množství omega-3 mastných kyselin, které mají protizánětlivé účinky. Dokážou minimalizovat svalovou bolest, která je důsledkem namáhavého silového cvičení (Jouris et al. 2011). Doporučená denní dávka omega-3 mastných kyselin pro dospělého člověka i sportovce je 1,6 g/den u mužů a 1,1 g/den u žen (Institute of Medicine 2005). V posledním době je důležité znát také zastoupení trans-mastných kyselin, které by neměly přesahovat 1 % z celkového denního energetického příjmu. Je proto zapotřebí jejich příjem co nejvíce eliminovat (Diet, nutrition and the preventiv of chronic diseases 2003). Právě vysoký obsah transmastných kyselin a SFA mohou způsobit závažná onemocnění, a to především vznik kardiovaskulárních (Menzel et al. 2022) i nádorových chorob (Liss et al. 2019).

Podobně jako u nespportující populace i ve sportovní výživě by se měly objevovat PUFA, mezi které patří již zmiňovaný omega-3 a omega-6 mastné kyseliny. Právě tyto kyseliny si člověk neumí syntetizovat sám, a proto je velice důležité, aby sportovec měl pestrou stravu a získával tyto mastné kyseliny pomocí potravin. Naopak v jídelníčku by se mělo co nejméně objevovat trans-mastné kyseliny, které nejsou pro naše zdraví ani trochu prospěšné. Naopak ucpávají cévy a zhoršují cholesterol v krvi (Ruiz Núñez et al. 2014).

Zdroje tuků (tabulka 9) můžeme dělit na dvě skupiny, a to na tuky rostlinného původu a na tuky živočišného původu. Tuky rostlinného původu jsou převážně zdroje nenasycených mastných kyselin, výjimkou jsou kokosový a palmojadrový tuk, které jsou zdrojem nasycených mastných kyselin. Tuky živočišného původu jsou zase zdrojem převážně nasycených mastných kyselin a výjimkou je rybí olej, který obsahuje nenasycené mastné kyseliny, a to především EPA a DHA (Daries 2012). Důležitým zdrojem omega-3 mastných kyselin, jak jsem zmínila výše, jsou mořské ryby, ale také jsou výborným zdrojem jodu, vápníku, železa, selenu, zinku a vitaminů. Z toho důvodu by se v jídelníčku měly objevit alespoň 2x týdně (Diet, nutrition and the preventiv of chronic diseases 2003).

**Tabulka 9:** Zdroje tuků podle obsahu mastných kyselin (Daries 2012)

Mastné kyseliny	Potravinový zdroj
Nasycené mastné kyseliny	Maso, masné výrobky, paštiky, salámy, vejce, mléko, mléčné výrobky, sádlo, hovězí tuk, máslo, kokosový olej, palmový a palmojadrový tuk
Mononenasycené mastné kyseliny	Olivy, olivový olej, řepkový olej, avokádo, ořechy (mandle, kešu, pistácie, lískové ořechy), arašídý
Polynenasycené mastné kyseliny	Omega-3: mořské ryby (losos, pstruh), mořské plody, vlašské ořechy, řepkový olej, sójový olej
Trans mastné kyseliny	Omega-6: vlašské ořechy, para ořechy, pekanové ořechy, kešu, lískové ořechy, slunečnicový olej, slunečnicový semínka Sladké a trvanlivé pečivo, smažená jídla, margaríny, částečně ztužené rostlinné oleje, croissant

### 3.1.2 Mikronutrienty

Vitaminy a minerály se označují jako mikroživiny, a přestože jsou ve stravě potřebné v malém množství, jejich vysoce specifické fyziologické funkce v těle jsou pro život nezbytné. Na rozdíl od makronutrientů, které dodávají energii, tak vitaminy a minerální látky energii neposkytují. Jejich potřeba se pohybuje od pouhých několika mikrogramů až po 1 nebo více gramů denně (Daries 2012). Mikronutrienty nepůsobí izolovaně. Vitaminy na sebe vzájemně působí nebo působí s dalšími minerálními látkami, čímž regulují biologické a metabolické procesy, a na základě rozdílné rozpustnosti se dělí do kategorií rozpustných v tucích (A, D, E a K) a rozpustných ve vodě (B komplex a C). Minerální látky se dělí na makroelementy (např. sodík, draslík, vápník, fosfor, hořčík), mikroelementy (např. železo, jód, zinek, měď, selen) a stopové prvky (např. křemík, nikl, vanad) (Lanham-New et al. 2012).

Ne všechny vitaminy byly podrobně zkoumány, aby se určila jejich role v metabolismu při cvičení nebo ve sportovním výkonu. U mnoha mikronutrientů je jejich role

při cvičení nejasná nebo nepotvrzená. Vitaminy, o nichž je známo, že hrají klíčovou roli při cvičení, jsou vitaminy B-komplexu a vitaminy s antioxidačními vlastnostmi, tj. vitamin A, C, E a  $\beta$ -karoten (provitamin A). U těchto vitamínů se doporučuje zvýšit denní dávku u sportovců, ale neměla by přesahovat dvojnásobek doporučené denní dávky (DDD). U ostatních vitamínů i minerálních látek nebyly prozatím prokázány žádné pozitivní účinky na sportovní výkon, a proto jejich DDD je stejná jako u nesportující populace (tabulka 10) (Daries 2012). Celkově denní dávky vitamínů a minerálních látek pro sportovce jsou velice individuální, jak pro určitý typ sportu, tak i pro každého sportovce ve stejném sportovním odvětví.

**Tabulka 10:** Doporučené denní dávky vitamínů a minerálních látek (Ministerstvo zemědělství 2018)

Vitamin	Doporučená denní dávka	Makroelementy	Doporučená denní dávka	Mikroelementy	Doporučená denní dávka
Vitamin C	80 mg	Draslík	2000 mg	Železo	14 mg
Vitamin B <sub>1</sub> (thiamin)	1,1 mg	Vápník	800 mg	Zinek	10 mg
Vitamin B <sub>2</sub> (riboflavin)	1,4 mg	Fosfor	700 mg	Měď	1 mg
Vitamin B <sub>3</sub> (niacin)	16 mg	Hořčík	375 mg	Chrom	40 $\mu$ g
Vitamin B <sub>5</sub> (kys. panthothenová)	6 mg	Draslík	2000 mg	Zinek	10 mg
Vitamin B <sub>6</sub> (pyridoxin)	1,4 mg			Selen	55 $\mu$ g
Vitamin B <sub>7</sub> (biotin)	50 $\mu$ g			Jód	150 $\mu$ g
Vitamin B <sub>9</sub> (kys. listová)	200 $\mu$ g				
Vitamin B <sub>12</sub> (kobalamin)	3 $\mu$ g				
Vitamin A (retinol)	800 $\mu$ g				
Vitamin D (kalciferol)	5 $\mu$ g				
Vitamin E ( tokoferol)	12 mg				
Vitamin K	75 $\mu$ g				

### 3.1.3 Pitný režim

Dodržování pitného režimu je stejně důležité jako dodržování jídelníčku, jelikož většina důležitých reakcí v našem těle probíhá právě ve vodním prostředí. Sportovec by tedy měl myslet i na doplňování tekutin, a to jak při výkonu, tak před a po výkonu. Důvodem je to, že bez dostatečné hydratace nedokáže organismus plnit své funkce. Sportovec je dříve unavený a tím pádem se jeho sportovní výkon zhoršuje a zpomaluje se pak i doba regenerace (Roubík 2018).

Denní vodní bilance u dospělého sportovce se pohybuje nejčastěji mezi 2,5–4 litry. Kdy největší část tekutin člověk přijme v podobě nápojů v rámci pitného režimu, dále další zdrojem vody jsou i potraviny, například uvařená rýže, ovoce, zelenina a metabolická voda, která vzniká každý den přímo v organismu při metabolismu živin. Na druhé straně máme výdej vody z našeho těla, kdy největší část tvoří moč, dále pocení, kůže, dýchání a stolice (tabulka 10). Nejvíce variabilní výdej vody je pocením, jelikož záleží na intenzitě cvičení, délce, prostředí, vlhkosti, fyzické zdatnosti a také jaké na množství tuku v těle daného sportovce (Maughan & Burke 2002).

**Tabulka 11:** Formy výdeje vody z našeho těla (Vilikus 2015)

Moč	1 400 ml
Pocení	100–1400ml
Kůže	500 ml
Dýchání	300–400 ml
Stolice	100 ml

Před tréninkem by měl jedinec pomalu vypít mírné množství tekutin (5–7 ml/kg) alespoň 4 hodiny před cvičením a dalších 200–300 ml tekutin 10–20 minut před zahájením výkonu dle individuální tolerance. Vhodné nápoje před tréninkem jsou čistá pitná voda, neslazený ovocný čaj či zelený čaj, naopak nevhodné nápoje jsou limonády, alkoholické nápoje, slazené nápoje, perlivé minerální vody nebo neředěné ovocné džusy. Během výkonu jsou vhodné hypotonické minerálky, dále ovocné čaje, stolní vody slazené glukosou. Další možností jsou 100 % džusy, ty jsou ale potřeba nejdříve zředit s vodou v poměru 1:1. Je možné použít i karnitin (1 g na litr nápoje) (Lanham-New et al. 2011). Pokud se jedná o dlouhodobou zátěž, je možné přidat také aminokyseliny (10 g na litr nápoje). Mezi zdroje tekutin ve sportu patří také tzv. iontové nápoje. Iontový nápoj musí obsahovat sodík a draslík, a jako energetický zdroj je v iontovém nápoji buď glukosa, nebo řepný cukr. Během výkonu není vhodné pít hypertonické minerálky, bylinkové čaje, limonády, pivo či jiný alkohol, nezředěné 100 % džusy, mléčné a jogurtové nápoje nebo silnou kávu či silný čaj. Nezředěné 100 % džusy mají vysoký glykemický index, vysoký obsah draslíku a žížeň ani nehasí. Alkohol se nejdříve detoxikuje v játrech, a proto způsobuje únavu a také dehydrataci. Po výkonu by měl sportovec přijmout postupně 480–720 ml na každých ztracených 0,5 kg hmotnosti, aby došlo k přiměřené rehydrataci. Naopak nemělo by docházet k extrémnímu nárazovému příjmu tekutin, to by mohlo vést k ohrožení zdraví jedince místo k adekvátní rehydrataci (Maughan & Burke 2002; Morton et al. 2004; Daries 2012).

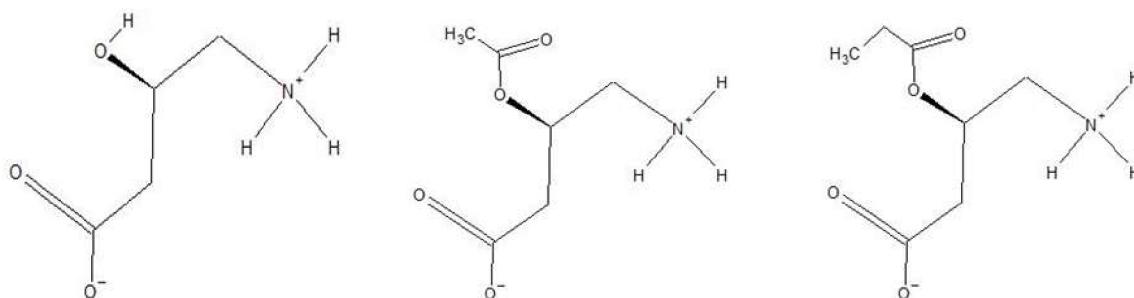
## 3.2 Vliv vybraných suplementů na lidský organismus

Suplementy neboli doplňky stravy jsou definovány podle vyhlášky č. 58/2018 Sb. o doplňcích stravy a složení potravin, jako „potravina, jejímž účelem je doplňovat běžnou stravu a která je koncentrovaným zdrojem vitaminů a minerálních látek nebo dalších látek s nutričním nebo fyziologickým účinkem, obsažených v potravině samostatně nebo v kombinaci, určená k přímé spotřebě v malých odměřených množstvích“ (Ministerstvo zemědělství 2018).

Suplementy můžeme rozdělit do dvou základních skupin, první skupina jsou základní suplementy živin neboli doplňkové suplementy živin a druhou skupinou jsou nutriční ergogenní doplňky stravy, který mají za cíl zlepšit výkonnost jedním nebo více z následujících způsobů – ovlivnění energetického metabolismu (např. kreatin), ovlivnění centrálního nervového systému (CNS) (např. kofein je stimulantem CNS a periferního nervového systému (PNS)), stimulace syntézy bílkovin a zvyšování svalové hmoty (např. bílkoviny a aminokyseliny) či snížení obsahu tělesného tuku. Toto rozdělení není úplně přesné, jelikož jednotlivé suplementy mohou být zařazeny mezi suplementy doplňkové, ale zároveň mohou zlepšovat i sportovní výkon. Takže se nedá říct, že toto rozdělení je jediné, ale nejčastěji se takhle suplementy rozdělují ve sportovní výživě (Daries 2012). Doplňkové suplementy doplňují kvalitně sestavený jídelníček a mezi tyto suplementy patří především proteiny, sacharidy (gainery), aminokyseliny, doplňky stravy s obsahem tuků, vitaminy a minerální látky a také kloubní výživa. Spadají sem také potraviny, které se nazývají jako fitness potraviny. Do druhé skupiny suplementů patří kreatin a další anabolizéry (tribulus, HMB), stimulanty a NO produkty (kofein, arginin) a spalovače tuků (Lanham-New et al. 2011). Právě spalovače tuků jsou označovány jako jedna z nejoblíbenějších kategorií doplňků výživy, a však jedná se pouze o suplementy nikoliv náhradu pestré stravy. Důležité také je upozornit na to, že spalovače tuků ovlivňují nervovou soustavu (Scher et al. 2004), zvyšují krevní tlak (Campbell et al. 2016). Proto by jejich užívání mělo být se zvýšenou opatrností. Člověk, který trpí kardiovaskulárními chorobami, by neměl tyto suplementy aplikovat bez konzultace s doktorem. Také by spalovače tuků neměly užívat těhotné ženy a kojící maminky (Rat et al. 2022).

### 3.2.1 L – karnitine

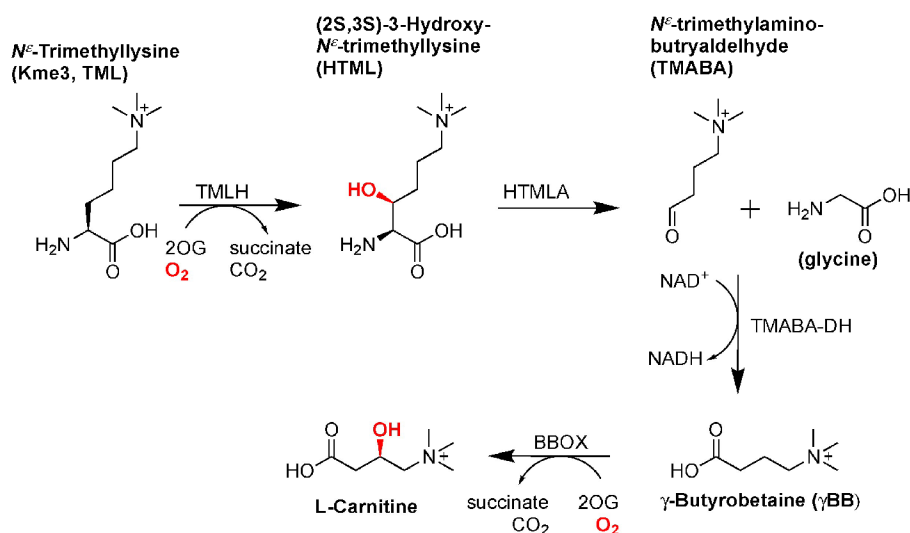
L-karnitin neboli L-3-hydroxy-4-N-trimethyl-amino-butaonát (obrázek 1) je přirozeně se vyskytující aminokyselina. V těle může být syntetizován prostřednictvím dvou esenciálních aminokyselin lysinu a methioninu, a to v játrech a ledvinách (Rebouche 2004). Karnitin se v těle vyskytuje ve dvou formách, buď L-karnitin nebo acetylovaná forma známá jako acetyl-L-karnitin (ALCAR) (obrázek 1) (Rebouche 2004). Další možná formaje glycin propionyl-L-karnitin (GPLC) (obrázek 1) a L-karnitin L-tartrát (LCLT). Také lze L-karnitin nalézt v mnoha potravinách, nejvíce je obsaženo v červeném mase. Převážně v hovězím a jehněčím, to je nejlepší volbou pro přidání karnitinu do jídelníčku. Mezi další zdroje karnitinu patří také mléko a mléčné výrobky (Pekala et al 2011).



