

**Mendelova univerzita v Brně**

**Agronomická fakulta**

**Ústav technologie potravin**

---



**Agronomická  
fakulta**

**Mendelova  
univerzita  
v Brně**



## **Výběr potravin ve výživě sportovců**

Bakalářská práce

*Vedoucí práce:*

prof. MVDr. Ing. Tomáš Komprda, CSc.

*Vypracovala:*

Dominika Mašková

---

Brno 2017

## Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci: „Výběr potravin ve výživě sportovců“ vypracovala samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a v souladu s platnou Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací.

Jsem si vědom/a, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše

V Brně dne:.....

.....  
podpis

**Poděkování:**

Děkuji vedoucímu mé bakalářské práce prof. MVDr. Ing. Tomáši Komprdovi, CSc. za cenné rady, připomínky a literární prameny, které mi během zpracování této bakalářské práce poskytl.

## **ABSTRAKT**

Tato bakalářská práce je zaměřena na výběr potravin ve výživě sportovců, především na rozdíly v potřebě živin a energie u silových a vytrvalostních sportů.

První dvě kapitoly jsou věnované zásadám racionální výživy a základním složkám potravin. Třetí kapitola popisuje energetický metabolismus během fyzické zátěže. Další kapitoly zahrnují specifika v příjmu základních živin ve výživě sportovců, včetně pitného režimu. Dále jsou v těchto kapitolách popsány odlišnosti v načasování a výběru potravin před zátěží, v průběhu zátěže a po zátěži se zaměřením na rozdíly v silových a vytrvalostních sportech. Šestá kapitola je věnována problematice funkčních a fortifikovaných potravin. Poslední kapitola je zaměřena na doplňky stravy a jejich využití ve výživě sportovců.

**Klíčová slova:** sportovní výživa, doplňky stravy, energetický metabolismus

## **ABSTRACT**

This bachelor thesis is focused on a food selection in sport nutrition, especially on differences in nutrients and energy needs in strength and endurance sports.

The first two chapters are devoted to principles of rational nutrition and basic components of nutrition. The third chapter describes energy metabolism during exercise. The other chapters include specifics in the intake of basic nutrients in sport nutrition, fluid intake including. Furthermore in these chapters are described the differences in food timing and choices before, during and after exercise according to the differences between endurance and strength sports. The sixth chapter is devoted to an issue of functional and fortified foods. The last chapter's aims are food supplements and their use in sport nutrition.

**Key words:** sport nutrition, food supplements, energy metabolism

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>7</b>
<b>CÍL PRÁCE</b> .....	<b>8</b>
<b>1 ZÁSADY RACIONÁLNÍ VÝŽIVY</b> .....	<b>9</b>
<b>2 ZÁKLADNÍ NUTRIENTY VE STRAVĚ</b> .....	<b>11</b>
2.1 Sacharidy .....	11
2.1.1 Dělení sacharidů .....	11
2.1.2 Zdroje dietárních sacharidů .....	13
2.1.3 Trávení sacharidů .....	14
2.1.4 Glykémie a zásoby glykogenu .....	15
2.1.5 Glykemický index (GI) .....	16
2.1.6 Potravní vláknina .....	17
2.2 Lipidy .....	18
2.2.1 Dělení lipidů .....	19
2.2.2 Zdroje tuků .....	20
2.2.3 Mastné kyseliny .....	20
2.2.4 Trávení lipidů .....	23
2.3 Bílkoviny .....	25
2.3.1 Zdroje bílkovin .....	26
2.3.2 Struktura bílkovin .....	27
2.3.3 Dělení aminokyselin .....	28
2.3.4 Dělení bílkovin .....	29
2.3.5 Trávení bílkovin .....	30
2.3.6 Metabolismus bílkovin .....	31
2.3.7 Nutriční hodnota bílkovin .....	31
2.3.8 Dusíková bilance .....	34
2.4 Vitaminy .....	35
2.4.1 Vitaminy rozpustné ve vodě .....	35
2.4.2 Vitaminy rozpustné v tucích .....	38
2.5 Minerální látky .....	39
<b>3 METABOLISMUS SVALOVÉ TKÁNĚ</b> .....	<b>43</b>
3.1 Svalová vlákna a jejich metabolické odlišnosti .....	43

3.2	Energetické krytí při svalové práci.....	44
3.2.1	ATP a CP.....	44
3.2.2	Anaerobní metabolismus (krátkodobá energie).....	45
3.2.3	Aerobní metabolismus (dlouhodobá energie).....	45
3.2.4	Bílkoviny jako zdroj energie.....	46
3.3	Využití živin v průběhu zátěže.....	46
3.3.1	Využití živin u zátěže s vysokou intenzitou.....	46
3.3.2	Využití živin u vytrvalostní zátěže.....	47
<b>4</b>	<b>SPECIFIKA V PŘÍJMU ŽIVIN VE VÝŽIVĚ SPORTOVců.....</b>	<b>49</b>
4.1	Sacharidy.....	49
4.2	Bílkoviny.....	50
4.3	Tuky.....	51
4.4	Vitaminy.....	52
4.5	Minerální látky.....	52
4.6	Pitný režim.....	53
<b>5</b>	<b>VÝŽIVA PŘED ZÁTĚŽÍ, BĚHEM ZÁTĚŽE A PO ZÁTĚŽÍ.....</b>	<b>55</b>
5.1	Výživa před zátěží.....	55
5.2	Výživa během zátěže.....	56
5.3	Výživa po zátěži.....	57
5.3.1	Sacharidy po zátěži.....	57
5.3.2	Bílkoviny po zátěži.....	58
<b>6</b>	<b>FUNKČNÍ A FORTIFIKOVANÉ POTRAVINY.....</b>	<b>60</b>
6.1	Funkční potraviny.....	60
6.2	Významné funkční potraviny a jejich účinné složky.....	60
6.3	Fortifikované potraviny.....	61
<b>7</b>	<b>DOPLŇKY STRAVY A POTRAVNÍ DOPLŇKY.....</b>	<b>63</b>
7.1	Vybrané doplňky stravy u sportovců.....	63
	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>66</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERAURY.....</b>	<b>67</b>
	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>72</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ.....</b>	<b>73</b>