**Obrázek 1:** Chemická struktura L-karnitinu, acetyl-L-karnitinu, glycinu propionyl-L-karnitinu

### 3.2.1.1 Vliv suplementace L-karnitinu na lidský organismus

Karnitin se vyskytuje v těle ve dvou formách jako L-karnitin a acetyl-L-karnitin. Syntéza těchto molekul může probíhat endogenně ze dvou aminokyselin (metionin a lysin). Jejich syntéza začíná reakcí, kdy lysin je vázán na peptid pomocí enzymu N-trimethyllysin-hydroxylázou a vzniká  $\epsilon$ -N-trimethyllysin, poté  $\epsilon$ -N-trimethyllysin je hydroxylován na  $\beta$ -hydroxy- $\epsilon$ -N-trimethyllysin a následně je prostřednictvím maldolázového enzymu přeměněn  $\gamma$ -trimethylaminobutyraldehyd (pasivní ztráta molekuly glycinu). Proces končí dehydrogenací na  $\gamma$ -butyrobetainu a následnou hydroxylací, kdy se vytváří L-karnitin (obrázek 2), který potom může být acetylován za vzniku ALCAR (Strijbis et al. 2010). Veškeré enzymy v tomto procesu jsou závislé na přítomnosti vitamínu C (Thoma & Henderson 1984) a nedostatek vitamínu C zhoršuje biosyntézu karnitinu (Rebouche et al. 1989).



**Obrázek 2:** Schéma popisující biosyntetickou dráhu L-karnitinu u lidí (Maas et al. 2020)

Biologicky je L-karnitin nezbytný pro transport mastných kyselin s dlouhým řetězcem přes vnější a vnitřní mitochondriální membrány (karnitin palmitoyltransferasa I a II) (Arenas et al. 1994). Dále L-karnitin snižuje intramitochondriální poměr acetyl-CoA/CoA prostřednictvím zachycení acetylových skupin a aktivací komplexu pyruvátdehydrogenázy (Calvaniet al. 2000). To vede k současnému poklesu hladin acetyl-CoA v cytosolu, což přispívá k aktivaci glykolytické dráhy. L-karnitin tak hraje určitou roli v metabolismu glukosy a může zvýšit energetický výdej (Wall et al. 2011). Karnitin má také důležitou roli v metabolismu lipidů. Usnadňuje přenos mastných kyselin s dlouhým řetězcem přes vnitřní membránu mitochondrií jako estery acylkarnitinu a působí jako obligátní kofaktor pro  $\beta$ -oxidaci mastných kyselin (Calabrese et al. 2001). Vzhledem k těmto dvěma účinkům karnitinu (vliv na metabolismus glukosy a lipidů) může pomoci při hubnutí zvýšením energetického výdeje řadí se mezi tzv. spalovače tuků (Pooyandjoo et al. 2016).

Během posledních 20-ti let se provádělo několik výzkumů, aby se potvrdily teoretické účinky L-karnitinu v našem organismu a zjistily se i nové účinky. Zdá se, že L-karnitin má vysoké využití při onemocněních jater, kde snižuje hladiny amoniaku a zlepšuje příznaky jaterní encefalopatie (Direkze & Jalan 2015). Zlepšení kvality spermií bylo zjištěno při suplementaci ve vysokých dávkách (Terai et al. 2019) a také v jedné studii bylo zaznamenáno zlepšení mužské plodnosti (Mora-Esteves & Shin 2013). Zdá se, že L-karnitin pomáhá jedincům se syndromem polycystických vaječníků. Data z této studie prokázala významné zlepšení inzulínové senzitivity a snížení sérových hladin LDL (lipoprotein s nízkou hustotou) a BMI (index tělesné hmotnosti) po tří měsíční léčby. Dále došlo k významnému zvýšení sérových hladin HDL (lipoprotein s vysokou hustotou) a byly pozorovány pravidelnější menstruační cykly (Salehpour et al. 2019). Zdá se, že L-karnitin má také menší příznivé účinky na krevní tlak (Ruggenenti et al. 2009) hladinu glukosy v krvi (Mingrone et al. 1998), citlivost na inzulín (Molfino et al. 2010), oxidační stres (Bertelli et al. 1994).

### 3.2.1.2 Doporučený příjem

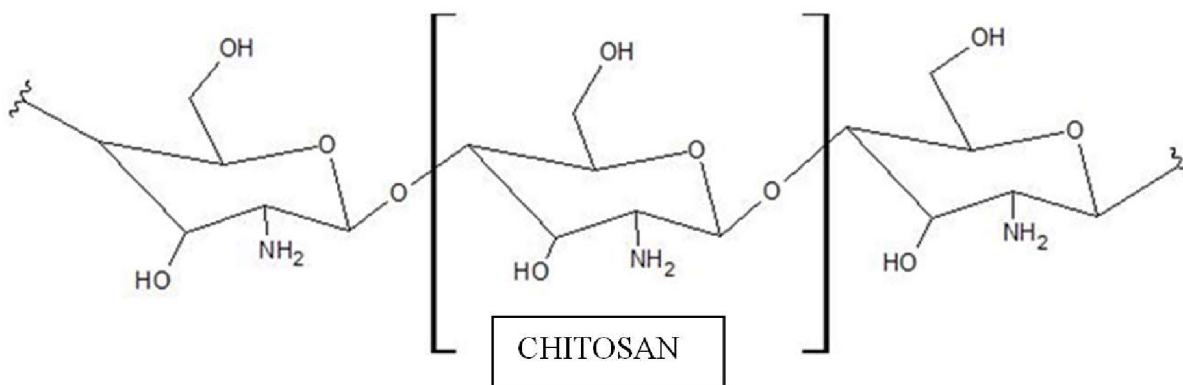
Množství karnitinu v našem těle je ovlivněn jak příjmem karnitinu stravováním (především prostřednictvím masa a v menší míře mléčných výrobků), tak i syntézou karnitinu *in vivo* neboli endogenní syntézou. Hladiny karnitinu jsou u vegetariánů a veganů nižší. Důvodem je, jak absence příjmu karnitinu ze stravy (omezený příjem mléčných výrobků a absence červeného masa) tak i endogenní syntéza karnitinu u vegetariánů je nižší. Může být maximálně 1,2  $\mu\text{mol/kg}$  tělesné hmotnosti. Z těchto důvodů převládají u vegetariánů a veganů subklinické nedostatky karnitinu (Krajcovicová-Kudláčková et al. 2000). Průměrný příjem karnitinu z plnohodnotné stravy se pohybuje mezi 50–100 mg. Příjem karnitinu ze stravy činí 75 % příjmu celkového množství karnitinu a pouze 25 % spadá na syntézu našim tělem (Evans & Fornasini 2003)

Doporučená denní dávka L-karnitinu i jeho dalších forem (acetyl-L-karnitin, glycin propionyl-L-karnitin, L-karnitin-L-tatráť) se pohybuje mezi 0,5–4 g/den. Dávky L-karnitinu způsobující gastrointestinální potíže jako je průjem, se uvádí v rozmezí 4–6 g/den (EFSA 2003).



### 3.2.2 Chitosan

Chitosan je polysacharid, přírodní polymer složený z náhodně distribuovaného  $\beta$ -(1-4)-vázaného D-glukosaminu (deacetylovaná jednotka) a N-acetyl-D-glukosaminu (acetylovaná jednotka) (obrázek 3).



**Obrázek 3:** Chemická struktura chitosinu

Chitosan má tři typy reaktivních funkčních skupin, amino/acetamido skupinu a také primární a sekundární hydroxylové skupiny v polohách C-2, C-3 a C-6, v tomto pořadí. Obsah aminoskupin jsou hlavní faktory přispívající k rozdílům v jejich strukturách a fyzikálně-chemických vlastnostech. Jejich náhodné rozložení navíc usnadňuje vytváření intra- a intermolekulárních vodíkových vazeb. (Zhang et al. 2010). Modulací a zlepšením fyziologických funkcí může chitosan a jeho deriváty poskytnout nové terapeutické aplikace pro prevenci nebo léčbu chronických onemocnění (Ngo et al. 2015).

#### 3.2.2.1 Vliv suplementace chitosinu na lidský organismus

Chitosan je přírodní netoxický biopolymer vyrobený alkalickou deacetylací chitinu. Chitin a chitosan jsou nerozpustné ve vodě, stejně jako většina organických rozpouštědel. Chito-oligomery (COS), depolymerované produkty chitosanu, získaly velkou pozornost v biomedicíně, potravinářském, farmaceutickém, zemědělském a environmentálním průmyslu kvůli jejich biokompatibilitě, biologicky odbouratelnému, netoxickému a nealergickému charakteru (Muzzarelli 2009; Muzzarelli et al. 1999). Bylo prokázáno, že chitosan a jeho deriváty mají různé biologické aktivity, včetně antioxidačních (Sun et al. 2007), antihypertenzních (Je et al. 2006), antikoagulačních (Imran et al. 2020), antidiabetických (Seo et al. 2010), antiobezitních (Do et al. 2018), antimikrobiálních (Kim et al. 2010a).

Příznivým účinkem chitin-chitosanu jako doplňku stravy je snížení plazmatického cholesterolu a triglyceridů díky jeho schopnosti vázat lipidy v potravě, a tím snížit vstřebávání lipidů ve střevě. Hypolipidemický vliv chitosanu může být také způsoben přerušением střevní jaterní cirkulace žlučových kyselin. Chitosan působí tak, že ve střevním traktu vytváří gely, které zachycují lipidy a další živiny, včetně vitaminů a minerálů rozpustných v tucích,

čímž narušují jejich vstřebávání (Maezaki et al. 1993). Chitosan může ovlivnit metabolismus vápníku urychlením jeho vylučování močí (Wada et al. 1997). Dalšími nežádoucími účinky jsou výrazné snížení plazmatické hladiny vitamínu E, zpomalení růstu (Klokkevold et al. 1996) a snížení obsahu minerálních látek v kostech (Deuchi et al. 1995a). Kyselina askorbová zvyšuje tvorbu gelu chitosanu, čímž zesiluje aktivitu snižování cholesterolu v plazmě (Deuchi et al. 1995a; Deuchi et al. 1995b). Složení žlučových kyselin a obsah mastných kyselin s krátkým řetězcem ve slepém střevě jsou změněny chitosanem, který brání emulgaci a absorpci lipidů. Zvýšení obsahu lipidů ve stolici může změnit gastrointestinální funkce, což může případně zhoršit příznaky mírné steatorey (nadměrné množství tuku ve stolici) (Fukada et al. 1991). Naopak žádoucími účinky chitosinu jsou antibakteriální a protikvasinkové aktivity, které mohou být užitečné při prevenci infekce ran (Xu et al. 2018; Ferreira et al. 2013).

### 3.2.2.2 Doporučený příjem

V roce 2011 byla doporučená denní dávka od Evropského úřadu pro bezpečnost potravin (EFSA), která také doporučuje maximální příjem 3 g chitosanu denně (EFSA 2011).

### 3.2.3 **Guarana**

Guarana je rostlinná látka extrahovaná z *Paullinia cupana* (*Sapindaceae*), který pochází z čeledi javorů v Jižní Americe a břechťanu z deštného pralesa pocházejícího z Amazonie pro produkty bohaté na kofein. Široce se pěstuje v oblasti Amazonie a přirozeně v Brazílii, Ekvádoru, Venezuele, Kolumbii, Peru a v Guyanské družstevní republice (Portella et al. 2013). Podíl kofeinu v suché hmotnosti semen rostliny guarany je 2–6 %, což odpovídá dvojnásobku kofeinu přítomného v kávových zrnech. Obsah kofeinu v listech, semenech a krustách sušiny guarany je rozdílný. Podle studie Baumanna et al. (1995), kteří zkoumali obsah purinových alkaloidů guarany, byl obsah kofeinu v guaraně zjištěn 0,02 % ve slupce ovoce (oplodí) a 1,6 % ve slupce semen (testa) (Baumann et al. 1995). Obsah kofeinu v tinkturách guarany je 9,82–11,02 %, což je asi 3x více než kofein v semenech (Meurer-Grimes et al. 1998). Guarana má 30krát více kofeinu než kakao a 10krát více než čaj yerba (Edwards et al. 2005). Dá se říct, že guarana obsahuje nejvyšší dávku přírodního kofeinu na světě (Lidilhone et al. 2013). Obliba energetických nápojů vzrostla u dospívajících a mladých dospělých (Portella et al. 2013). Guarana se prodává jako stimulant energetických nápojů a také často v kombinaci s ženšenem. V energetických nápojích se očekává, že nízké dávky semen guarany mají krátkodobý stimulační účinek v kombinaci s kofeinem a glukosou, ale vysoké dávky semen nemají dlouhodobý účinek (Moustakas et al. 2015).

#### 3.2.3.1 Vliv suplementace guarany na lidský organismus

Guarana je bioaktivní látka, která vykazuje výrazný antibakteriální účinek proti grampozitivním a gramnegativním bakteriím (Basile et al. 2013). Bylo zjištěno, že alkoholové extrakty semen guarany vykazovaly silnou antimikrobiální aktivitu proti bakteriím jako *Pseudomonas fluorescens*, *Escherichia coli*, *Bacillus cereus* a škodlivým

houbám, jako je *Aspergillus niger*, *Trichoderma viride* a *Penicillium cyclopium* (Majhenič et al. 2007). Kromě toho guarana obsahuje benzoát sodný, flavonoidy, vitaminy, oxid uhelnatý a taniny a ty mají ochranný účinek na erozi zubů. A pro své antimikrobiální účinky se používá v zubní pastě (Smolarek et al. 2015). Tato rostlina má také silný účinek proti některým patogenům v trávicím traktu. Kromě toho v jiné studii bylo zjištěno, že guaranu lze etnofarmakologicky použít proti úplavici a průjmům (Basile et al. 2005).

Předpokládá, že guarana zlepšuje kognitivní výkon (Kennedy et al. 2008), usnadňuje hubnutí (Andersen & Foch 2002), snižuje chuť k jídlu (Alkhatib et al. 2015), zmírňuje únavu a zlepšuje vitalitu (Haskell et al. 2007). V randomizované a kontrolované studii byla subjektům podávána guarana ve 4 různých dávkách a bylo zjištěno, že 75 mg guarany mělo pozitivní účinky na paměť, kognitivní funkce (Haskell et al. 2007) a lepší učení (Galvão et al. 2002).

Extrakt z guarany mají dále i antioxidační účinek na NO. Je známo, že má antioxidační účinek již při nízkých koncentracích (1,2 µg/ml). Uvádí se, že jde o přírodní a silný antioxidant prospěšný lidskému zdraví a zároveň chrání organismus před oxidačním poškozením. Předpokládá se, že antioxidační vlastnosti extraktu z guarany jsou způsobeny taniny, katechiny, epikatechiny, saponiny, proanthokyanidoly a také methylxantiny, jako je theofylin, theobromin a kofein (Bittencourt et al. 2013; Portella et al. 2013).

Dále extrakt z guarany mají antidepresivní a anxiolytické účinky, proto se tvrdí, že guarana při mírné konzumaci snižuje příznaky deprese (Silvestrini et al. 2013). Bylo zjištěno, že multivitamin-minerální suplementace připravená s doplňkem guarany zlepšuje výkonnost při rozhodování a zajišťuje stabilní regulaci autonomního nervového systému v první hodině (Pomportes et al. 2015). V randomizované, prospektivní a placebem kontrolované studii provedené na 27 zdravých jedincích (9 z nich dostalo extrakt z guarany a 15 z nich placebo) bylo ale zjištěno, že extrakt z guarany v doporučeném množství (350 mg třikrát za den) nemá až tak významný vliv na úzkost, stav mysli a psychickou pohodu (Silvestrini et al. 2013).

Semena guarany obsahují také tzv. methylxanthiny (Carlson & Thompson 1998). Právě tyto složky mají fyziologické účinky v lidském těle včetně nervového (Nehlig et al. 1992), dýchacího (Dent et al. 1994) a srdečního systému (Chisté et al. 2019). Obsah kofeinu v guaraně je výrazně vyšší než u *Coffea sp.* (Edwards et al. 2005). Účinky methylxanthinů na zdraví ale vyvolávají také negativní reakce na lidský organismus jako je zvýšený krevní tlak, zvýšená srdeční frekvence, nervozita, nespavost (Boozer et al. 2001; Haller et al. 2005). I přes tyto negativní účinky se semena guarany stále častěji používají jako přípravek na hubnutí v tabletách v práškové a lisované formě. Má se za to, že guarana snižuje chuť k jídlu a příjem energie a podporuje stav mysli (Alkhatib et al. 2015).

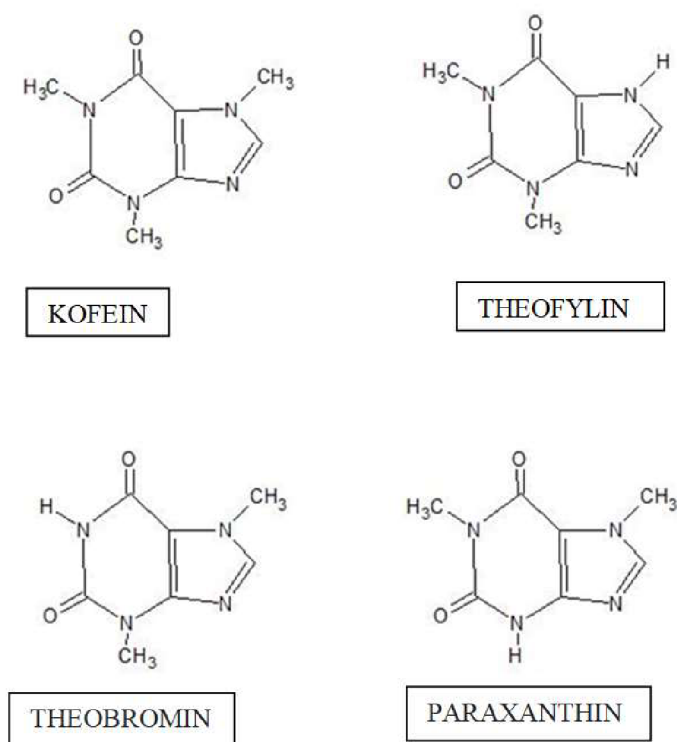
### 3.2.3.2 Doporučený příjem

Podle EFSA je doporučená dávka 125 mg extraktu suchého prášku z guarany denně. Buď jednorázově v dopoledních hodinách, nebo si dávky rozdělit na jednu dávku ráno a druhou dávku před polednem. Jelikož guarana má stimulační schopnosti, nedoporučuje se

brát ve večerních hodinách. Za smrtelnou dávku se považuje požití více jak 150 mg guarany (EFSA 2012).

### 3.2.4 Kofein

Kofein je jedna z nejrozšířenějších látek na světě, jedná se o psychostimulační látku (Munzar et al. 2002). Z chemického hlediska se jedná o purinový alkaloid a přesný chemický název kofeinu je 1,3,7-trimethylxanthin (obrázek 4).



**Obrázek 4:** Chemická struktura kofeinu a jeho metabolitů

Kofein patří do skupiny tzv. methylxanthinu. Kofein je obsažený v celé řadě rostlin jako je například kávovník (*Coffea canephora*), cesmína paraguayská (*Ilex paraquariensis*), čajovník (*Camellia sinensis*) a také v paulinie nápojná (*Paulinia capuna*) známá také pod názvem guaranin (Ishida et al. 2009).

#### 3.2.4.1 Vliv suplementace kofeinu na lidský organismus

Kofein, jakožto psychostimulační látka, stimuluje srdeční činnost (Ojeda et al. 2012), inhibuje enzym katechol-O-methyltransferázu (COMT) degradující přirozené katecholaminy (Chen et al. 2011), a má také antioxidační účinek díky obsahu flavonoidů (Vieira et al. 2020). Ale také má na lidský organismus i negativní nežádoucí účinky jako je bolest hlavy (Juliano & Griffiths 2004), zvýšený krevní tlak (Myers & Reeves 1991) a hepatotoxicita (Sato et al. 1985). Kofein je metabolizován v játrech. Na tomto procesu se účastní několik enzymatických systémů a působením těchto enzymů vznikají 3 velmi důležité metabolity kofeinu a to paraxanthin, theobromin a theofylin (obrázek 4) (Ursing et al. 2003;

Seo et al. 2011). Paraxanthin hraje důležitou roli v procesu lipolýzy, kdy paraxanthin způsobuje zvýšenou lipolýzu, a právě díky tomu se zvyšuje koncentrace mastných kyselin v krvi (Hetzler et al. 1990; Benowitz et al. 1995).

Po mnoho let je známo, že kofein a káva mohou stimulovat energetický výdej v různé míře a použití kofeinu samotného (Dulloo et al. 1989) nebo v kombinaci s efedrinem (Astrup et al. 1992) bylo navrženo pro léčbu obezity. Bellet et al. (1968) pozorovali zvýšené koncentrace volných mastných kyselin v plazmě (FFA) a zvýšené vylučování katecholaminů močí po požití kofeinu nebo kávy a zjistili, že zvýšená lipolýza byla zčásti způsobena zvýšeným uvolňováním katecholaminů (Bellet et al. 1968; Bellet et al. 1969).

Účinky kofeinu se projevují v lidském organismu přes dvě zásadní metabolické cesty. První z těchto dvou cest je inhibice enzymu fosfodiesterázy, což vede ke zvýšení koncentrace cAMP. Tím se aktivuje hormon-senzitivní lipázy a v poslední řadě to má za důsledek, že dochází ke zvýšení lipolýzy a dále také ke zvýšenému uvolňování katecholaminů (Acheson et al. 2004). Druhý způsob účinku kofeinu na lidský metabolismus je založen na inhibici adenosinových receptorů neboli kofein se chová jako antagonist adenosinových receptorů (Song et al. 2009).

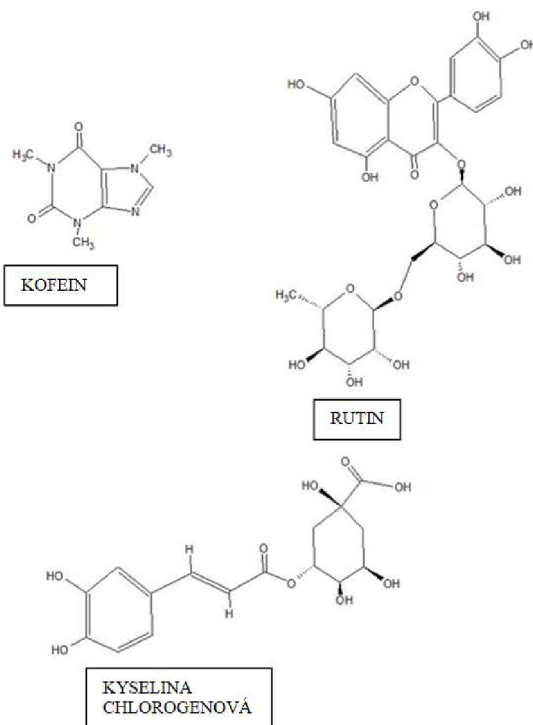
Acheson et al. v roce 2004 zkoumali metabolické účinky kofeinu. V této studii se prokázalo, že užívání kofeinu zvýšilo energetický výdej a i obrat a oxidaci lipidů. Blokáda  $\beta$ -adrenoceptorů propranolem snížila kofeinem stimulovaný energetický výdej a obrat lipidů, což ukazuje, že některé metabolické účinky kofeinu jsou zprostředkovány pomocí sympatické nervové soustavy (SNS). *In vitro* kofein působí synergicky v přítomnosti adrenalinu na podporu lipolytické aktivity, což naznačuje, že účinek kofeinu na lipolýzu nastává prostřednictvím jiných mechanismů, než je stimulace SNS. *In vivo* bylo pozorováno, že mnoho metabolických účinků kofeinu je velmi podobných účinkům zvýšené aktivity SNS, jako je zvýšená srdeční frekvence, krevní tlak, plazmatický adrenalin (Benowitz et al. 1995), vylučování katecholaminů močí (Bellet et al. 1969) a plazmatické FFA (Bellet et al. 1968). Podobně bylo pozorováno, že kofein zesiluje účinky efedrinu, sympatomimetického činidla, které je schopné zvýšit energetický výdej (Dulloo et al. 1989; Astrup et al. 1991) a podporovat ztrátu tělesného tuku. Mechanismy, které jsou základem termického účinku kofeinu, zůstávají stále neznámé. Účinek může zahrnovat stimulaci marného cyklování a to zejména cyklu triacylglycerol a volné mastné kyseliny nebo aktivací uncoupling proteinů. Bylo skutečně prokázáno, že tyto 2 procesy reagují na sympatickou stimulaci. Ačkoliv kofein způsobil dvojnásobný nárůst obratu mastných kyselin, oxidace lipidů se zvýšila pouze o 44 %, což naznačuje, že většina mobilizovaných mastných kyselin je v klidových podmínkách reesterifikována. Je však pravděpodobné, že energetické požadavky během cvičení jsou přibližně vyváženy koordinovanou stimulací lipolýzy tukové tkáně, která je získaná aktivací SNS. Ale naproti tomu podávání kofeinu má mnohem větší vliv na lipolýzu tukové tkáně než na energetický výdej. Výsledky této studie tedy naznačují nejen to, že kofein stimuluje klidový energetický výdej, ale také že tato zvýšená termogeneze je doprovázena zvýšeným obratem mastných kyselin a oxidace lipidů. Závěrem této studie lze říct, že mnoho ale ne všechny účinky kofeinu jsou zprostředkované prostřednictvím sympatického nervového systému (Acheson et al. 2004).

### 3.2.4.2 Doporučený příjem

Ve všech studiích se dávka kofeinu pohybovala kolem 4–6 mg kofeinu na kilogram tělesné hmotnosti denně (Bell & McLellan 2002; Schneiker et al. 2006; Glaister et al. 2008; Lee et al. 2011). Toto množství se považuje i za doporučenou dávku, buď v podobě kvalitní kávy, čaje nebo tabletkách. Je důležité zmínit, že při užívání kofeinu ve večerních hodinách může nastat situace, že spánek bude neklidný (Watson et al. 2017), jelikož narušíte cirkadiánní rytmus, a tím se snižuje vylučování melatoninu a melatonin je velice důležitý jak pro usnutí, tak také pro kvalitu spánku (Shilo et al. 2002).

### 3.2.5 **Yerba mate**

Yerba mate nebo také mate je původní rostlina ze zemí Jižní Ameriky, jako je Brazílie, Argentina, Paraguay a Uruguay. Mate se běžně prodává na trzích buď jako sušené, zelené nebo sušené a pražené mleté listy. Mate je celosvětově velmi ceněno pro svou hořkosladkou chuť a vůni. Yerba mate má stimulačními, antikonvulzivními a neuroprotektivními účinky na centrální nervový systém, což je většinou připisováno vysokému obsahu kofeinu a fenolických látek (Branco et al. 2013). Je tedy důležitým zdrojem bioaktivních sloučenin, jako jsou fenolové kyseliny, flavonoidy a saponiny. Dále mate obsahuje flavonoidy, které přispívají k jeho celkové antioxidační kapacitě a mezi nejběžnější flavonoidy patří kvercetin a rutin (Gnoatto et al. 2005). Mate je tedy přírodním zdrojem fenolických sloučenin, které jsou zastoupeny především kyselinami chlorogenovými (obrázek 5) a má také značné množství theobrominu, které přispívá k celkovému příjmu methylxanthinů (Lima et al. 2017).



**Obrázek 5:** Chemická struktura některých fytochemikálií mate

### 3.2.5.1 Vliv suplementace yerba mate na lidský organismus

Mate má vlastnosti stimulující centrální nervový systém, které jsou připisovány jeho methylxanthinovým alkaloidům, jako je kofein (Saldaña et al. 1999), a je známo, že obsahuje sloučeniny s antioxidačními vlastnostmi, jako jsou fenolové kyseliny a deriváty kyseliny kafeoylchinové, které jsou nejhojnějšími sloučeninami v listy (Correa et al. 2017). Jeho popularitu lze částečně vysvětlit dalšími uváděnými účinky, včetně hepatoprotektivních (Jang et al. 2018), choleretických (Gorzalczany et al. 2001), hypocholesterolemických a antioxidačních (Bravo et al. 2014), protizánětlivých (Arcari et al. 2011), antiobezitických účinků (Arcari et al. 2009).

Poznatky o mate sloučeninách s termogenním potenciálem vedly k výzkumu rostliny v oblasti hubnutí. V posledních 20 letech bylo provedeno pouze několik klinických studií, které zkoumaly potenciál mate při zvyšování energetického výdeje (Outlaw et al. 2013; Oliveira et al. 2016), zvyšování sytosti (Ruxton et al. 2007), snižování chuti k jídlu (Yimam et al. 2016). Termogenní účinek mate byl poprvé testován na lidech ve dvojitě zaslepené placebem kontrolované studii za použití nepřímé kalorimetrie po dobu 3 hodin v klidu, po požití 5 kapslí mate (1,5 g suchého extraktu) nebo placebo (Martinet et al. 1999). Byly testovány další rostlinné preparáty, např. *Paullinia cupana*, *Ephedra sinica*, *Garcinia cambogia*, *Camellia thea*, *Cynara scolymus*, *Iris versicolor*, *Corylus avellana*, *Crithmum maritimum*, *Fucus vesiculosus*, *Phytolacca decandra* a *Laminaria digitate*. Ze všech přípravků pouze mate významně snížilo respirační koeficient ve srovnání s placebem, což ukazuje na zvýšení podílu oxidovaného tuku. Také výhodou použití maté je, že neovlivní krevní tlak ani srdeční reakci. (Martinet et al. 1999). Pilotní studie analyzovala energetický výdej zdravých dospělých 1 hodinu po požití vodného extraktu mate (objem 500 ml extraktu a hustota 0,01 g ml/1) nebo placebo (objem 500 ml vody). Výdej energie byl měřen během 30 minut pomocí nepřímé kalorimetrie. Bylo pozorováno významné zvýšení energetického výdeje (zvýšeno asi o 125 kcal, což je v procentech zvýšení energetického výdeje o 7,7 %) ve srovnání s kontrolní skupinou (Oliveira et al. 2016).

Ve srovnání s jinými termogenními doplňky s vysokým obsahem kofeinu (350 mg) (Outlaw et al. 2013), vykazoval doplněk mate podobné výsledky (nárůst oxidace mastných kyselin a energetického výdeje) s mnohem nižším obsahem sloučeniny (80 mg). Bylo tedy navrženo, že jiné složky mate, spíše než samotný kofein, by mohly mít termogenní vlastnosti (Alkhatib 2014). Bylo skutečně prokázáno, že kyselina chlorogenová inhibuje cAMP fosfodiesterázu a nepřímo zvyšuje oxidaci mastných kyselin (Bruckbauer & Zemel 2014). Dalším možným nepřímým mechanismem byla inhibice pankreatické lipázy s následným snížením absorpce lipidů a ztrátou hmotnosti (Narita et al. 2012). V jiné studii léčba rutinem významně snížila adipozitu a zvýšila energetický výdej u geneticky obézních myši a u myši s obezitou vyvolanou dietou (Yuan et al. 2016). To bylo přičítáno potenciálu rutinu při zvyšování počtu mitochondrií a aktivity uncoupling proteinu 1 (UCP1) v hnědé tukové tkáni. Aktivace UCP1 se podílí na rozpojení dýchacího řetězce v mitochondriích, což vede k rychlé oxidaci mastných kyselin s nízkou rychlostí produkce adenosintrifosfátu (ATP) a vysokým využitím ATP a uvolňováním tepelné energie. Tento proces je uznáván jako hlavní událost vedoucí k termogenezi (Yuan et al. 2016).

Následně se prováděly studie na vliv yerba mate při léčbě diabetes 2. typu. Vzhledem k tomu, že diabetes 2. typu je chronické a progresivní onemocnění, farmakoterapie bude muset řešit vedlejší účinky související s léky při dlouhodobém užívání (Kang et al. 2012). Kang et al. (2012) pomocí *in vivo* zvířecích modelů dietou indukované obezity vyzorovali, že yerba mate má schopnost snižovat akumulaci lipidů v adipocytech, což přispívá ke snížení růstu tukové tkáně, tím pádem nižší přírůstek tělesné hmotnosti a snížení obezity. Data z této studie *in vivo* odhalila, že léčba yerba mate ovlivňuje příjem potravy a má za následek vyšší výdej energie, pravděpodobně z vyššího bazálního metabolismu u myši léčených pomocí yerbamate. Kromě účinku *in vivo* yerba mate na metabolismus lipidů, byl dále také pozitivní účinek na cholesterol a to že došlo k významnému snížení sérového cholesterolu, dále ke snížení koncentraci triacylglycerolů a glukosy v séru u myši krměných HFD. Tyto faktory jsou hlavními hráči metabolického syndromu (Kang et al. 2012). Jak už bylo zmíněno výše, yerba mate obsahuje polyfenoly a hlavně kyselinu chlorogenovou, která moduluje aktivitu glukoso-6-fosfatázy a účastní se metabolismu glukosy a tím pádem snižuje riziko kardiovaskulárních onemocnění snížením oxidace LDL a cholesterolu. V tomto smyslu jsou výsledky Kang et al. (2012) v souladu s předchozími studiemi (Mosimann et al. 2006; Pang et al. 2008), které prokázaly, že léčba zlepšuje glukosovou toleranci u obézních zvířat. Kromě kyseliny chlorogenové se také předpokládá, že některé farmakologické účinky yerba mate jsou zodpovědné metylxantiny a saponiny. Právě účinky yerba mate na hladinu cholesterolu lze částečně připsat obsahu saponinů (Han et al. 2002). Údaje prezentované v této studii naznačují, že extrakt yerba mate může působit synergicky k potlačení nárůstu tělesné hmotnosti a hromadění viscerálního tuku a ke snížení sérových hladin cholesterolu, triglyceridů a glukosy (Kang et al. 2012).

#### 3.2.5.2 Doporučený příjem

Doporučená denní dávka yerba mate je 3 g/den podle Ministerstva pro bezpečnost potravin a léčiv (dříve jako Korea Food and Drug Administration) (Kim et al. 2015).



### 3.3 Vybrané spalovače tuků ve sportovní výživě

Hlavním důvodem, využití spalovačů tuků ve sportovní výživě, je fakt, že mají vliv na metabolismus tuků a také ovlivňují sportovní výkon. Pomáhají sportovcům s redukcí hmotnosti, a to uvítají hlavně ti, kteří soutěží v určitých hmotnostních kategoriích jako je například kulturistika.