## ÚVOD

V současné době došlo v problematice sportovní výživy k velkému posunu. Většina sportovců si začíná uvědomovat, že ve vrcholového sportu, ve kterém často dochází k překračování fyziologických hranic zatěžování člověka, hraje výživa velkou roli. K opakovanému dosahování maximálních výsledků nestačí klást pouze důraz na tvrdý tréninkový plán, kvalitní vybavení a následnou regeneraci, ale velkým předpokladem pro dosažení maximálního úspěchu je správná strava a pitný režim.

Sportovci by měli být schopni se orientovat v zásadách racionálního stravování a využívat tyto poznatky k správné skladbě jídelníčku a načasování příjmu jednotlivých živin v závislosti na druhu prováděné fyzické aktivity. Vytrvalostní a silovní sportovci mají totiž rozdílné potřeby živin, které se odvíjí zejména od jejich rozdílné schopnosti využívat živiny jako energetické substráty během zátěže.

Velmi diskutovanou součástí výživy sportovců tvoří doplňky stravy, tzv. suplementy. V posledních letech ale roste tendence zajistit veškeré potřebné živiny, vitaminy a minerální látky z kvalitních potravin prostřednictvím vyvážené a správně načasované stravy. Teprve potom se přihlíží k používání doplňků stravy určených pro sportovce, které jsou dost často propagovány reklamou.

V rámci sportovní výživy je nutné si taky uvědomit rozdíly mezi vrcholovým a rekreačním sportem, umět se orientovat v intenzitě zátěže a vědět, kdy a které potraviny přijímat, aby byly dosaženy očekávané výsledky v obou sportovních kategoriích. Vrcholoví sportovci jsou velmi často přetěžováni a zaměřeni na dosahování co nejlepších výsledků. U rekreačního sportu není kladen takový důraz na výkon, intenzita zátěže je nižší a očekávaným výsledkem bývá často redukce tělesné hmotnosti nebo naopak nabírání svalové hmoty. Proto není pro rekreační sportovce správné převzít všechny doporučení, která jsou určena pro vrcholové sportovce.

## **CÍL PRÁCE**

Cílem této bakalářské práce bylo zaměřit se na výběr potravin ve výživě sportovců. Dále se zabývat specifiky sportovců v příjmu základních živin, pitného režimu, popsat rozdíly ve výživě u silových a vytrvalostních sportovců. V neposlední řadě se zaměřit na funkční a fortifikované potraviny, doplňky stravy a jejich případné použití ve výživě sportovců.



# 1 ZÁSADY RACIONÁLNÍ VÝŽIVY

Racionální výživa představuje optimální množství a poměr základních živin, ale i pro lidský organismus nezbytných minerálních látek a vitaminů. Mělo by se jednat o výživu, která odpovídá potřebám organismu, co do kvality i kvantity. Dále by měla respektovat individuální potřeby jedince v závislosti na pohlaví, věku, fyzické aktivitě, genetických dispozicích a aktuálním zdravotním stavu. Moderní racionální výživa musí také respektovat vědecké poznatky (KUNOVÁ, 2011). Základ tvoří tzv. smíšená strava, která je směsí různých výživových stylů, protože v každém z nich lze najít něco pozitivního. Základem racionální výživy je tedy pestrost, střídmost a plnohodnotnost. Nevyrovnanost v jednotlivých složkách stravy může být příčinou různých zdravotních problémů (např. civilizačních chorob) (CLARKOVÁ, 2000).

Ve výživě zdravého člověka s normální hmotností by měla být přijatá energie tvořena 50 – 60 % sacharidy, 30 – 35 % tuky a 10 – 20 % bílkovinami (KUNOVÁ, 2011). Celkové množství přijaté energie za celý den by mělo být rozděleno tak, aby snídaně tvořila 30 %, dopolední svačina 10 %, oběd 30 %, odpolední svačina 10 % a večeře 20 % (KLIMEŠOVÁ, 2016).

V poslední době byly vypracovány různé typy výživových pyramid, z nichž některé platí i pro lidi s alternativním způsobem stravování. Pyramidy graficky znázorňuje vhodné složení stravy.