Posledních pár let je otázkou, zda mají suplementy tak veliký vliv na sportovní výkon či na dosažení sportovního cíle (nabrání svalové hmoty, zhubnutí přebytečného tuku, zlepšení kondice apod.) nebo nikoliv. Odpověď zní ano, protože suplementy mohou zlepšit výsledky i na pomoc dosáhnout sportovního cíle rychleji, ale nejdříve je potřeba aby sportovec dodržoval zásady sportovního jídelníčku (Zhang et al. 2021). Sportovec musí mít správně nastavenou energetickou bilanci (pozitivní, negativní či vyrovnanou podle sportovního cíle), správný poměr makroživin (bílkoviny, sacharidy, tuky), dostačující příjem mikroživin (vitaminy, stopové prvky), dále dostatečný pitný režim a vhodné rozdělení jídel a příjem živin během dne. Až teprve po splnění těchto aspektů sportovního jídelníčku má význam přidání suplementů, a to jak u začátečníků, tak i u zkušených sportovců. Takže můžeme říct, že účinek suplementů je opravdu podmíněn tím, že doplňují vhodně nastavený jídelníček a že suplementy jsou užitečnou pomůckou jak pro rekreační, tak pro vrcholové sportovce (Maughan & Burke 2002).

Termín spalovač tuků se používá k popisu doplňků výživy, o kterých se tvrdí, že akutně zvyšují metabolismus tuků nebo výdej energie. Tím zvyšují úbytek hmotnosti, zvyšují oxidaci tuků během cvičení a obsahují látky, které podporují metabolismus tuků. To znamená, že náš organismus bude z většího podílu energii z tukových zásob než ze sacharidů, a to jak během klidového režimu, tak i během intenzivního tréninku nebo během běžné aktivity (Gavrić et al. 2018). Dále fungují spalovače tuků jako stimulační látky, díky nim sportovci i během redukční diety zvládají náročné tréninky. Jelikož spalovače tuků dokážou člověka nabudit do tréninku a zvýšit i jeho intenzitu a v poslední řadě oddalují únavu a vyčerpání. A mezi poslední účinky spalovače tuků patří snížení absorpce živin v trávicím traktu, nevyskytují se tolik chutě na sladké a snižuje se pocit hladu (Alkhatib et al. 2015). Spalovače tuků jsou dobrou volbou jako doplněk stravy během rýsování postavy. Ale pouze v předpokladu, že sportovec nebo sportovkyně dodržuje vhodně nastavený jídelníček a tréninkový plán. Pokud nebude dodržovat správně nastavený jídelníček, v tom případě nebude v kalorickém deficitu, tak ani ten nejlepší spalovač tuků na světě nemůže fungovat a na pomoc sportovci či sportovkyni dosáhnout cíle (Jeukendrup & Randell 2011).

#### 3.3.1 Vliv suplementace L-karnitinu na sportovní výkon

Časné studie zkoumající účinky karnitinu se zaměřila na experimentální paradigma, že jeho suplementace zvýší koncentraci karnitinu v kosterním svalstvu a také zvýší transport (a tím i oxidaci) mastných kyselin. To vedlo k přesvědčení, že by měl zlepšit výkonnost při vytrvalostním cvičení. Studie zkoumající tento mechanismus účinku přinesly protichůdné výsledky (Arenas et al. 1991; Colombani et al. 1996). To je primárně způsobeno skutečností, že perorální suplementace L-karnitinu obvykle nezvyšuje jeho koncentrace v kosterním

svalstvu ani jeho oxidační potenciál nebo produkci laktátu. To vedlo k menšímu nadšení sportovců suplementovat L-karnitinu ke zvýšení výkonů při cvičení (Decombaz et al. 1992; Barnett et al. 1994; Trappe et al. 1994). Dalším předpokladem je, že pokud se zvýší koncentrace karnitinu ve svalové hmotě, zvyšuje se také oxidace tuků, což vede k postupné ztrátě zásob tělesného tuku. Pečlivě provedená studie to jasně prokázala. Perorální požití karnitinu (až 6 g/den po dobu 14 dnů) nezmění jeho koncentraci ve svalech (Barnett et al. 1994). V poslední době však došlo k obnovení zájmu v karnitin (Jeukendrup & Randell 2011). Stephens et al. (2005, 2007) ukázali, že pokud lze zvýšit svalový karnitin, může to snížit odbourávání svalového glykogenu a případně zlepšit metabolismus tuků. Svalový karnitin zvyšovali, tak že zvýšili koncentraci inzulínu (infuzí inzulínu nebo podáváním velkého množství sacharidů) a zároveň i poskytovali karnitin (infuzí nebo požitím) (Stephens et al. 2005; Stephens et al. 2007). Dále také Wall et al. (2011) prováděli výzkum, kde sportovci suplementovali 80 g sacharidů denně nebo 80 g sacharidů plus 2 g L-karnitin po dobu 24 týdnů. Pozorovali snížení odbourávání glykogenu během cvičení při 50 %  $VO_2max$  a uvedli sníženou aktivaci komplexu PDH (pyruvát-dehydrogenázový komplex) při této intenzitě. Avšak při 80 %  $VO_2max$ , což by bylo blíže většině soutěžních událostí, tyto účinky nebyly přítomny. Proto je příliš brzy na jakékoli závěry, že by karnitin s kombinací vysokým množstvím sacharidů měl pozitivní účinky na metabolismus tuků (Wall et al. 2011). Další studie prokázaly, že perorální požití karnitinu (až 6 g/den po dobu 14 dnů) nemění koncentraci svalového karnitinu u zdravých neobézních lidí a nezpůsobuje výraznou ztrátu tělesné hmotnosti (Barnett et al. 1994; Villani et al. 2000). Jiná klinická studie však uvádí účinnost suplementace L-karnitinu v léčbě obezity. Zpráva odhalila, že karnitin přijatý ze stravy stimuluje aktivaci karnitin palmitoyl transferázy, která by mohla být základem ke snížení chuti k jídlu (Karlic et al. 2002; Obici et al. 2003). Tvrzení, že suplementace karnitinem podporuje úbytek hmotnosti u zdravých neobézních jedinců, není dostatečně podložené, což si žádá další výzkumy. Na druhé straně se zjistilo, že suplementace karnitinu má v těchto studiích kladný vliv na hmotnost a BMI, ale byl nalezen pouze u chronických stavů jako je cukrovka a obezita (Pooyandjoo et al. 2016).

Dále se zkoumali antioxidační účinky L-karnitinu. Výsledky nedávné studie naznačují, že konzumace L-karnitinu byla výhodná při inhibici oxidačního stresu a aktivaci endogenní antioxidační aktivity prostřednictvím své role jako antioxidantu. Co se týče oblasti cvičení a sportovní výživy je výzkum antioxidační role L-karnitinu v současné době ještě nedostatečný (Saluk-Juszczak et al. 2010; Sung et al. 2016; Canbolat et al. 2017).

Většina výzkumů prokázala zlepšení cvičebního výkonu u pacientů se specifickými poruchami při suplementaci L-karnitinem. Pacienti s městnavým srdečním selháním (srdce selže jako pumpa a krev se hromadí před pravou komorou v pravé síni a žilním systému (pravostranné městnání) nebo před levou komorou v levé síni a plicním oběhu (levostranné městnání)) mají typicky nedostatek L-karnitinu. Při podávání L-karnitinu se doba cvičení a maximální spotřeba kyslíku prodlužují s odpovídajícím poklesem srdečního rozměru (Allard et al. 2006). Subjekty s onemocněním periferních tepen (PAD) zvyšují výkon na běžícím pásu, když doplňují 2 g L-karnitinu dvakrát denně (Hiatt 2004). U pacientů s PAD také dochází k výraznému zvýšení síly a schopnosti chůze, když pacienti s PAD užívají propionyl-L-karnitin po dobu 4 týdnů (Barker et al. 2001). Také u pacientů s chronickou obstrukční plicní nemocí (CHOPN) bylo zaznamenáno větší zlepšení než placebo,

po doplnění L-karnitin při absolvování jak dechového tréninku, tak i silových tréninkových programů. Tito pacienti pozorují větší zlepšení svalové síly, srdeční frekvence, krevního tlaku a hladiny laktátu v krvi (Borghesi-Silva et al. 2006). Dále bylo prokázáno, že pacienti s talasemií (genetická porucha krve, která ovlivňuje produkci hemoglobinu, složky červených krvinek přenášejících kyslík) zvyšují srdeční výkonnost a úroveň sportovní zdatnosti, včetně spotřeby kyslíku a srdečního výdeje, když doplňují L-karnitin (El-Beshlawy et al. 2007).

Ohledně vlivu suplementace L-karnitinu na sportovní výkon a aerobní cvičení, některé studie potvrzují, že by suplementace mohla mít výhody díky zlepšení maximálního příjmu kyslíku a respiračního poměru (Karlic & Lohninger 2004). U trénovaných sportovců vede suplementace L-karnitinem k celkovému zvýšení volného L-karnitinu, který se nesnižuje při maximální zátěži (Swart et al. 1997) a svalová vlákna typu I se jeví méně náchylná k únavě (Brass et al. 1993). Také bylo odhaleno, že suplementace L-karnitinem vedla ke zlepšení měření evokovaného svalového potenciálu, volných mastných kyselin, triglyceridů a toto zjištění vedlo první autory k navrhování suplementace (Derin et al. 2009). Úloha karnitinu v oxidační funkci se může odrážet v jeho schopnosti snižovat hypoxický stres, jak bylo pozorováno i u potkanů vystavených hypobarickým/hypoxickým podmínkám (Panjwani et al. 2007). Ale žádné rozdíly ve svalovém karnitinu, aerobním výkonu nebo anaerobním výkonu nebyly pozorovány po 8 týdnech suplementace 3 g glycinpropionyl-L-karnitinu při doprovodu aerobního cvičení (Smith et al. 2008). Jak již bylo zmíněno, jedním z hlavních problémů s hypotézou, že L-karnitin zvyšuje výkon prostřednictvím zvýšení oxidace mastných kyselin, je to, že suplementace L-karnitinem zvyšuje hladiny karnitinu v séru, nikoli ve svalech. Když je však přidán také inzulín, zdá se, že L-karnitin se snadno hromadí ve svalech (Stephens et al. 2005). Ale k úplnému potvrzení teorie, že suplementace L-karnitinu s inzulínem má pozitivní vliv na vytrvalostní výkon, je zapotřebí více výzkumů.

### **3.3.2 Vliv suplementace chitosinu na sportovní výkon**

Chitosan nemá tak velký vliv na sportovní výkon jako například kofein, ale ve sportovní výživě se také využívá jako spalovač tuků, jelikož má účinky na redukci hmotnosti a také ovlivňuje chuť na sladké, což je důvodem, proč je využíván ve sportovní výživě.

Chitosan je dietní vláknina, která působí snížením vstřebávání tuků, a to je důvod, proč se využívá jako prostředek pro redukci hmotnosti. Primárním cílem studie Trivedi et al. (2015) bylo vyhodnotit účinnost a bezpečnost chitosanu houbového původu při léčbě nadváhy bez dietních omezení. Randomizovaná, multicentrická, jednoduše zaslepená, placebem kontrolovaná klinická studie byla provedena podáváním tobolek chitosanu (500 mg, pětkrát denně) a nerozlišitelných tobolek placebo jako denních doplňků po dobu 90 dnů. Této studii se zúčastnilo 96 subjektů s nadváhou a obezitou. Účastníci studie byli rozděleni v poměru 2:1 a dostávali buď chitosan nebo placebo. Účinnost byla hodnocena měřením tělesné hmotnosti, parametrů tělesného složení, antropometrickými měřeními lipidovým profilem ve 45. a 90. dni. Rovněž byl hodnocen dotazník kvality života, aby se vyhodnotilo zlepšení

životního stylu a stravovací návyky byly zaznamenány pomocí příjmů kilokalorií. Průměrné změny tělesné hmotnosti ve 45. dni byly mínus  $1,78 \pm 1,37$  kg a mínus  $3,10 \pm 1,95$  kg a v 90. dni ve skupině s chitosanem, které byly významně odlišné ve srovnání s placebem. BMI se po 90-ti dnech snížilo 10,91krát ve srovnání s placebem. V souladu s tím došlo také ke snížení tělesného složení a antropometrických parametrů spolu se zlepšením skóre kvality života. Průměrný kalorický příjem ukazuje, že nedošlo ke změně stravovacích návyků subjektů v obou skupinách. Hladiny lipidů nebyly ovlivněny a všechny nežádoucí účinky byly mírné povahy a nesouvisely se studovanou léčbou. Závěrem této studie lze říct, že chitosan dokázal během 90-ti denního období studie snížit průměrnou tělesnou hmotnost až o 3 kg a k tomu zlepšit skóre životního stylu (Trivedi et al. 2015). V další studii, kde se zabývali účinkem chitosinu jako dostupným doplňkem stravy určeným ke snížení tělesné hmotnosti u dospělých jedinců s nadváhou a obezitou, byla vedena Mhurchu et al. (2004). Tato studie byla randomizovaná, dvojitě zaslepená a placebem kontrolovaná a trvala 24 týdnů. Zúčastnilo se jí 250 náhodných účastníků, kdy 82 % byly ženy s průměrným věkem 44 a měly průměrný index tělesné hmotnosti 35,5. Účastníci byli nahodile rozděleni do skupin, kde dostávali 3 g chitosanu za den anebo placebo. Také všichni zúčastnění obdrželi standardizované rady ohledně stravování a zdravého životního stylu pro redukci hmotnosti, a právě primárním měřítkem výsledku byla změna tělesné hmotnosti. Potom byly ještě i sekundární výsledky, kam patřily parametry, jako jsou změny indexu tělesné hmotnosti, obvodu pasu, procenta tělesného tuku, krevního tlaku, sérových lipidů, glukosy v plazmě, vitaminů rozpustných v tucích, tuku ve stolici a skóre kvality života související se zdravím. V analýze ztratila skupina s chitosanem více tělesné hmotnosti než skupina s placebem během 24týdenního výzkumu. Ale nedá se říct, že účinky chitosinu by byly tak významné, aby to vedlo k využití chitosanu pro léčbu obezity a nadváhy. Jelikož suplementace chitosinu nevedla ke klinicky významné ztrátě tělesné hmotnosti ve srovnání s placebem. K podobným malým změnám došlo i u cirkulujícího celkového a LDL cholesterolu a glukosy. U žádného z ostatních měřených výsledků nebyly mezi skupinami žádné významné rozdíly (Mhurchu et al. 2004). Další provedená studie účinku chitosinu na redukci tělesné hmotnosti byla provedena pod vedením Gades a Stern (2003), kde kvantifikovali *in vivo* účinek chitosanu na absorpci tuku. Této studii se zúčastnili muži ve věku  $26,3 \pm 5,9$  let, BMI  $25,6 \pm 2,3$  kg/m<sup>2</sup>. Účastníci konzumovali pět jídel denně po dobu 12 dnů. Příjem energie nebyl omezen. Dvanáct dnů bylo rozděleno na dvě období. První období kontrolní, kdy účastníci nekonzumovali žádné doplňky stravy. Druhé období bylo období suplementace, kdy účastníci brali dvě kapsle pětkrát denně (celkem 4,5 g chitosinu za den) a to vždy 30 minut před každým jídlem. Dva fekální pooly byly analyzovány na obsah tuku. Subjekty konzumovaly  $133 \pm 23$  g tuku/den a  $3084 \pm 427$  kcal/den. Jednotlivá jídla měla průměrně  $26,3 \pm 9,3$  g tuku. Při suplementaci chitosanu v dávce 10 kapslí za den se vylučování tuku stolicí zvýšilo o  $1,1 \pm 1,8$  g za den, z  $6,1 \pm 1,2$  na  $7,2 \pm 1,8$  g za den. Vliv chitosanu na vstřebávání tuků je tedy klinicky zanedbatelný (Gades & Stern 2003).

Řada studií na lidech dospěla k různým závěrům ohledně účinku chitosanu na hubnutí (Ernst a Pittler 1998; Gades & Stern 2003; Jull et al. 2008; Moraru et al. 2018). Metaanalýza Ernsta a Pittlera (1998) naznačila o 3,3 kg větší úbytek hmotnosti u chitosanu ve srovnání s placebem, zatímco novější metaanalýza (Jull et al. 2008) pouze 1,7 kg úbytek hmotnosti. Z výše uvedených výsledků různých studií účinku chitosanu na snížení tělesné hmotnosti

lze říct, že chitosan má pozitivní vliv na redukci tělesné hmotnosti, no na druhé straně podle pozdějších studií (Gades & Stern 2003; Mhurchu et al. 2004; Jull et al. 2008) lze říct, že je tento úbytek zanedbatelný.

### 3.3.3 Vliv suplementace guarana na sportovní výkon

Proti obezitě se v dnešní době využívají i doplňky stravy ze semen guarany. Prášek z těchto semen je populárním doplňkem pro hubnutí, který si může koupit kdokoli a není k tomu potřeba na tyto výrobky předpis od lékaře. Byla provedena studie, jejíž cílem bylo prokázat předpokládané pozitivní účinky prášku ze semen guarany na metabolismus tuků, a především její bezpečnost požívání. Krysy Wistar byly krmeny čtyřmi různými dietami. První z nich byla nízkotučná dieta, druhá západní dieta s nebo bez suplementace guaranou. Tato studie trvala 18 týdnů. Poté byly charakterizovány metabolické parametry, změny střevní mikroflóry a toxicita. Suplementace prášku ze semen guarany zabránila nárůstu hmotnosti, inzulinové rezistenci. Guarana indukovala expanzi hnědé tukové tkáně, mitochondriální biogenezi, AMPK (adenomonofosfát aktivovaná proteinkináza) aktivaci a drobné změny ve střevní mikrobiotě. Bortolin et al. (2019) se domnívají, že aktivace hnědé tukové tkáně je jedním z akčních mechanismů zahrnutých do úbytku hmotnosti vyvolaného suplementací guarany a že přímá aktivace AMPK může být základem tohoto mechanismu. Stručně řečeno, guarana je látka, která podporuje odbourávání tuků (Bortolin et al. 2019). V další studii provedené na šestistech třiceti sedmi starších jedincích ( $\geq 60$  let) bylo zjištěno, že převládání obezity a metabolického syndromu je nižší ve skupině konzumující guaranu než ve skupině, která guaranu nekonzumuje. Bylo zjištěno, že obvod pasu u mužské skupiny konzumující guaranu byl nižší než u nekonzumující skupiny (Krewer et al. 2011).

Jestli má guarana vliv na sportovní výkon není úplně známo, jelikož na toto téma pro zatím bylo provedeno malé množství studií. Jedna studie byla provázena Pomportes et al. (2017), kde cílem bylo prozkoumat vliv sériového vyplachování úst (MR) s doplňky výživy na kognitivní výkon (tj. kognitivní kontrolu a vnímání času) během 40minutového submaximálního cvičení. Dvacet čtyři účastníků dokončilo 4 vyvážené experimentální sezení, během kterých provedli MR buď s placebem (PL), sacharidy (CHO: 1,6 g/25 ml), guaranovým komplexem (GUAc: 0,4 g/25 ml) nebo kofeinem (CAF: 67 mg/25 ml) před a dvakrát během cvičení. Tato studie poskytla důležité nové poznatky týkající se specifických změn v kognitivní výkonnosti vyvolaných pomocí doplňků stravy, a to, že MR pomocí CAF, CHO, GUA pravděpodobně vedlo ke zlepšení časové výkonnosti z hlediska rychlosti i přesnosti. Tato studie otevírá nové perspektivy týkající se využití MR k optimalizaci kognitivní výkonnosti během fyzického cvičení (Pomportes et al. 2017). Další provedená studie pod vedením Veasey et al. (2015), zjišťovala vliv vitaminového a minerálního komplexu s guaranou (MVM + G) na cvičení prováděné nalačno. Cvičení prováděné nalačno může vést k vyšší psychické únavě po cvičení. Bylo prokázáno, že podávání MVM + G zmírňuje duševní únavu a zlepšuje výkon při kognitivně náročných úkolech. Čtyřicet aktivních mužů (věk  $21,4 \pm 3,0$  let; index tělesné hmotnosti (BMI)  $24,0 \pm 2,4$  kg/m<sup>2</sup>; maximální spotřeba kyslíku ( $\dot{V}O_2\text{max}$ )  $57,6 \pm 7,3$  ml/min/kg) dokončilo dvě hlavní studie, kde konzumovali buď MVM + G, nebo placebo před 30minutovým cvičením

a během aktivity při 60%  $\dot{V}O_2\text{max}$ . Suplementace před cvičením vedla k malému, ale významnému snížení hodnocení vnímané námahy během cvičení ve srovnání s placebem. Kombinace MVM + G také vedla k významnému zvýšení přesnosti numerické pracovní paměti a zvýšení rychlosti rozpoznávání obrázků ve srovnání s placebem. Nebyly zjištěny žádné významné účinky suplementace na jiné kognitivní ukazatele nebo na metabolismus substrátu během cvičení. Tato zjištění ukazují, že konzumace komplexu vitaminů a minerálů obsahujících guaranu před cvičením může u aktivních lidí pozitivně ovlivnit následnou výkonnost paměti a snížit vnímání bolesti během středně intenzivního cvičení (Veasey et al. 2015).

Každopádně existuje naprostý nedostatek důkazů, které by potvrzovaly, že guarana přispívá ke zlepšení fyzické nebo kognitivní výkonnosti. Jsou zapotřebí další dobře navržené, randomizované, náhodné placebem kontrolované studie, aby bylo možné potvrdit tvrzení, že guarana může pomoci sportovcům zlepšit sportovní výkony. Dále objasnit potenciální nežádoucí účinky, které mohou nastat při jejich dlouhodobém užívání nebo užívání nadměrných dávek.

### **3.3.4 Vliv suplementace kofeinu na sportovní výkon**

Acheson et al. (2004) použili ve své studii kombinaci kofeinu s pomalým uvolňováním a normálního kofeinu, aby získali a udrželi jeho vysokou plazmatickou koncentraci. Měření energetického výdeje, oxidace lipidů a obratu lipidů bylo provedeno u skupiny zdravých, mladých, mužských dobrovolníků a měření se provádělo před a po požití kofeinu a v přítomnosti nebo nepřítomnosti blokady  $\beta$ -adrenoceptorů propranolem. Tato studie ukázala, že požití kofeinu zvýšilo energetický výdej (až o 13 %) a také zvýšilo obrat a oxidaci lipidů (Acheson et al. 2004). Rovněž Kim et al. (2010) zkoumal vliv kofeinu na metabolické reakce lipolýzy u člověka během fyzické aktivity v randomizované studii. Tohoto výzkumu se zúčastnilo 10 zdravých dobrovolníků, kterým buď byl podán kofein (3 mg/kg tělesné hmotnosti) nebo nebyl. Zjistili, že kofein zvyšuje nejen koncentraci volných mastných kyselin v plazmě, ale také zvyšuje hladiny hustoty aktivovaných potních žláz stimulací sympatického nervového systému a zvýšením lipolýzy (Kim et al. 2010b).

Také pozitivní účinky na regulaci tělesné hmotnosti byly prokázány při použití směsi zeleného čaje. Zelený čaj tím, že obsahuje čajové katechiny i kofein, může působit prostřednictvím inhibice katechol O-methyl-transferázy (Hursel et al. 2014) a inhibice fosfodiesterázy (Dulloo et al. 2000). Zde mohou mechanismy také fungovat synergicky. Směs zeleného čaje a kofeinu zlepšuje udržení hmotnosti prostřednictvím termogeneze, oxidace tuků a šetří beztukovou hmotu. Sympatický nervový systém se podílí na regulaci lipolýzy a sympatická inervace bílé tukové tkáně může hrát důležitou roli v regulaci celkového tělesného tuku obecně. Dohromady mají tyto funkční složky potenciál produkovat významné účinky na metabolické cíle, jako je termogeneze a oxidace tuků čeho využívají sportovci (Dulloo et al. 2000; Amorim et al. 2007).

Zdá se, že dávka kofeinu vede ke zlepšení silového výkonu (Trexler et al. 2016). Jedním z mechanismů může být snížení vnímání bolesti (Davis et al. 2003; Lattari et al. 2022). Též může být silnou ergogenní pomůckou pro provádění dlouhodobého,

submaximálního cvičení. V roce 2006 byla provedena studie vedena Schneiker et al. s cílem prozkoumat účinky akutního požití kofeinu na prodloužený přerušovaný výkon ve sprintu. Dvojitě zaslepené, placebem kontrolované studie se zúčastnilo 10 mužských sportovních týmů, dokončili dvě cvičební studie, které byly od sebe oddělené 7 dní. Sportovci 60 minut před cvičením dostali buď 6 mg kofeinu nebo placebo. Celkové množství práce ve sprintu během studie s kofeinem bylo o 8,5 % větší než to, které bylo s placebem v první části a o 7,6 % vyšší ve druhé části studie. Podobně na tom byly i průměrné skóre maximálního výkonu dosažené během sprintů, u suplementace kofeinem bylo o 7 % vyšší skóre než s placebem v první části výzkumu a o 6,6 % vyšší ve druhé části (Schneiker et al. 2006). Jaký dopad má suplementace kofeinu na přerušovaný sprint se také zabýval Glaister et al. (2008), když prováděli randomizovanou dvojitě zaslepenou studii, kterou absolvovalo 21 fyzicky aktivních mužů. Požili želatinovou kapsli obsahující buď kofein (5 mg/kg tělesné hmotnosti), nebo placebo (maltodextrin) jednu hodinu před výkonem. Ve srovnání s placebem měla suplementace kofeinem za následek 0,06 snížení nejrychlejšího času sprintu. Suplementace kofeinu také vedla ke zvýšení průměrné srdeční frekvence o 3,4 tepů za minutu (Glaister et al. 2008).

Jak jsem zmínila výše, kofein stimuluje lipolýzu, která šetří využití uloženého glykogenu během cvičení střední intenzity. Tyto účinky zkoumal Ryu et al. (2001) při požití kofeinu na výkon při cvičení u potkanů a sportovců. Krysám byl podán kofein (6 mg/kg tělesné hmotnosti) 1 hodinu před cvičením a lidské subjekty požily 5 mg/kg tělesné hmotnosti kofeinu opět 1 hodinu před cvičením. Hladiny volných mastných kyselin v krvi (FFA) ve studiích jak u potkanů, tak u sportovců byly zvýšeny požitím kofeinu během cvičení. Hladiny laktátu v krvi byly také zvýšeny během cvičení jak u potkanů, tak u sportovců. Zvýšené koncentrace FFA a glycerolu snížily využití glykogenu během cvičení ve srovnání se skupinou s placebem u potkanů. Kromě toho byla doba výdrže do vyčerpání významně zvýšena požitím kofeinu jak u potkanů, tak u sportovců. Tyto výsledky naznačují, že požití kofeinu zvýšilo vytrvalostní výkon v důsledku rezervního uloženého glykogenu se zvýšenou lipolýzou z tukových tkání a oxidací tuků během cvičení jak u potkanů, tak u sportovců (Ryu et al. 2001).

### **3.3.5 Vliv suplementace yerba mate na sportovní výkon**

Alkhatib (2014) analyzoval termogenní efekt mate pomocí různých intenzit cvičení. Subjekty požily dvě kapsle obsahující 500 mg mate (standardizované se 1,5 % kofeinu) nebo placebo a odpočívaly po dobu 1 hodiny před provedením postupného cvičení. Požití mate zlepšilo oxidaci mastných kyselin (FAO) a snížilo oxidaci sacharidů (CHO) v širokém rozsahu intenzit cvičení ve srovnání s placebem. Tyto účinky převládaly zejména u lehkých a středních intenzit cvičení, které jsou často předepisovány pro snížení hmotnosti, prevenci onemocnění a zlepšení vytrvalostního výkonu. Bylo zjištěno, že v tomto rozsahu intenzity cvičení je FAO hlavním palivovým zdrojem pro výdej energie (30–70 %), zatímco CHO převládá při velké intenzitě cvičení. Ačkoli v obou podmínkách byla FAO zvýšena podobně jako funkce výstupního výkonu, vyšší FAO byla zjištěna při intenzitě zátěže pod 70 %

maximálního příjmu kyslíku. Mate zvýšilo energetický výdej o 24 % ve srovnání s placebem během cvičení, aniž by to negativně ovlivnilo maximální výkon (Alkhatib 2014).

Studie se taky zabývaly vlivem doplňku stravy s yerba mate na subjektivní chuť k jídlu (VAS), profil skóre stavu nálady (POMS) a oxidaci mastných kyselin (FAO) během dlouhodobého cvičení se střední intenzitou. Této studii se zúčastnilo dvanáct zdravých aktivních žen, které byly náhodně rozděleny, buď užívaly 2 g mate nebo placebo (PLC). Účastnice odpočívaly 120 minut, než provedly 30minutové cyklistické cvičení odpovídající intenzitě. FAO, stanovená pomocí nepřímé kalorimetrie, byla významně vyšší během 30minutového cvičení u mate než u PLC. Skóre VAS pro hlad, prospektivní jídlo a chuť k jídlu bylo sníženo, zatímco POMS míry soustředění, energie byly všechny zvýšeny. Dá se tedy říct, že kombinace příjmu mate s dlouhodobým cvičením při cílené intenzitě „ztráta tuku“ zvyšuje FAO a zlepšuje míru sytosti a nálady. Tyto pozitivní kombinované metabolické, sytící a psychomotorické účinky mohou hrát důležitou roli při navrhování budoucích postupů pro redukci tuku a snížení hmotnosti. (Alkhatib & Atcheson 2017).

Další studie, která potvrdila pozitivní účinky yerba mate na redukci hmotnosti, byla prováděna pod Kim et al. (2015), kde bylo cílem prozkoumat účinnost a bezpečnost suplementace yerba mate u korejských subjektů s obezitou. Během 12 týdnů suplementace yerba mate byl statisticky významný pokles hmotnosti tělesného tuku a procenta tělesného tuku ve srovnání se skupinou s placebem. WHR (poměr obvodu pasu a obvodu boků) byla významně snížena ve skupině yerba mate ve srovnání se skupinou s placebem. Závěrem této studie lze říct, že tato suplementace, snížila hmotnost tělesného tuku, procento tělesného tuku a WHR a nevyvolávala významné nepříznivé účinky. A díky tomu lze říct, že její suplementace může být účinná při snaze odbourávání tuků (Kim et al. 2015b).

Bylo prokázáno, že mate zvyšuje využití tuku během cvičení u netrénovaných lidí, ale jeho účinky na dobře trénované jedince během cvičení nejsou úplně známy. Areta et al. (2017) charakterizovali metabolické a fyzické efekty mate u 11 dobře trénovaných mužských cyklistů. Ve dvojité zaslepeném zkříženém provedení účastníci požili 5 g mate nebo placebo (PL; maltodextrin) denně po dobu 5 dnů, pokaždé jednu hodinu před experimentálními studii. Testy založené na ergometru zahrnovaly submaximální krokový test (SST) při 30-ti až 80%  $VO_2max$  (6 × 5minutové fáze), následovaný test času na cykloergometru (TT) k dokončení mechanické práce. Před a během testů byly odebrány vzorky krve a dýchacích plynů. Mate zvýšil klidovou plazmatickou koncentraci adrenalinu a využití tuku zvýšil o 23 % při 30–50 %  $VO_2max$  oproti PL. Účinky léčby na míru vnímané námahy, srdeční frekvenci a celkovou efektivitu nebyly během SST jasné. Respirační výměnný poměr během TT indikoval závislost na sacharidech a nelišil se od PL. Výkon TT ukázal malé, ale významné zlepšení, mate zvýšilo využití tuku během submaximálního cvičení a zlepšilo výkon TT (Areta et al. 2017).



## 4 Závěr

- Cílem této bakalářské práce bylo objasnit funkci tzv. spalovačů tuků ve sportovní výživě. Jestli opravdu mají tak významný vliv na dosažení sportovních cílů (například snížení tělesné hmotnosti) či na výkon. Zjistila jsem, že jejich suplementace má opravdu význam, a ne jenom pro dosažení sportovních cílů či zlepšení sportovních výkonů. Dokonce zmiňované spalovače tuků (L-karnitin, kofein, chitosan, yerba mate a guarana) mají také pozitivní účinky na nás, organismus nesportovců.
- Tvzení, že suplementace L-karnitinu podporuje odbourávání tuků u zdravých neobézních jedinců, není dostatečně potvrzené a je tedy zapotřebí více studií. Co se týká vlivu užívání L-karnitinu na sportovní vytrvalostní výkon, tak je potvrzený jenom jeho příznivý účinek v kombinaci s inzulinem. Proto je potřeba více výzkumů.
- Suplementace doplňků obsahující chitosan má sice pozitivní vliv na redukci tělesné hmotnosti, ale podle novějších studií lze říct, že tento úbytek nemá klinický význam.
- Příznivé výsledky pro snížení tělesného tuku byly pozorovány u suplementace guarany, kofeinu a yerba mate. Guarana i yerba mate obsahují ve své struktuře purinové alkaloidy, a to především kofein, který je zodpovědný za zvýšení koncentrace cAMP, čím dochází ke zvýšení lipolýzy. Proto se doporučuje guarana, kofein i yerba mate jako suplementace při redukci tělesného tuku. Yerba mate kromě termogenního účinku také snižuje chuť k jídlu a zvyšuje sytost. Což uvítají převážně sportovci, kteří se snaží vybudovat formu na sportovní soutěže (kulturistika), kde je zapotřebí mít co nejmenší procento tělesného tuku. Kofein má dále kladný vliv na silový výkon, jelikož u mnoha studií bylo zaznamenáno snížení vnímání námahy a bolesti. Dále má jeho suplementace pozitivní výsledky jak u vytrvalostních sportů, tak u přerušovaných sprintů. Díky tomu, že kofein podporuje, jak odbourávání tuků, tak má kladný vliv na silový, vytrvalostní i přerušovaný výkon, lze říci, že kofein je nejúčinnější spalovač tuků z pěti jmenovaných.
- Na druhé straně je ale zapotřebí podívat se i na vedlejší účinky užívání vybraných spalovačů tuků. Kofein a guarana mohou mít negativní vliv na lidský organismus, a to v podobě bolesti hlavy, zvýšení krevního tlaku, zvýšené srdeční frekvence, nespavosti a další.
- V dnešní době neexistuje dostatek důkazů, které by potvrzovaly, že guarana, yerba mate, chitosan, L-karnitin přispívají ke zlepšení fyzické nebo kognitivní výkonnosti. Jsou tedy nutné další správně avržené studie. Také neexistují skoro žádné studie, které by zkoumaly účinky při užívání vícero suplementů najednou. Dále není známo, jestli se jejich účinek při kombinaci zesílí nebo naopak zeslabí. Je zapotřebí provést další správně navržené výzkumy, aby se tyto podmínky mohly prozkoumat.