Potraviny umístěné v základně pyramidy jsou doporučovány jako ty, které by měly být konzumovány nejčastěji a v největším množství. Směrem k vrcholu pyramidy bychom měli být při výběru potravin střidmější a ve špici jsou pak potraviny, bez kterých je možno se obejít nebo by se v jídelníčku měly objevovat jen výjimečně (např. sladkosti) (SMOLIN, GROSVENOR, 2010). Novinkou pak je řazení potravin podle vhodnosti i v rámci jednotlivých pater zleva doprava (KUNOVÁ, 2011).

V případě pyramidy se nejedná o striktní doporučení dávek. V rámci racionální výživy by mělo být dodrženo, že energie přijatá potravou by se měla rovnat energetickému výdeji.

U sacharidů byl kritériem při jejich zařazení do pyramidy obsah vlákniny, vitaminů a glykemický index.

U mléčných výrobků je podstatná přítomnost probiotických mikroorganismů a množství obsaženého tuku. Dobrým zdrojem kvalitních bílkovin a vápníku jsou zakysané mléčné výrobky, které navíc organismus zbytečně nezatěžují cholesterolem (KUNOVÁ, 2011).

V případě masa a ryb bylo kritériem množství a kvalita tuku. Proto jsou díky obsahu n-3 (omega-3) nenasycených mastných kyselin vhodnější ryby, než drůbež či červené maso. Červené maso je nutné konzumovat pro obsah dobře vstřebatelného železa, stačí ho ale jíst méně často.

Zelenina a ovoce jsou řazeny podle obsahu vlákniny, vitaminů a dalších tzv. fytoprotektivních látek, většinou s antioxidačními schopnostmi (KUNOVÁ, 2011).



**Obrázek 1** Česká výživová pyramida

Zdroj: KUNOVÁ, 2011

Z potravinové pyramidy vyplývá několik doporučení pro racionální výživu:

- zásadně jíst pestrou stavu rozloženou do celého dne
- zvýšit spotřebu zeleniny a ovoce na 600 g denně (400 g zeleniny, 200 g ovoce)
- denně konzumovat nejméně 2 l tekutin, přednostně vody
- pravidelná denní konzumace mléčných výrobků, především těch zakysaných
- v kuchyni preferovat rostlinné oleje
- jíst jen libové maso, bez viditelného tuku
- omezit smažené pokrmy, vyhýbat se oplatkám, keksům a sušenkám s náplní
- nepřisolovat a nekonzumovat instantní pokrmy
- udržovat si optimální tělesnou hmotnost, pravidelně sportovat (KUNOVÁ, 2011)

## 2 ZÁKLADNÍ NUTRIENTY VE STRAVĚ

### 2.1 Sacharidy

Sacharidy jsou nejrozšířenější přírodní látky, které živočichové a lidé přijímají potravou. Z chemického hlediska se jedná o polyhydroxyaldehydy (aldosy) či polyhydroxyketony (ketosy), což znamená, že ve své molekule obsahují hydroxylovou a karbonylovou skupinu, které v případě ketos může mít k sobě navázané 2 různé řetězce a v případě aldos 1 řetězec a 1 atom vodíku (VELÍŠEK, HAJŠLOVÁ, 2009).

#### Hlavní funkce sacharidů:

- zdroj a zásobárna energie
- základní složka buněčných stěn rostlin a bakterií (celulóza)
- stavební funkce – součást glykoproteinů a glykolipidů
- biologicky aktivní látky

(KLIMEŠOVÁ, 2016)

#### 2.1.1 Dělení sacharidů

Sacharidy lze rozdělit na jednoduché a komplexní. Mezi jednoduché sacharidy tzv. cukry řadíme monosacharidy a disacharidy. Komplexní sacharidy obsahují více jak 10 cukerných jednotek a řadíme mezi ně polysacharidy (KONOPKA, 2004). Na pomezí mezi jednoduchými a komplexními sacharidy pak stojí oligosacharidy (KUNOVÁ, 2011).

##### 2.1.1.1 Monosacharidy

Monosacharidy jsou základními stavebními kameny sacharidů a jsou tvořeny 1 cukernou jednotkou. Nejdůležitějšími z nich jsou glukóza, fruktóza a galaktóza. Glukóza a fruktóza se vyskytují především v ovoci, zelenině a medu. Zdrojem galaktózy je mléko (KONOPKA, 2004).

##### 2.1.1.2 Disacharidy

Disacharidy vznikají spojením 2 cukerných jednotek. Mezi disacharidy se řadí sacharóza, maltóza a laktóza. Laktóza je složena z molekuly glukózy a galaktózy,

nejčastějším zdrojem laktózy je pak mléko a mléčné výrobky. Maltóza je tvořena 2 molekulami glukózy. Maltóza není obsažena v mnoha potravinách, ale uvolňuje se ze škrobu při enzymatickém klíčení ječmene. Sacharóza se získává z cukrové třtiny a řepy, její molekula je pak tvořena molekulou glukózy a fruktózy (MCGUIRE, BEERMAN, 2013a).

### **2.1.1.3 Oligosacharidy**

Oligosacharidy jsou tvořeny 3 až 10 cukernými jednotkami. Radíme sem rafinózu (trisacharid) nebo stachyózu, jejichž zdrojem jsou luštěniny (KONOPKA, 2004).