## 5 Literatura

1. Acheson KJ, et al. 2004. Metabolic effects of caffeine in humans: lipid oxidation or futile cycling?. *The American Journal of Clinical Nutrition* **79**(1):40-46.
2. Adeva-Andany MM, González-Lucán M, Donapetry-García C, Fernández-Fernández C, Ameneiros-Rodríguez E. 2016. Glycogen metabolism in humans. *BBA Clinical* **5**:85-100.
3. Alkhatib A. 2014. Yerba Maté (*Illex Paraguariensis*) ingestion augments fat oxidation and energy expenditure during exercise at various submaximal intensities. *Nutrition & Metabolism* **11**(42).
4. Alkhatib A, Seijo M, Larumbe E, Naclerio F. 2015. Acute effectiveness of a “fat-loss” product on substrate utilization, perception of hunger, mood state and rate of perceived exertion at rest and during exercise. *Journal of the International Society of Sports Nutrition* **12**(44).
5. Alkhatib A, Atcheson R. 2017. Yerba Maté (*Ilex paraguariensis*) Metabolic, Satiety, and Mood State Effects at Rest and during Prolonged Exercise. *Nutrients* **9**(8):882.
6. Allard ML, Jeejeebhoy KN, SOLE MJ. 2006. The management of conditioned nutritional requirements in heart failure. *Heart Failure Reviews* **11**(1):75-82.
7. Amalia SN, Rimbawan R, Dewi M. 2011. Nilai indeks glikemik beberapa jenis pengolahan jagung manis (*Zea mays saccharata* Sturt). *Jurnal Gizi dan Pangan* **6**(1):36-41.
8. Amorim CA, Ferreira MG, Navarro F. 2007. Effects of the green tea epigallocatechin gallate on weight loss, thermogenesis and fat oxidation. *Revista Brasileira de Nutrição Esportiva* **1**(6):32-39.
9. Andersen, T, Foch J. 2002. Weight loss and delayed gastric emptying following a South American herbal preparation in overweight patients. *Journal of Human Nutrition and Dietetics* **14**(3):243-250.
10. Antonio J, Peacock CA, Ellerbroek A, Fromhoff B, Silver T. 2014. The effects of consuming a high protein diet (4.4 g/kg/d) on body composition in resistance-trained individuals. *Journal of the International Society of Sports Nutrition* **11**(1).
11. Aragon AA et al. 2017. International society of sports nutrition position stand: diets and body composition. *Journal of the International Society of Sports Nutrition* **14**(1).
12. Arcari DP et al. 2009. Antiobesity Effects of yerba maté Extract (*Ilex paraguariensis*) in High-fat Diet-induced Obese Mice. *Obesity* **17**(12):2127-2133.
13. Arcari DP et al. 2011. Anti-inflammatory effects of yerba maté extract (*Ilex paraguariensis*) ameliorate insulin resistance in mice with high fat diet-induced obesity. *Molecular and Cellular Endocrinology* **335**(2):110-115.
14. Arenas J, Ricoy JR, Encinas AR, POLA P, D'IDDIO S, ZEVIANI M, Didonato S, Corsi M. 1991. Carnitine in muscle, serum, and urine of nonprofessional athletes: Effects of physical exercise, training, and L-carnitine administration. *Muscle & Nerve* **14**(7):598-604
15. ARENAS J, Huertas R, Campos Y, Díaz AE, Villalón JM, Vilas E. 1994. Effects of l -carnitine on the pyruvate dehydrogenase complex and carnitine palmitoyl transferase activities in muscle of endurance athletes. *FEBS Letters* **341**(1):91-93.

16. Areta JL, Austarheim I, Wangensteen H, CARLO Capelli C. 2017. Metabolic and Performance Effects of Yerba Mate on Well-trained Cyclists. *Medicine & Science in Sports & Exercise* **50**(4):817-826.
17. Astrup A, Toubro S, Cannon S, Hein P, Madsen J, 1991. Thermogenic synergism between ephedrine and caffeine in healthy volunteers: A double-blind, placebo-controlled study. *Metabolism* **40**(3):323-329
18. Astrup A, Buemann B, Christensen NJ, Toubro S, Thorbek G, Victor OJ, Quaade F. 1992. The effect of ephedrine/caffeine mixture on energy expenditure and body composition in obese women. *Metabolism* **41**(7):686-688.
19. Barker GA, Green, S, Askew CD, Green AA, Walker PJ. 2001. Effect of propionyl-L-carnitine on exercise performance in peripheral arterial disease. *Medicine & Science in Sports & Exercise* **33**(9):1415-1422.
20. Barnett C, Costill DL, Vukovich MD, Cole KJ, Goodpaster BH, Trappe SW, Fink WJ. 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.
21. Basile A, Ferrara L, Pezzo MD, Mele G, Sorbo S, Bassi P, Montesano D. 2005. Antibacterial and antioxidant activities of ethanol extract from *Paullinia cupana* Mart. *Journal of Ethnopharmacology* **102**(1):32-36.
22. Basile A, Rigano D, Conte B, Bruno M, Rosselli S, Sorbo S. 2013. Antibacterial and antifungal activities of acetonic extract from *Paullinia cupana* Mart. seeds. *Natural Product Research* **27**(22):2084-2090
23. Baumann T. 1995. Guarana (*Paullinia cupana*) rewards seed dispersers without intoxicating them by caffeine. *Phytochemistry* **39**(5):1063-1070.
24. Bell DG, McLellan TM. 2002. Exercise endurance 1, 3, and 6 h after caffeine ingestion in caffeine users and nonusers. *Journal of Applied Physiology* **93**(4):1227-1234.
25. Bellet S, Kershbaum A, Finck EM. 1968. Response of free fatty acids to coffee and caffeine. *Metabolism* **17**(8):702-707.
26. Bellet, S, Roman L, Decastro O, Kim KE, Kershbaum A. 1969. Effect of coffee ingestion on catecholamine release. *Metabolism* **18**(4):288-291.
27. Benowitz NL, Jacob P, Mayan H, Denaro C. 1995. Sympathomimetic effects of paraxanthine and caffeine in humans. *Clinical Pharmacology & Therapeutics* **58**(6):684-691.
28. Bertelli A, ConteA, Ronca G. 1994. L-propionyl carnitine protects erythrocytes and low density lipoproteins against peroxidation. *Drugs Under Experimental and Clinical Research* **22**(5):191-197.
29. Bittencourt LS et al. 2013. The protective effects of guarana extract (*Paullinia cupana*) on fibroblast NIH-3T3 cells exposed to sodium nitroprusside. *Food and Chemical Toxicology* **53**:119-125.
30. Boozer CN, Nasser JA, Heymsfield SB, Wang V, Chen G, Solomon JL. 2001. An herbal supplement containing Ma Huang-Guarana for weight loss: a randomized, double-blind trial. *International Journal of Obesity* **25**(3):316-324.
31. Borghi-Silva A, Baldissera V, Sampaio LMM, Pires-Dilorenzo VA, Jamami M, Demonte A, Marchini JS, Costa D. 2006. L-carnitine as an ergogenic aid for patients

- with chronic obstructive pulmonary disease submitted to whole-body and respiratory muscle training programs. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research* **39**(4):465-474.
32. Bortolin RC et al. 2019. Guarana supplementation attenuated obesity, insulin resistance, and adipokines dysregulation induced by a standardized human Western diet via brown adipose tissue activation. *Phytotherapy Research* **33**(5):1394-1403.
  33. Branco CDA et al. 2013. Anticonvulsant, neuroprotective and behavioral effects of organic and conventional yerba mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) on pentylenetetrazol-induced seizures in Wistar rats. *Brain Research Bulletin* **92**:60-68.
  34. Brand-Miller JC, Colagiuri S, Gan ST, 2000. Insulin sensitivity predicts glycemia after a protein load. *Metabolism* **49**(1):1-5.
  35. Brass EP, Scarrow AM, Ruff LJ, Masterson KA, Lunteren EV. 1993. Carnitine delays rat skeletal muscle fatigue *in vitro*. *Journal of Applied Physiology* **75**(4):1595-1600.
  36. Bravo L, Mateos R, Sarriá B, Baeza G, Lecumberri L, Ramos S, Goya L. 2014. Hypocholesterolaemic and antioxidant effects of yerba mate (*Ilex paraguariensis*) in high-cholesterol fed rats. *Fitoterapia* **92**:219-229.
  37. Bruckbauer A, Zemel MB. 2014. Synergistic Effects of Polyphenols and Methylxanthines with Leucine on AMPK/Sirtuin-Mediated Metabolism in Muscle Cells and Adipocytes. *PLOS ONE* (e89166) DOI:10.1371/journal.pone.0089166
  38. Buendia JR, Bradlee ML, Singer MR., Moore LL. 2015. Diets Higher in Protein Predict Lower High Blood Pressure Risk in Framingham Offspring Study Adults. *American Journal of Hypertension* **28**(3):372-379.
  39. Calabrese V, Scapagnini G, Catalano C, Dinotta F, Bates TE, Calvani M, Stella AMG. 2001. Effects of Acetyl-L-Carnitine on the Formation of Fatty Acid Ethyl Esters in Brain and Peripheral Organs after Short-Term Ethanol Administration in Rat. *Neurochemical Research* **26**(2):167-174.
  40. Calvani M, Reda E, Arrigoni-Martelli E. 2000. Regulation by carnitine of myocardial fatty acid and carbohydrate metabolism under normal and pathological conditions. *Basic Research in Cardiology* **95**(2):75-83.
  41. Campbell BI et al. 2016. The effects of a single-dose thermogenic supplement on resting metabolic rate and hemodynamic variables in healthy females - a randomized, double-blind, placebo-controlled, cross-over trial. *Journal of the International Society of Sports Nutrition* **13**:13
  42. Canbolat EP, Sağsöz N, Noyan V, Yücel A, Kisa V. 2017. Effects of L-carnitine on oxidative stress parameters in oophorectomized rats. *Alexandria Journal of Medicine* **53**(1):55-60.
  43. Carlson M, Thompson RD. 1998. Liquid Chromatographic Determination of Methylxanthines and Catechins in Herbal Preparations Containing Guaraná. *Journal of AOAC INTERNATIONAL* **81**(4):691-701.
  44. Chen J, Song J, Yuan P, Tian Q, Ji Y, Ren-Patterson R, Liu G, Sei Y, Weinberger DR. 2011. Orientation and Cellular Distribution of Membrane-bound Catechol-O-methyltransferase in Cortical Neurons. *Journal of Biological Chemistry* **286**(40):34752-34760.

45. Chisté LA et al. 2019. Worsening of Oxidative Stress, DNA Damage, and Atherosclerotic Lesions in Aged LDLr <sup>-/-</sup> Mice after Consumption of Guarana Soft Drinks. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity* (e9042526) DOI: 10.1155/2019/9042526
46. Colombani P, Wenk C, Kunz I, Krähenbühl S, Kuhnt M, Arnold M, Frey-Rindova P, Frey W, Langhans W. 1996. Effects of L-carnitine supplementation on physical performance and energy metabolism of endurance-trained athletes: a double-blind crossover field study. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology* **73**(5):434-439.
47. Correa VG et al. 2017. Effects of in vitro digestion and *in vitro* colonic fermentation on stability and functional properties of yerba mate (*Ilex paraguariensis* A. St. Hil.) beverages. *Food Chemistry* **237**:453-460.
48. DARIES H. 2012. *Nutrition for Sport and Exercise - A Practical Guide*. John Wiley & Sons, UK.
49. Davidson MH, Maki KC. 1999. Effects of Dietary Inulin on Serum Lipids. *The Journal of Nutrition* **129**(7):1474S-1477S
50. Davis JM, Zhao Z, Stock HS, Mehl KA, Buggy J, Hand GA. 2003. Central nervous system effects of caffeine and adenosine on fatigue. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology* **284**(2):R399-R404.
51. Decombaz J, Gmuender B, Sierro G, Cerretelli P. 1992. Muscle carnitine after strenuous endurance exercise. *Journal of Applied Physiology* **72**(2):423-427.
52. Dent G, Giembycz MA, Rabe KF, Wolf B, Barnes PJ, Magnussen H. 1994. Theophylline suppresses human alveolar macrophage respiratory burst through phosphodiesterase inhibition. *American Journal of Respiratory Cell and Molecular Biology* **10**(5):565-572.
53. Derin N, Aydin S, Yargicoglu P, Agar A. 2009. Changes in visual evoked potentials, lipid peroxidation and antioxidant enzymes in rats exposed to restraint stress: effect of L-carnitine. *International Journal of Neuroscience* **116**(3):205-221.
54. Deuchi K, Kanauchi O, Shizukuishi M, Kobayashi E. 1995a. Continuous and Massive Intake of Chitosan Affects Mineral and Fat-soluble Vitamin Status in Rats Fed on a High-fat Diet. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry* **59**(7):1211-1216.
55. Deuchi K, Kanauchi O, Imasato Y, Kobayashi E. 1995b. Effect of the Viscosity or Deacetylation Degree of Chitosan on Fecal Fat Excreted from Rats Fed on a High-fat Diet. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry* [online]. **59**(5):781-785.
56. Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases: report of a Joint WHO/FAO Expert Consultation. 2003. World Health Organization, Geneva
57. Direkze S, Jalan R. 2015. Diagnosis and Treatment of Low-Grade Hepatic Encephalopathy. *Digestive Diseases* **33**(4):562-569.
58. DO AR et al. 2018. Antiobesity Effects of Short-Chain Chitosan in Diet-Induced Obese Mice. *Journal of Medicinal Food* **21**(9):927-934.
59. Driskell JA, editor. 2007. *Sports Nutrition*. CRC Press, Boca Raton.
60. Dulloo AG, Geissler CA, Horton T, Collins A, Miller DS, 1989. Normal caffeine consumption: influence on thermogenesis and daily energy expenditure in lean and postobese human volunteers. *The American Journal of Clinical Nutrition*: **49**(1):44-50.

61. Dulloo AG, Seydoux J, Girardier L, Chantre P, Vandermander J. 2000. Green tea and thermogenesis: interactions between catechin-polyphenols, caffeine and sympathetic activity. *International Journal of Obesity* **24**(2):252-258.
62. Edwards HGM, Farwell DW, Oliveira LFC, Alia JM, Hyaric ML, Ameida MV 2005. FT-Raman spectroscopic studies of guarana and some extracts. *Analytica Chimica Acta* **532**(2):177-186.
63. EFSA, 2003. Opinion of the Scientific Panel on food additives, flavourings, processing aids and materials in contact with food (AFC) related to L-Carnitine-L-tartrate for use in foods for particular nutritional purposes. *EFSA Journal* **1**(12):1-13.
64. EFSA. 2011. Scientific Opinion on the substantiation of health claims related to chitosan and reduction in body weight (ID 679, 1499), maintenance of normal blood LDL-cholesterol concentrations (ID 4663), reduction of intestinal transit time (ID 4664) and reduction of inflammation (ID 1985) pursuant to Article 13(1) of Regulation (EC) No 1924/2006. *EFSA Journal* **9**(6):2214.
65. EFSA. 2012. Scientific Opinion on the substantiation of a health claim related to a combination of *Paullinia cupana* Kunth (guarana) and *Camellia sinensis* (L.) Kuntze (green tea) extracts and reduction of body weight pursuant to Article 13(5) of Regulation (EC) No 1924/2006. *EFSA Journal* **10**(12):3000.
66. El-Beshlawy A, Ramzi EA, El-Sattar MA, El-Deen MHG, Youssry I, Shaheen N, Hamdy M, El-Ghamrawy M, Taher A. 2007. Effect of L-carnitine on the physical fitness of thalassemic patients. *Annals of Hematology* **86**(1):31-34.
67. ERNST E, Pittler MH, 1998. Chitosan as a treatment for body weight reduction? A meta-analysis. *Perfusion* **11**(11):461-465
68. Evans AM, Fornasini G. 2003. Pharmacokinetics of L-Carnitine. *Clinical Pharmacokinetics* **42**(11):941-967.
69. Ferreira D, Moreira D, Costa EM, Silva S, Pintado MM, Couto JA. 2013. The Antimicrobial Action of Chitosan Against the Wine Spoilage Yeast *Brettanomyces/Dekkera*. *Journal of Chitin and Chitosan Science* **1**(3):240-245.
70. Fukada Y, Kimura K, Ayaki Y. 1991. Effect of chitosan feeding on intestinal bile acid metabolism in rats. *Lipids* **26**(5):395-399.
71. Gades MD, Stern JS, 2003. Chitosan Supplementation and Fecal Fat Excretion in Men. *Obesity Research* **11**(5):683-688.
72. Galvão SMP, Marques LC, Oliveira MGM, Carlini EA. 2002. Heteropterys aphrodisiaca (extract BST0298): a Brazilian plant that improves memory in aged rats. *Journal of Ethnopharmacology* **79**(3):305-311.
73. Gavrić A, Ribnikar M, Šmid L, Luzar B, Štabuc B. 2018. Fat burner–induced acute liver injury: Case series of four patients. *Nutrition* **47**:110-114.
74. Gilbert J-A, Bendsen NT, Tremblay A, Astrup A. 2011. Effect of proteins from different sources on body composition. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases* **21**:B16-B31.
75. Glaister M, Howatson G, Abraham CS, Lockey RA, Goodwin JE, Foley P, McInnes G. 2008. Caffeine Supplementation and Multiple Sprint Running Performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise* **40**(10):1835-1840.