### **2.1.1.4 Polysacharidy**

Polysacharidy jsou tvořeny více než 10 cukernými jednotkami. Patří mezi ně především rostlinné polysacharidy (škrob, inulin, celulóza) a živočišný glykogen. Polysacharidy jsou téměř bez chuti, na rozdíl od monosacharidů a disacharidů (KONOPKA, 2004).

## Škrob

Škrob je vytvářen fotosyntézou a představuje tak hlavní zásobní polysacharid rostlin, který se ukládá ve formě škrobových zrn v zásobních orgánech rostlin. Škrob je zastoupen především v obilovinách, bramborech, luštěninách a banánech (MCGUIRE, BEERMAN, 2013a).

Z chemického hlediska je škrob složen ze 2 polysacharidů: amylopektinu a amyulózy, jejichž monomerní jednotkou je glukóza. Amyulóza je polymer, který se skládá z glukózových jednotek navzájem spojených alfa-1,4-glykosidickou vazbou do nerozvětveného řetězce ve tvaru šroubovice. Amylopektin je vysoce molekulární a vysoce rozvětvený polymer, který obsahuje alfa-1,4 a alfa-1,6-glykosidické vazby (CUMMINGS, MANN, 2007).

Z fyziologického hlediska výživy se škrob řadí mezi využitelné polysacharidy. Většina škrobů je zcela stravitelná a podle stravitelnosti se rozdělují na rychle, pomalu stravitelný a rezistentní škrob (MCGUIRE, BEERMAN, 2013b).

Rychle stravitelný škrob se v tenkém střevě úplně stráví a resorbuje. Zdrojem jsou potraviny opracované vlhkým teplem, resp. vařené brambory a čerstvý chléb.

Pomalu stravitelný škrob je v tenkém střevě stráven pomalu, ale kompletně. Nachází se především v syrových cereáliích i částečně vymletých zrnech a semenech (KLIMEŠOVÁ, 2016).

Rezistentní škrob není stráven a resorbován v tenkém střevě, ale dostává se rovnou do tlustého střeva. Rezistentní škrob se člení do třech kategorií:

- RS1: fyzikálně nepřístupný škrob, je součástí buněčných stěn a není přístupný pro enzymovou hydrolyzu, např. škrob v luštěninách
- RS2: škrob v syrových bramborách a nezralých banánech, krystalická struktura škrobových zrn ztěžuje enzymatickou destrukci
- RS3: amylóza i amylopektin při náhlém ochlazení po předchozím zahřátí mohou rekrystalizovat a přejít tak na formu pro alfa-amylázu nedostupnou

Rezistentní škrob se řadí mezi nevyužitelné polysacharidy, má tedy podobnou funkci jako vláknina (KOMPRDA, 2007).

### Inulin

Inulin je zásobní polysacharid, který se vyskytuje v řadě rostlin, nejvíce v cibuli, kořenu čekanky a chřestu. Důležitý je fakt, že se inulin řadí mezi nestravitelné polysacharidy, takže prochází trávicím ústrojím v nepozměněné podobě. Fermentován je až v tlustém střevě, kde funguje jako zdroj živin (prebiotikum) pro symbiotické bakterie střevní mikroflóry. Nejdůležitějším zástupcem těchto probiotických bakterií je *Bifidobacterium bifidum* (KOMPRDA, 2007).

#### **2.1.2 Zdroje dietárních sacharidů**

Z hlediska racionální výživy by měly být sacharidy přijímány v podobě celozrnných obilnin, ovoce a zeleniny (MCGUIRE, BEERMAN, 2013a). Přehled dietárních zdrojů dietárních sacharidů je uveden v tabulce 1.

**Tabulka 1** Zdroje dietárních sacharidů

<b>Zdroje dietárních sacharidů</b>	
<b>Celé obilné zrno a celozrnné pečivo</b>	Celozrnný chléb, pečivo, obilné vločky
<b>Rýže</b>	Rýže natural, parabolická
<b>Brambory</b>	Vařené brambory
<b>Ovoce, ovocné šťávy, neslazené sušené ovoce</b>	

Zdroj: (KONOPKA, 2004)

### 2.1.3 Trávení sacharidů

Sacharidy bývají nejvíce přijímány ve stravě ve formě polysacharidů a disacharidů, v našich podmínkách pak nejvíce sacharidů přijímáme z obilovin a brambor. K tomu, aby byly sacharidy v lidském organismu využity, musí v trávicím traktu dojít k jejich rozštěpení, natrávení, absorbování a transportu do buněk (KLIMEŠOVÁ, 2016).

Chemické trávení škrobu začíná v dutině ústní, kde je alfa-1,4-glykosidická vazba hydrolyzována působením slinné alfa-amylázy (ptyalinu). Dochází tak ke štěpení amylázy a amylopektinu na kratší polysacharidy tzv. dextriny. Poté procházejí dextriny přes kyselé prostředí žaludku, díky kterému je činnost ptyalinu inaktivována, až do tenkého střeva. Dextriny zůstávají nepozměněné a v tenkém střevě pankreatická alfa-amyláza hydrolyzuje jejich alfa-1,4-glykosidickou vazbu, čímž dochází ke štěpení dextrinů na disacharid maltózu. Pankreatická alfa-amyláza hydrolyzuje pouze alfa-1,4-glykosidickou vazbu, ale dextriny vzniklé štěpením amylopektinu obsahují i alfa-1,6-glykosidickou vazbu, takže působením pankreatické alfa-amylázy vzniká nejenom maltóza, ale i tzv. limitující dextriny (SMOLIN, GROSVENOR, 2010).

Nakonec dochází k hydrolyzaci vazby maltózy pomocí enzymů kartáčového lemu enterocytů, které štěpí maltózu na 2 volné molekuly glukózy. Limitující dextriny, které jsou tvořeny 3 – 4 molekulami glukózy a alfa-1,6-glykosidickou vazbou, jsou také štěpeny pomocí enzymu kartáčového lemu enterocytů tzv. alfa-dextrinázy. Výsledkem štěpení amylázy a amylopektinu jsou molekuly glukózy, které jsou transportovány do enterocytů.

Trávení disacharidů (maltóza, sacharóza, laktóza) probíhá pouze v tenkém střevě pomocí enzymů označených pod souhrnným názvem disacharidázy (sacharáza, laktóza, maltóza). Sacharáza štěpí sacharózu na molekulu glukózy a fruktózy. Laktáza štěpí laktózu na molekulu glukózy a galaktózy, maltáza pak štěpí maltózu na 2 molekuly

glukózy. Uvolněné monosacharidy jsou transportovány do enterocytů (CUMMINGS, MANN, 2007).

Monosacharidy, jakožto výsledek trávení škrobu a disacharidů jsou transportovány z tenkého střeva do krve. Glukóza a galaktóza jsou absorbovány aktivním transportem pomocí přenašeče přes lumenální membránu enterocytů. Fruktóza je absorbována usnadněnou difúzí. Jakmile monosacharidy přestoupí přes bilaterální membránu enterocytů (pomocí usnadněné difúze), dostávají se do krevního řečiště a portálním oběhem jsou dopraveny do jater (SMOLIN, GROSVENOR, 2010).

#### **2.1.4 Glykémie a zásoby glykogenu**

Primárním zdrojem energie pro všechny buňky v lidském těle je glukóza. Pokud dojde k příjmu a následné absorpci většího množství glukózy než organismus potřebuje a je schopen zpracovat, dochází k ukládání glukózy ve formě glykogenu v játrech a svazech (MANDELOVÁ, HRNČIŘÍKOVÁ, 2007).

Játra využívají sacharidy jako zdroj energie a také vytváří zásoby sacharidů ve formě glykogenu. Množství uloženého glykogenu v játrech je asi 50 – 150 g glykogenu. Tento glykogen je využíván také k udržení stálé koncentrace glukózy v krvi tzv. glykémie. Krevní glukóza představuje nezbytný zdroj energie například pro mozkové buňky, které jsou závislé na kontinuálním přísunu glukózy (KLIMEŠOVÁ, 2016). Stálá hladina krevního cukru je udržována poměrně složitými mechanismy, kde hlavní roli hrají hormony slinivky břišní (inzulín, glukagon) a nadledvin (adrenalin a glukokortikoidy). Inzulín je produkován beta buňkami a glukagon alfa buňkami Langerhansových ostrůvků slinivky břišní. Inzulín glykémii snižuje, glukagon, adrenalin a glukokortikoidy zvyšují (KONOPKA, 2004). Normální hladina glykémie u člověka se pohybuje v rozmezí 4,4 – 6,7 mmol/l. Pokles pod spodní hranici normální hodnoty se označuje jako hypoglykémie. Naopak zvýšená hladina se označuje jako hyperglykémie (KOMPRDA, 2009).

Mechanismus jakým je sekrece inzulínu a glukagonu řízena probíhá následně. Monosacharidy glukóza, fruktóza a galaktóza jsou výsledkem trávení sacharidů přijatých potravou. Po vstřebání jsou tyto cukry transportovány do jater, kde je fruktóza a galaktóza převedena na glukózu a ta následně na glukózu-6-fosfát. Glukóza-6-fosfát je dopravena do krevního oběhu a navázána na pankreatické receptory, čímž dochází ke stimulaci produkce inzulínu a potlačení produkce glukagonu (KOMPRDA, 2007).

Pokud hladina glykémie na lačno přesáhne hodnotu 7 mmol/l jedná se o metabolickou poruchu diabetes mellitus. Pokud je příčinou diabetu absence inzulínu v důsledku autoimunitního zániku beta buněk, pak se jedná o diabetes 1. typu. Pro diabetes 2. typu je typická inzulínová rezistence tj. nedostatečná citlivost tkání na účinky inzulínu (KOMPRDA, 2009).

Další zásoby glykogenu jsou uloženy ve svalech. Zásoby svalového glykogenu jsou podle trénovanosti jedince asi 200 – 500 g sacharidů. Tyto zdroje sacharidů mohou být organismem využity pouze jako zdroj energie pro svalovou práci, ne při hypoglykémii. Jako prevence hypoglykémie při zátěži se může v játrech tvořit glukóza z aminokyselin, glycerolu a laktátu procesem glukoneogeneze (MANDELOVÁ, HRNČIŘÍKOVÁ, 2007).