76. Gnoatto SCB, Schenkel EP, Bassani VL. 2005. HPLC method to assay total saponins in *Ilex paraguariensis* aqueous extract. *Journal of the Brazilian Chemical Society* **16**(4):723-725.
77. Gorzalczany S, Filip R, Alonso MR, Miño J, Ferraro GE, Acevedo C. 2001. Choleric effect and intestinal propulsion of 'mate' (*Ilex paraguariensis*) and its substitutes or adulterants. *Journal of Ethnopharmacology* **75**(2-3):291-294.
78. Haller C, Jacob III P, BENOWITZ N. 2005. Short-term metabolic and hemodynamic effects of ephedra and guarana combinations. *Clinical Pharmacology & Therapeutics* **77**(6):560-571.
79. Han L-K, Zheng Y-N, Xu B-J, Okuda H, Kimura Y. 2002. Saponins from *Platycodi Radix* Ameliorate High Fat Diet-Induced Obesity in Mice. *The Journal of Nutrition* **132**(8):2241-2245.
80. Haskell CF, Kennedy DO, Wesnes KA, Milne AL, SCHOLEY AB. 2007. A double-blind, placebo-controlled, multi-dose evaluation of the acute behavioural effects of guarana in humans. *Journal of Psychopharmacology* **21**(1):65-70.
81. Hetzler RK, Knowlton RG, Somani SM, Brown DD, PERKINS RM. 1990. Effect of paraxanthine on FFA mobilization after intravenous caffeine administration in humans. *Journal of Applied Physiology* **68**(1):44-47.
82. Hiatt WR. 2004. Carnitine and Peripheral Arterial Disease. *Annals of the New York Academy of Sciences* **1033**(1):92-98.
83. Hursel R, Janssens PLHR, Bouwman FG, MARIMAN EC, Westerterp-Plantenga MS, Galgani J. 2014. The Role of Catechol-O-Methyl Transferase Val (108/158) Met Polymorphism (rs4680) in the Effect of Green Tea on Resting Energy Expenditure and Fat Oxidation: A Pilot Study. *PLoS ONE* (e106220) DOI: 10.1371/journal.pone.0106220
84. Imran M, Sajwan M, Alsuwayt B, Asif M, 2020. Synthesis, characterization and anticoagulant activity of chitosan derivatives. *Saudi Pharmaceutical Journal* **28**(1):25-32.
85. Institute of Medicine. 2005. Dietary reference intakes for energy, carbohydrate, fiber, fat, fatty acids, cholesterol, protein, and amino acids. National Academies Press, Washington D.C.
86. Ishida M, Kitao N, Mizuno K, Tanikawa N, Kato M. 2009. Occurrence of theobromine synthase genes in purine alkaloid-free species of *Camellia* plants. *Planta* **229**(3):559-568.
87. Jang S-H, Hossain MA, Lee JS, Reza MA, Lee S-P, Kang JW, Park S-C. 2018. Hepatoprotective effects of *Ilex paraguariensis* St. Hilaire (Yerba mate) extract in rats. *NISCAIR-CSIR* **17**(4):707-715.
88. Je,J-Y, Park P-J, Kim B, KIM S-K. 2006. Antihypertensive activity of chitin derivatives. *Biopolymers* **83**(3):250-254.
89. Jeukendrup AE, Randell R. 2011. Fat burners: nutrition supplements that increase fat metabolism. *Obesity Reviews* **2**(10):841-851.
90. Jouris KB, McDaniel JL, Weiss EP. 2011. The Effect of Omega-3 Fatty Acid Supplementation on the Inflammatory Response to eccentric strength exercise. *J Sports Sci Med* **10**(3): 432-438

91. Juliano LM, Griffiths RR. 2004. A critical review of caffeine withdrawal: empirical validation of symptoms and signs, incidence, severity, and associated features. *Psychopharmacology* **176**(1):1-29.
92. Jull AB, Mhurchu CN, Bennett DA, Dunshea-Mooij CAE, Rodgers A. 2008. Chitosan for overweight or obesity. *Cochrane Database of Systematic Reviews* (eCD003892) DOI: 10.1002/14651858.CD003892.pub3.
93. Kang Y-R, et al. 2012. Anti-obesity and anti-diabetic effects of Yerba Mate (*Ilex paraguariensis*) in C57BL/6J mice fed a high-fat diet. *Laboratory Animal Research* **28**(1):23-9
94. Karlic H, Lohninger S, Koeck T, Lohninger A. 2002. Dietary L-carnitine Stimulates Carnitine Acyltransferases in the Liver of Aged Rats. *Journal of Histochemistry & Cytochemistry* **50**(2):205-212.
95. Karlic H, Lohninger A. 2004. Supplementation of l-carnitine in athletes: does it make sense?. *Nutrition* **20**(7-8):709-715.
96. Kennedy DO, et al. 2008. Improved cognitive performance and mental fatigue following a multi-vitamin and mineral supplement with added guarana (*Paullinia cupana*). *Appetite* **50**(2-3):506-513.
97. Kim H-L, Park S-M, Geon-Sik Cho G-S, Kim K-Y, Kim I-C. 2010a. Physicochemical characteristics, antimicrobial activity, ACE inhibitory activity of chitosan-salt, and its antihypertensive effect. *Food Science and Biotechnology* **19**(3):777-784.
98. Kim T-W, Shin Y-O, Lee J-B, Min Y-K, Yang H-M. 2010b. Effect of caffeine on the metabolic responses of lipolysis and activated sweat gland density in human during physical activity. *Food Science and Biotechnology* **19**(4):1077-1081.
99. Kim S-Y, Oh M-R, Kim M-G, Chae H-J, Chae S-W. 2015. Anti-obesity effects of Yerba Mate (*Ilex Paraguariensis*): a randomized, double-blind, placebo-controlled clinical trial. *BMC Complementary and Alternative Medicine* **15**:338
100. Klokkevold PR, Vandemark L, Kenney EB, Bernard GW, 1996. Osteogenesis Enhanced by Chitosan (Poly-N-Acetyl Glucosaminoglycan) In Vitro. *Journal of Periodontology* **67**(11):1170-1175.
101. Kolida S, Tuohy K, Gibson GR. 2002. Prebiotic effects of inulin and oligofructose. *British Journal of Nutrition* **87**(S2):S193-S197.
102. Krajcovicová-Kudlacková M, Simoncic R, Bederova A, Babinska K, Beder I. 2000. Correlation of carnitine levels to methionine and lysine intake. *Physiol Res* **49**(3):399-402.
103. Krewer CC et al. 2011. Habitual Intake of Guaraná and Metabolic Morbidities: An Epidemiological Study of an Elderly Amazonian Population. *Phytotherapy Research* **25**(9):1367-74
104. Lanham-New S, Stear S, Shirreffs S, Collins A. 2011. *Sport and Exercise Nutrition*. John Wiley and Sons Ltd, Velká Británie
105. Lattari E, Vieira LAF, Santos LER, Abreu MAJ, Rodrigues GM, Oliveira BRR, Machado S, Neto GAM, Santos TM. 2022. Transcranial Direct Current Stimulation Combined With or Without Caffeine: Effects on Training Volume and Pain Perception. *Research Quarterly for Exercise and Sport* **94**(1):45-54



106. Lee C-L, Lin J-C, Cheng C-F. 2011. Effect of caffeine ingestion after creatine supplementation on intermittent high-intensity sprint performance. *European Journal of Applied Physiology* **111**(8):1669-1677.
107. Li-Chan ECY, Lacroix IME. 2017. Properties of proteins in food systems: An introduction. Pages 1-26 in Yada RY, editor. Elsevier Science & Technology, Velká Británie
108. Lidilhone H, Genise VS, Neusa T. 2013. *Paullinia cupana* Kunth (Sapindaceae): A review of its ethnopharmacology, phytochemistry and pharmacology. *Journal of Medicinal Plants Research* **7**(30):2221-2229.
109. Lima ME, Colpo AC, Maya-López M, Rosa H, Túnez I, Galván-Arzate S, Santamaría A, Folmer V. 2017. Protective effect of Yerba mate (*Ilex paraguariensis* St. Hill.) against oxidative damage *in vitro* in rat brain synaptosomal/mitochondrial P2 fractions. *Journal of Functional Foods* **34**:447-452.
110. Liss MA, et al. 2019. Higher baseline dietary fat and fatty acid intake is associated with increased risk of incident prostate cancer in the SABOR study. *Prostate Cancer and Prostatic Diseases* **22**(2):244-251.
111. Maas MN, Hintzen JCJ, Porzberg MRB, Mecinović J. 2020. Trimethyllysine: From Carnitine Biosynthesis to Epigenetics. *International Journal of Molecular Sciences* **21**(24):9451.
112. Maezaki Y, et al. 1993. Hypocholesterolemic Effect of Chitosan in Adult Males. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry* **57**(9):1439-1444.
113. Majhenič L, Škerget M, Knez Ž. 2007. Antioxidant and antimicrobial activity of guarana seed extracts. *Food Chemistry* **104**(3):1258-1268.
114. Martinet A, Hostettmann K, Schutz Y. 1999. Thermogenic effects of commercially available plant preparations aimed at treating human obesity. *Phytomedicine* **6**(4):231-238.
115. Maughan RJ, Burke LM. 2002. *Handbook of Sports Medicine and Science: Sports Nutrition*. John Wiley & Sons
116. Menzel J, Longree A, Abraham K, Schulze MB, Weikert C. 2022. Dietary and Plasma Phospholipid Profiles in Vegans and Omnivores—Results from the RBVD Study. *Nutrients* **14**(14).
117. Meurer-Grimes B, Berkov A, Beck H. 1998. Theobromine, theophylline, and caffeine in 42 samples and products of Guarana (*Paullinia cupana*, *Sapindaceae*). *Economic Botany* **52**(3):293-301.
118. Mhurchu CN, et al. 2004. The effect of the dietary supplement, Chitosan, on body weight: a randomised controlled trial in 250 overweight and obese adults. *International Journal of Obesity* **28**(9):1149-1156.
119. Mingrone G, Greco AV, Capristo E, Benedetti G, Giancaterini A, Gaetano A, Gasbarrini G. 1999. L-Carnitine Improves Glucose Disposal in Type 2 Diabetic Patients. *Journal of the American College of Nutrition* **18**(1):77-82.
120. Ministerstvo zemědělství. 2018. Vyhláška 58/2018 ze dne 29. března 2018 o doplňcích stravy a složení potravin. Pages 738–744 in *Sbírka zákonů České republiky, 2018, částka 29, Česká republika*.

121. Molfino A, Cascino A, Conte C, Ramaccini C, Fanelli FR, Laviano A. 2010. Caloric Restriction and L-Carnitine Administration Improves Insulin Sensitivity in Patients With Impaired Glucose Metabolism. *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition* **34**(3):295-299.
122. Mora-Esteves C, Shin D. 2013. Nutrient Supplementation: Improving Male Fertility Fourfold. *Seminars in Reproductive Medicine* **31**(04):293-300.
123. Moraru C, Mincea MM, Frandes M, Timar B, Ostafe V. 2018. A Meta-Analysis on Randomised Controlled Clinical Trials Evaluating the Effect of the Dietary Supplement Chitosan on Weight Loss, Lipid Parameters and Blood Pressure. *Medicina* **54**(6):109
124. Morton DP, Aragón-Vargas LF, Callister R. 2004. Effect of Ingested Fluid Composition on Exercise-Related Transient Abdominal Pain. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism* **14**(2):197-208.
125. Mosimann ALP, Wilhelm-Filho D, Silva EL. 2006. Aqueous extract of *Ilex paraguariensis* attenuates the progression of atherosclerosis in cholesterol-fed rabbits. *BioFactors* **26**(1):59-70.
126. Moustakas D, Mezzio M, Rodriguez BR, Constable MA, Mulligan ME, Voura EB, Holscher C. 2015. Guarana Provides Additional Stimulation over Caffeine Alone in the Planarian Model. *PLOS ONE* (e0123310) DOI:10.1371/journal.pone.0123310
127. Munzar P, Justinova Z, Kutkat S, Ferré S, Goldberg S. 2002. Adenosinergic modulation of the discriminative-stimulus effects of methamphetamine in rats. *Psychopharmacology* **161**(4):348-355.
128. Muzzarelli RAA, Stanic V, Ramos V. 1999. Enzymatic Depolymerization of Chitins and Chitosans. *Carbohydrate Biotechnology Protocols. Methods in Biotechnology™* **10**:197-211
129. Muzzarelli RAA. 2009. Chitins and chitosans for the repair of wounded skin, nerve, cartilage and bone. *Carbohydrate Polymers* **76**(2):167-182.
130. Myers MG, Reeves RA. 1991. The Effect of Caffeine on Daytime Ambulatory Blood Pressure. *American Journal of Hypertension* **4**(5\_Pt\_1):427-431.
131. Narita Y, Iwai K, Fukunaga T, Nakagiri O. 2012. Inhibitory Activity of Chlorogenic Acids in Decaffeinated Green Coffee Beans against Porcine Pancreas Lipase and Effect of a Decaffeinated Green Coffee Bean Extract on an Emulsion of Olive Oil. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry* **76**(12):2329-2331.
132. Nehlig A, Daval J-L, Debry G. 1992. Caffeine and the central nervous system: mechanisms of action, biochemical, metabolic and psychostimulant effects. *Brain Research Reviews* **17**(2):139-170.
133. Ngo D-H, Vo T-S, Ngo D-N, Kang K-H, Je J-Y, Pham HND, Byun H-G, Kim S-K. 2015. Biological effects of chitosan and its derivatives. *Food Hydrocolloids* **51**:200-216.
134. Niness KR. 1999. Inulin and Oligofructose: What Are They?. *The Journal of Nutrition* **129**(7):1402S-1406S.
135. Obici S, Feng Z, Arduini A, Conti R, Rossetti L. 2003. Inhibition of hypothalamic carnitine palmitoyltransferase-1 decreases food intake and glucose production. *Nature Medicine* **9**(6):756-761.