### **2.1.5 Glykemický index (GI)**

Glykemický index vyjadřuje kvantitativní hodnocení odezvy krevní glukózy na sacharidy z přijaté potravy v porovnání s ekvivalentním množstvím sacharidů z referenční potravy, resp. z čisté glukózy, která má na stupnici GI hodnotu 100 (FROST, DORNHORST, 2013). Potravin, které vyvolaly odezvu podobnou té jako čistá glukóza, jsou považovány za potraviny s vysokým GI ( $GI \geq 70$ ), zatímco ty potraviny, které způsobily nižší nebo pozvolný vzestup krevní glukózy jsou považovány za potraviny s nízkým GI ( $GI \leq 55$ ). Přehled GI vybraných potravin je uveden v tabulce č.2. Glykemický index je také ovlivněn obsahem vlákniny v dané potravíně (SMOLIN, GROSVENOR 2010).

Přesněji je pak GI definován jako plocha pod křivkou glykémie během 2 hodin po požití dané potravy, vyjádřené jako procento plochy pod křivkou po požití stejného množství sacharidů ve formě čisté glukózy (MCGUIRE, BEERMAN, 2013a).



**Tabulka 2** Glykemický index vybraných potravin

Potravina	GI	Potravina	GI
<b>Těstoviny, luštěniny, pečivo, cereálie</b>			
Těstoviny (al dente)	41	Celozrnné pečivo	41
Bílá rýže	60	Čočka	30
Brambory (vařené)	85	Bílý chléb	95
Ovesné vločky	40	Glukóza (hroznový cukr)	100
<b>Ovoce, nápoje, čokoláda, mléčné výrobky</b>			
Banán	48	Jablečný džus	39
Jablko	38	Mléčné výrobky	30
Čokoláda (hořká)	49	Mrkev (syrová)	30

Zdroj: (MCGUIRE, BEERMAN, 2013)

### 2.1.6 Potravní vláknina

Potravní vláknina je látka sacharidového původu, kterou řadíme mezi tzv. nevyužitelné sacharidy, protože kvůli nedostatečnému enzymatickému vybavení trávicího traktu člověka nemůže být zpracována. Vláknina je rostlinného původu a je součástí buněčných membrán rostlin (celulózy, hemicelulózy, ligninu, pektinu). Její denní příjem by měl činit kolem 30 g. Doporučený poměr příjmu nerozpustné a rozpustné vlákniny je 3 : 1. (KOMPRDA, 2009). Vzhledem k tomu, že se jedná o nestravitelnou složku potravy, která významně zatíží trávicí trakt, je nutné u sportovců její příjem správně načasovat, tj. příjem s dostatečným odstupem od sportovní zátěže (KLIMEŠOVÁ, 2016).

Vláknina existuje ve 2 formách, které se v lidském těle chovají odlišně:

#### Rozpustná vláknina

Rozpustná vláknina je ve vodě rozpustná, zvětšuje svůj objem a vytváří v žaludku viskózní roztok, který zpomaluje jeho vyprázdnění prodlužuje tak pocit nasycení. Mezi potraviny obsahující rozpustnou vlákninu patří oves, ječmen, luštěniny, ovoce a zelenina. Mezi tento druh vlákniny se řadí hemicelulózy, beta glukany, pektiny a tzv. rostlinné slizy. Rozpustná vláknina příznivě ovlivňuje vstřebávání sacharidů a metabolismus cholesterolu (KUNOVÁ, 2011).

## Nerozpustná vláknina

Mezi nerozpustnou vlákninu se řadí především celulóza, hemicelulózy a lignin. Nerozpustná vláknina se nachází především v obalových vrstvách zrn a dodává rostlině strukturu. Ve vodě se nerozpouští, proto dodává jídlu na objemnosti, přispívá tedy k pocitu plnosti (SKOLNIK, CHERNUS, 2011). Nerozpustná vláknina působí také preventivně proti celé řadě civilizačních chorob a zácpě, protože zkracuje trávicí dobu tlustého střeva, čímž snižuje možné působení škodlivých rakovinotvorných látek (KONOPKA, 2004). Na tento druh vlákniny jsou bohaté pšeničné otruby, ořechy, chřest, brokolice, mrkev a špenát (SKOLNIK, CHERNUS, 2011).

Protože některé rozpustné vlákniny neovlivňují absorpci glukózy a tuků a některé nerozpustné vlákniny jsou rychle zkvašovány, doporučila Světová zdravotnická organizace (WHO) a Organizace pro výživu a zemědělství (FAO), aby se toto rozdělení již nepoužívalo, protože je z fyziologického hlediska zavádějící (GRAY, 2006).

## **2.2 Lipidy**

Lipidy představují skupinu organických sloučenin, která zahrnuje tuky (triacylglyceroly), vosky, fosfolipidy, steroly a další sloučeniny. Lipidy jsou ve vodě nerozpustné, ale rozpustné v organických rozpouštědlech (MANDELOVÁ, HRNČIŘÍKOVÁ, 2007).

Většina tuků uložených v našem těle (tělesný tuk) i tuku obsaženého v potravinách existuje ve formě triacylglycerolů (TAG). Z chemického hlediska se jedná estery vyšších mastných kyselin a alkoholu (glycerolu) (BEŇO, 2008).

V lidském organismu jsou tuky uloženy především v tukové tkáni ve formě zásobního tuku, dále pak mezi svalovými vlákny a v krvi. V krvi se nachází i volné mastné kyseliny (SKOLNIK, CHERNUS, 2011).

V potravě se kromě TAG nacházejí i fosfolipidy a cholesterol, které patří do skupiny doprovodných látky lipidů. Přestože se fosfolipidy a cholesterol nacházejí v potravě, nejedná se o esenciální látky, protože si je organismus dokáže syntetizovat. I když se nejedná o energetické živiny, jsou součástí buněčných membrán a složkou nervové tkáně. Významnou úlohu mají také v metabolismu lipidů. Cholesterol je také

výchozí látkou při syntéze žlučových kyselin, vitamínu D, některých hormonů a jiných látek (BEŇO, 2008).

### Hlavní funkce lipidů:

- nejbohatší zdroj energie
  - stavení složka biologických membrán
  - usnadnění vstřebávání vitaminů rozpustných v tucích
  - nezbytné pro tvorbu steroidních hormonů (estrogen, testosteron...)
  - ochranná funkce
    - vicelární tuk – chrání orgány před mechanickým poškozením
    - podkožní tuk – tepelná izolace
- (SKOLNIK, CHERNUS, 2011)

#### 2.2.1 Dělení lipidů

– dle původu:

- živočišné – tuky, které jsou při pokojové teplotě tuhé
  - rostlinné – oleje, které jsou při pokojové teplotě tekuté
- (LICHTENSTEIN, 2013)

– podle klasifikace mastných kyselin:

- nasycené (saturované, SFA)
- nenasycené (nesaturované)
  - mononenasycené (MUFA)
  - polynenasycené (PUFA) – n-3, n-6

(KUNOVÁ, 2011)

– z chemického hlediska:

- homolipidy
  - tuky a oleje, resp. estery vyšších mastných kyselin a trojmocného alkoholu glycerolu
  - vosky, resp. estery vyšších alifatických kyselin a alkohol
- heterolipidy – obsahují kromě mastných kyselin a alkoholu ještě další kovalentně vázané sloučeniny
  - fosfolipidy – obsahují kyselinu fosforečnou

- glykolipidy – obsahují sacharid (např. D-galaktózu)
  - sulfolipidy
- komplexní lipidy – v jejich struktuře jsou přítomny jak homolipidy, tak i heterolipidy, ale také nelipidová složka (protein, sacharid), která je vázána pomocí vodíkových můstků nebo hydrofobních interakcí (VELÍŠEK, HAJŠLOVÁ, 2009)

### 2.2.2 Zdroje tuků

Tuky přijímané v potravě se rozdělují na rostlinné a živočišné. Rostlinné zdroje jsou bohaté především na nenasycené mastné kyseliny, naopak v živočišných zdrojích převažují nasycené mastné kyseliny. U některých potravin je zjevný vysoký obsah tuku, např. u rostlinných olejů, másla a sádla, nicméně existují i potraviny, ve kterých je tzv. „skrytý“ tuk, např. v sýrech (SKOLNIK, CHERNUS, 2011). Obsah tuku ve vybraných potravinách je uveden v tabulce 3.

**Tabulka 3** Obsah tuku ve vybraných potravinách

<b>Potravina</b>	<b>Obsah tuků (g/100 g potraviny)</b>	<b>Potravina</b>	<b>Obsah tuků (g/100 g potraviny)</b>
Máslo	81	Ryby (losos)	15
Sýry (tvrdé)	20 – 35	Hovězí maso	2 – 36
Ořechy	45 – 65	Libové vepřové maso	18
Vaječný žloutek	31	Drůbeží maso	1 – 35

Zdroj: MANDELOVÁ, HRNČIŘÍKOVÁ, 2007).

### 2.2.3 Mastné kyseliny

Mastné kyseliny jsou považovány za nejdůležitější a z hlediska výživy i nejvýznamnější složky lipidů (VELÍŠEK, HAJŠLOVÁ, 2009). Jejich molekula je tvořena atomy uhlíku, kyslíku a vodíku, které jsou vzájemně propojeny v uhlíkatém

řetězci. Na jednom konci uhlíkatého řetězce je karboxylová skupina a na druhém methylová skupina (LICHTENSTEIN, 2013).

Mastné kyseliny se od sebe odlišují ve 3 významných znacích, které ovlivňují využití tuků v organismu – stupeň nasycení, délka uhlíkového řetězce a typ geometrického izometrie (SMOLIN, GROSVENOR 2010).

## **A. Stupeň nasycení**

### **1. Nasycené mastné kyseliny (SFA)**

Nasycené mastné kyseliny neobsahují ve své molekule dvojnou vazbu. Mezi nejběžnější nasycené mastné kyseliny patří kyselina palmitová s 16 uhlíky a kyselina stearová, tvořená 18 uhlíky v řetězci. Tyto nasycené kyseliny nejčastěji najdeme v živočišných produktech jako je máslo, sádlo, mléko, tučné druhy masa a vaječné žloutky. Tuky obsahující tyto mastné kyseliny bývají při pokojové teplotě spíš tuhé. V rostlinných zdrojích, mezi které řadíme palmový, palmojádrový a kokosový olej, najdeme především kyselinu palmitovou (SMOLIN, GROSVENOR, 2010).