136. Ojeda P, Pérez A, Ojeda L, Vargas-Uribe M, Rivas CI, Salas M, Vera JC, Reyes AM. 2012. Noncompetitive blocking of human GLUT1 hexose transporter by methylxanthines reveals an exofacial regulatory binding site. *American Journal of Physiology-Cell Physiology* **303**(5):C530-C539.
137. Oliveira EP, Torezan GA, Goncalves LS, Corrente JE, Portero Mclellan KC, Burini RC. 2016. Acute intake of Yerba mate increases energy expenditure of health young men: a pilot study. *IBPEFEX* **10**(59):242-249.
138. Outlaw J, Wilborn C, Smith A, Urbina S, Hayward S, Foster C, Wells S, Wildman R, Taylor L. 2013. Effects of ingestion of a commercially available thermogenic dietary supplement on resting energy expenditure, mood state and cardiovascular measures. *Journal of the International Society of Sports Nutrition* **10**(1):25
139. Öz M, Ucak İ, Nayik GA. 2022. PUFA and MUFA. Pages 199-215 in Kour J, Nayik GA, editors. *Nutraceuticals and Health Care*. Academic Press, Indie
140. Pang J, Choi Y, Park T. 2008. *Ilex paraguariensis* extract ameliorates obesity induced by high-fat diet: Potential role of AMPK in the visceral adipose tissue. *Archives of Biochemistry and Biophysics* **476**(2):178-185.
141. Panjwani U, Thakur L, Anand JP, Singh SN, Amitabh, Singh SB, Banerjee PK. 2007. Effect of l-Carnitine Supplementation on Endurance Exercise in Normobaric/Normoxic and Hypobaric/Hypoxic Conditions. *Wilderness & Environmental Medicine* **18**(3):169-176.
142. Park M-E, Kim HU. 2022. Applications and prospects of genome editing in plant fatty acid and triacylglycerol biosynthesis. *Frontiers in Plant Science* (e969844) DOI: 10.3389/fpls.2022.969844
143. Pekala J, Patkowska-Sokola B, Bodkowski R, Jamroz D, Nowakowski P, Lochynski S, Librowski T. 2011. L-Carnitine - Metabolic Functions and Meaning in Humans Life. *Current Drug Metabolism* **12**(7):667-678.
144. Phillips SM, Van Loon LJC. 2011. Dietary protein for athletes: From requirements to optimum adaptation. *Journal of Sports Sciences* **29**(1):S29-S38.
145. Pomportes L, Davranche K, Brisswalter I, Hays A, Brisswalter J. 2015. Heart Rate Variability and Cognitive Function Following a Multi-Vitamin and Mineral Supplementation with Added Guarana (*Paullinia cupana*). *Nutrients* **7**(1):196-208.
146. Pomportes L, Brisswalter J, Casini L, Hays A, Davranche K. 2017. Cognitive Performance Enhancement Induced by Caffeine, Carbohydrate and Guarana Mouth Rinsing during Submaximal Exercise. *Nutrients* **9**(6):589
147. Poortmans JR, Dellalieux O. 2000. Do Regular High Protein Diets Have Potential Health Risks on Kidney Function in Athletes?. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism* **10**(1):28-38.
148. Pooyandjoo M, Nouhi M, Shab-Bidar S, Djafarian K, Olyaeemanesh A. 2016. The effect of (L-)carnitine on weight loss in adults: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Obesity Reviews* **17**(10):970-976.
149. Portella RL, Barcelos RP, Rosa EJF, Ribeiro EE, Cruz IBM, Suleiman L, Soares FAA. 2013. Guaraná (*Paullinia cupana Kunth*) effects on LDL oxidation in elderly people: an in vitro and in vivo study. *Lipids in Health and Disease* **12**(1):12

150. Radulescu A, Gannon MC, Nuttall FQ. 2010. The Effect on Glucagon, Glucagon-Like Peptide-1, Total and Acyl-Ghrelin of Dietary Fats Ingested with and without Potato. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism* **95**(7):3385-3391.
151. Rat P, Leproux P, Fouyet S, Olivier E. 2022. Forskolin Induces Endocrine Disturbance in Human JEG-3 Placental Cells. *Toxics* **10**(7):355
152. Ray KS, Singhania PR. 2014. Glycemic and insulinemic responses to carbohydrate rich whole foods. *Journal of Food Science and Technology* **51**(2):347-352.
153. Rebouche CJ, Bosch EP, Chenard CA, Schabold KJ, Nelson SE. 1989. Utilization of Dietary Precursors for Carnitine Synthesis in Human Adults. *The Journal of Nutrition* **119**(12):1907-1913.
154. Rebouche C. 2004. Kinetics, Pharmacokinetics, and Regulation of L-Carnitine and Acetyl-L-carnitine Metabolism. *Annals of the New York Academy of Sciences* **1033**(1):30-41.
155. Reddy ST, Wang C-Y, Sakhae K, Brinkley L, Pak CYC. 2002. Effect of low-carbohydrate high-protein diets on acid-base balance, stone-forming propensity, and calcium metabolism. *American Journal of Kidney Diseases* **40**(2):265-274.
156. Referenční hodnoty pro příjem živin, 2011. Společnost pro výživu, Praha
157. ROUBÍK, Lukáš, 2018. Moderní výživa ve fitness a silových sportech. Erasport, Praha
158. Ruggenenti P, Cattaneo D, Loriga G, Ledda F, Motterlini N, Gherardi G, Orisio S, Remuzzi. 2009. Ameliorating Hypertension and Insulin Resistance in Subjects at Increased Cardiovascular Risk. *Hypertension* **54**(3):567-574.
159. Ruiz-Núñez B, Kuipers RS, Luxwolda MF, Graaf DJ, Breeuwsma BB, Dijck-Brouwer DAJ, Muskiet FAJ. 2014. Saturated fatty acid (SFA) status and SFA intake exhibit different relations with serum total cholesterol and lipoprotein cholesterol: a mechanistic explanation centered around lifestyle-induced low-grade inflammation. *The Journal of Nutritional Biochemistry* **25**(3):304-312.
160. Ruxton CHS, Kirkwood L, Mcmillan B, St John D, Evans CEL. 2007. Effectiveness of a herbal supplement (Zotrim™) for weight management. *British Food Journal* **109**(6):416-428.
161. Ryu S, Choi S-K, Joung S-S, Suh H, Cha Y-S, Lee S, Lim K. 2001. Caffeine as a Lipolytic Food Component Increases Endurance Performance in Rats and Athletes. *Journal of Nutritional Science and Vitaminology* **47**(2):139-146.
162. Saldaña MDA, Mohamed RS, Baer MG, Mazzafera P. 1999. Extraction of Purine Alkaloids from Mate (*Ilex paraguariensis*) Using Supercritical CO<sub>2</sub>. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **47**(9):3804-3808.
163. Salsinha AS, Machado M, Rodríguez-Alcalá LM, Gomes AM, Pintado M. 2022. Bioactive lipids: Chemistry, biochemistry, and biological properties. Pages 1-36 in Pintado M, Machado M, Gomes AM, Salsinha AS, Rodríguez-Alcalá LM, editors. *Bioactive lipids*. Elsevier Science Publishing Co Inc, United States

164. Salehpour S, Nazari L, Hoseini S, Moghaddam PB, Gachkar L. 2019. Effects of L-carnitine on Polycystic Ovary Syndrome. *JBRA Assisted Reproduction* **23**(4):392-395
165. Saluk-Juszczak J, Olas B, Wachowicz B, Glowacki R, Bald E. 2010. L-carnitine modulates blood platelet oxidative stress. *Cell Biology and Toxicology* **26**(4):355-365.
166. Sato C, Izumi N, Nouchi T, Hasumura Y, Takeuchi J. 1985. Increased hepatotoxicity of acetaminophen by concomitant administration of caffeine in the rat. *Toxicology* **34**(2):95-101.
167. Scher AI, Stewart WF, Lipton RB. 2004. Caffeine as a risk factor for chronic daily headache: A population-based study. *Neurology* **63**(11):2022-2027.
168. Schneiker KT, Bishop D, Dawson B, Hackett LP. 2006. Effects of Caffeine on Prolonged Intermittent-Sprint Ability in Team-Sport Athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise* **38**(3):578-585.
169. Seo MH, Park JH, Kwak H-S. 2010. Antidiabetic activity of nanopowdered chitosan in db/db mice. *Food Science and Biotechnology* **19**(5):1245-1250.
170. Seo Y-M, Noh K-H, Kong MJ, Lee DH, Kang MJ, Jahng Y, Kang W, Jeong BS, Jeong TC. 2011. Effects of Rutaecarpine on the Pharmacokinetics of Caffeine and Its Three Metabolites in Rats. *Biomolecules and Therapeutics* **19**(2):243-247.
171. Shaw C, Mortimer P, Judd PA. 2007. Randomized controlled trial comparing a low-fat diet with a weight-reduction diet in breast cancer-related lymphedema. *Cancer* **109**(10):1949-1956.
172. Shilo L, Sabbah H, Hadari R, Kovatz S, Weinberg U, Dolev S, Dagan Y, Shenkman L. 2002. The effects of coffee consumption on sleep and melatonin secretion. *Sleep Medicine* **3**(3):271-273.
173. Silvestrini GI, Marino F, Cosentino M. 2013. Effects of a commercial product containing guarana on psychological well-being, anxiety and mood: a single-blind, placebo-controlled study in healthy subjects. *Journal of Negative Results in BioMedicine* **12**(1).
174. Smith WA, Fry AC, Tschume LC, Bloomer RJ. 2008. Effect of Glycine Propionyl-L-Carnitine on Aerobic and Anaerobic Exercise Performance. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism* **18**(1):19-36.
175. Smith A, Sutherland D, Hewlett P. 2015. An Investigation of the Acute Effects of Oligofructose-Enriched Inulin on Subjective Wellbeing, Mood and Cognitive Performance. *Nutrients* **7**(11):8887-8896.
176. Smolarek PC, Esmerino LA, Chibinski AC, Bortoluzzi MC, Santos EB, Junior VAK. 2015. *In vitro* antimicrobial evaluation of toothpastes with natural compounds. *European Journal of Dentistry* **09**(04):580-586.
177. Song L, Kong M, Ma Y, Ba M, Liu Z. 2009. Inhibitory effect of 8-(3-chlorostyryl) caffeine on levodopa-induced motor fluctuation is associated with intracellular signaling pathway in 6-OHDA-lesioned rats. *Brain Research* **1276**:71-179.

178. Stephens FB, Constantin-Teodosiu D, Laithwaite D, Simpson EJ, Greenhaff PL. 2005. Insulin stimulates L-carnitine accumulation in human skeletal muscle. *The FASEB Journal* **20**(2):377-379.
179. Stephens FB, Constantin-Teodosiu D, Greenhaff PL. 2007. New insights concerning the role of carnitine in the regulation of fuel metabolism in skeletal muscle. *The Journal of Physiology* **581**(2):431-444.
180. Strijbis K, Vaz FM, Distel B. 2010. Enzymology of the carnitine biosynthesis pathway. *IUBMB Life* **62**(5):357-362
181. Sun T, Zhou D, Xie J, Mao F. 2007. Preparation of chitosan oligomers and their antioxidant activity. *European Food Research and Technology* **225**(3-4):451-456.
182. Sung DJ, Kim S, Kim J, An HS, So W-Y. 2016. Role of l-carnitine in sports performance: Focus on ergogenic aid and antioxidant. *Science & Sports* **31**(4):177-188.
183. Swart I, Rossouw J, Loots JM, Kruger MC. 1997. The effect of L-carnitine supplementation on plasma carnitine levels and various performance parameters of male marathon athletes. *Nutrition Research* **17**(3):405-414.
184. Terai K, Horie S, Fukuhara S, Miyagawa Y, Kobayashi K, Tsujimura A. 2019. Combination therapy with antioxidants improves total motile sperm counts: A Preliminary Study. *Reproductive Medicine and Biology* **19**(1):89-94.
185. Thoma W, Henderson L. 1984. Effect of vitamin C deficiency on hydroxylation of trimethylaminobutyrate to carnitine in the guinea pig. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - General Subjects* **797**(1):136-139.
186. Trappe S, Costill D, Goodpaster B, Vukovich M, Fink W. 1994. The Effects of L-Carnitine Supplementation on Performance During Interval Swimming. *International Journal of Sports Medicine* **15**(04):181-185.
187. Trexler ET, Smith-Ryan AE, Roelofs EJ, Hirsch KR, Mock MG. 2016. Effects of coffee and caffeine anhydrous on strength and sprint performance. *European Journal of Sport Science* **16**(6):702-710.
188. Trivedi VR, Satia MC, Deschamps A, Maquet V, Shah RB, Zinzuwadia PH, Trivedi JV. 2015. Single-blind, placebo controlled randomised clinical study of chitosan for body weight reduction. *Nutrition Journal* **15**(1):3
189. Ursing C, Wikner, Brismar JK, Röjdmarm S. 2003. Caffeine raises the serum melatonin level in healthy subjects: An indication of melatonin metabolism by cytochrome P450(CYP)1A2. *Journal of Endocrinological Investigation* **26**(5):403-406.
190. Veasey R, Haskell-Ramsay C, Kennedy D, Wishart K, Maggini S, Fuchs C, Stevenson E. 2015. The Effects of Supplementation with a Vitamin and Mineral Complex with Guarana Prior to Fasted Exercise on Affect, Exertion, Cognitive Performance, and Substrate Metabolism: A Randomized Controlled Trial. *Nutrients* **7**(8):6109-6127.
191. Venderley AM, Campbell WW. 2006. Vegetarian Diets. *Sports Medicine* **36**(4):293-305.
192. Vieira AJSC, Gaspar EM, Santos PMP. 2020. Mechanisms of potential antioxidant activity of caffeine. *Radiation Physics and Chemistry* (e108968) DOI:10.1016/j.radphyschem.2020.108968

193. Vilikus Z. 2015. *Výživa sportovců a sportovní výkon*. 2. vydání. Univerzita Karlova v Praze, Praha.
194. Villani RG, Gannon J, Self M, Rich PA. 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.
195. Wada M, Nishimura Y, Watanabe Y, Takita T, Innami S. 1997. Accelerating Effect of Chitosan Intake on Urinary Calcium Excretion by Rats. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry* **61**(7):1206-1208.
196. Wall BT, Stephens FB, Constantin-Teodosiu D, Marimuthu K, Macdonald IA, Greenhaff PL. 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.
197. Watson EJ, Banks S, Coates AM, Kohler MJ. 2017. The Relationship Between Caffeine, Sleep, and Behavior in Children. *Journal of Clinical Sleep Medicine* **13**(04):533-543.
198. Woodruff K. 2016. *Sports Nutrition*. Momentum Press, New York
199. Wrolstad RE. 2012. *Food Carbohydrate Chemistry*. Iowa State University Press, United States
200. Xu H, Fang Z, Tian W, Wang Y, Ye Q, Zhang L, Cai J. 2018. Green Fabrication of Amphiphilic Quaternized  $\beta$ -Chitin Derivatives with Excellent Biocompatibility and Antibacterial Activities for Wound Healing. *Advanced Materials* (e1801100) DOI: 10.1002/adma.201801100
201. Yimam M, et al. 2016. Appetite Suppression and Antiobesity Effect of a Botanical Composition Composed of *Morus alba*, *Yerba mate*, and *Magnolia officinalis*. *Journal of Obesity* **2016**:1-12.
202. Yuan X, et al. 2016. Rutin ameliorates obesity through brown fat activation. *The FASEB Journal* **31**(1):333-345.
203. Zhang J, Xia W, Liu P, Cheng Q, Tahi T, Gu W, Li B. 2010. Chitosan Modification and Pharmaceutical/Biomedical Applications. *Marine Drugs* **8**(7):1962-1987.
204. Zhang R, Hong X, Jain DK. 2021. Effect of Sports Nutrition Supplement on the Increase of Physical Strength Based on Mobile Sensor Network Technology. *Wireless Communications and Mobile Computing* **2021**:1-12.

## 6 Seznam použitých zkratk a symbolů

Acetyl-CoA	acetylkoenzym A
ALCAR	acetyl-L-karnitin
AMP	adenosinmonofosfátu
AMPK	adenomonofosfátaktivovaná protein kináza
ATP	adenosintrifosfátu
CHO	oxidace sacharidů
cAMP	cyklické adenosinmonofosfátu
CNS	centrální nervová soustava
COMT	katechol-O-methyltransferáza
COP	cyklistické cvičení odpovídající intenzitě
COS	chito-oligomery
DHA	dokosahexaénová kyselina
EE	energetický výdej
EPA	eikosapentaénová kyselina
FAD	flavinadenindinukleotid
FAO	oxidace mastných kyselin
FFA	volný mastný kyseliny (free fattyacids)
FMN	flavinmonukleotid
GPLC	glycin propionyl-L-karnitin
HFD	vysokotučná dieta
HMB	hydroxymethylbutyrát
LCLT	L-karnitin L-tartrát
LDL	nízkodenzitní lipoprotein
MUFA	mononenasyčené mastné kyseliny
MW	molární hmotnost
NAD	nikotinamidadenindinukleotid
NADP	nikotinamidadenindinukleotidfosfát
PDH	pyruvátdehydrogenázový komplex
PLC/PL	placebo
POMS	profil skóre stavu nálady
PUFA	polynenasycené mastné kyseliny
RDA	doporučená denní dávka
RNS	reaktivní formy dusíku
ROS	reaktivní formy kyslíku
SFA	nasyčené mastné kyseliny
SNS	sympatická nervová soustavy
SST	submaximální krokový test
TAG	triacylglycerol
TT	test času na cykloergometru
UCP1	uncoupling proteinu
VAS	subjektivní stupnici chuti k jídlu
VO <sub>2max</sub>	maximální množství kyslíku
WHO	Světová zdravotní organizace
WHR	poměr obvodu pasu a obvodu boků
YGD	rostlinná formulace (kapsle yerba mate)



## **7 Seznam tabulek a obrázků**

### **7.1 Seznam tabulek**

**Tabulka 1:** Energetická hodnota jednotlivých živin

**Tabulka 2:** Proteinogenní aminokyseliny v lidském těle

**Tabulka 3:** Esenciální, semiesenciální a neesenciální aminokyseliny

**Tabulka 4:** Dávkování bílkovin v gramech na kg tělesné hmotnosti za den

**Tabulka 5:** Základní funkce a zdroje sacharidů ve výživě člověka

**Tabulka 6:** Doporučený příjem sacharidů v gramech na kg tělesné hmotnosti za den

**Tabulka 7:** Doporučený příjem tuků

**Tabulka 8:** Příklady SFA, MUFA, PUFA

**Tabulka 9:** Zdroje tuků podle obsahu mastných kyselin

**Tabulka 10:** Doporučené denní dávky vitaminů a minerálních látek

**Tabulka 11:** Formy výdeje vody z našeho těla

### **7.2 Seznam obrázků**

**Obrázek 1:** Chemická struktura L-karnitinu, acetyl-L-karnitinu, glycinupropionyl-L-karnitinu

**Obrázek 2:** Schéma popisující biosyntetickou dráhu L-karnitinu u lidí

**Obrázek 3:** Chemická struktura chitosanu

**Obrázek 4:** Chemická struktura kofeinu a jeho metabolitů

**Obrázek 5:** Chemická struktura některých fytochemikálií mate