Konzumace potravin bohatých na nasycené tuku je spojována s rizikem kardiovaskulárních chorob, protože až na kokosový a palmový olej jsou bohatým zdrojem cholesterolu, navíc vysoký příjem nasycených tuků včetně kokosového a palmového stimuluje syntézu endogenního cholesterolu v játrech, takže výsledkem je opět zvýšená hladina cholesterolu v krvi, která je základ pro tvorbu aterosklerózy (KLIMEŠOVÁ, 2016).

### **2. Nenasycené mastní kyseliny**

Nenasycené mastné kyseliny obsahují ve své molekule 1 a více dvojných vazeb.

#### **a) mononenasycené mastné kyseliny (MUFA)**

V uhlíkatém řetězci obsahují pouze 1 dvojnou vazbu. V naší stravě je nejčastěji zastoupenou mononenasycenou mastnou kyselinou kyselina olejová, které se vyskytuje především v olivovém a řepkovém oleji.

#### **b) polynenasycené mastné kyseliny (PUFA)**

Tyto mastné kyseliny obsahují 2 a více dvojných vazeb. Nejběžnější polynenasycenou mastnou kyselinou je kyselina linolová, kterou najdeme v slunečnicovém, sójovém a kukuřičném oleji. Stejně jako délka uhlíkatého řetězce tak i počet dvojných vazeb ovlivňuje fyzikální vlastnosti mastných kyselin. Nenasycené

masné kyseliny jsou při pokojové teplotě tekuté. Z fyziologického hlediska pak mají ve výživě význam polynenasycené masné kyseliny z řad n-3 a n-6 (LICHTENSTEIN, 2013).

### 3. Esenciální masné kyseliny

Esenciální masné kyseliny si lidské tělo neumí syntetizovat samo a musí je přijímat ve stravě. Pro lidský organismus jsou esenciální 2 masné kyseliny: linolová a alfa linolenová. Kyselina linolová patří do skupiny PUFA řady n-6 (omega-6), což znamená, že první dvojná vazba vychází z šestého uhlíku, počítáno od konce řetězce s methylovou skupinou. Molekulu kyseliny linolová tvoří 18 atomů uhlíků a 2 dvojně vazby. Alfa linolenová kyselina se pak řadí do skupiny PUFA řady n-3 (omega-3) a ve svém uhlíkatém řetězci obsahuje 18 atomů uhlíku a 3 dvojně vazby. Zdrojem masných kyselin z řady n-3 je rybí tuk, ořechy a semena. Zdrojem PUFA n-6 je především slunečnicový a sójový olej (SMOLIN, GROSVENOR, 2010).

V lidském organismu vzniká z kyseliny linolové enzymatickou přeměnou její metabolit kyselina arachidonová (20: 4n-6). Působením enzymů dochází k prodloužení řetězce a zvýšení počtu dvojných vazeb v uhlíkatém řetězci masné kyseliny. Pomocí stejných enzymových reakcí vznikají přeměnou kyseliny alfa linolenové její metabolity kyselina eikosapentaénová (EPA, 20: 5n-3) a dokosahexaénová (DHA, 22: 6n-3). Mezi významné konečné metabolity obou řad PUFA patří tzv. eikosanoidy (cyklické struktury s 20 uhlíky). Řadí se sem tromboxany tvořené v trombocytech, prostagliny syntetizované v endotelových buňkách a leukotrieny vznikající v leukocytech. Eikosanoidy vznikající z PUFA řady n-6 působí prozánětlivě, vasokonstrikčně (smrštění cév) a způsobují shlukování trombocytů. Naproti tomu PUFA n-3 eikosanoidy působí protizánětlivě, vasodilatačně (uvolnění cév) a proti shlukování trombocytů, takže snižují riziko srdečně-cévních onemocnění. Naopak pokud jsou PUFA n-6 přijímány v přebytku, tak toto riziko zvyšují. Pro člověka je tedy důležitý vyvážený poměr příjmu PUFA řad n-3 a n-6 (KOMPRDA, 2007).

#### B. Délka uhlíkatého řetězce

Masné kyseliny mohou obsahovat ve svém řetězci 4 – 20 uhlíků. Masné kyseliny s krátkým řetězcem (SCT) mají 4 – 5 uhlíků v řetězci (mléčný tuk). Masné kyseliny se středně dlouhým řetězcem (MCT) mají 6 – 12 uhlíků (mléčný tuk, kokosový

a palmový olej). Mastné kyseliny s dlouhým řetězcem (LCT) mají více než 12 uhlíků v řetězci (většina přijatých tuků, rostlinné oleje i živočišný tuk). Délka uhlíkatého řetězce u mastných kyselin je podstatná pro rychlost vstřebávání v trávicím traktu. Mastné kyseliny s krátkým a středně dlouhým řetězcem vstupují přímo do jater portální krví, vstřebávají se tedy rychleji. Naopak mastné kyseliny s dlouhým řetězcem se nejprve rozštěpí, pak se v buňkách sliznice reesterifikují na triacylglyceroly a vytváří tzv. chylomikrony, tj. obalí se vrstvou proteinů, cholesterolu a fosfolipidů. Chylomikrony putují do lymfy odkud jsou transportovány krevním oběhem do jater (KLIMEŠOVÁ, 2016).

### **C. Typ geometrické izometrie**

Nenasycené mastné kyseliny se liší prostorovým uspořádáním vodíků kolem uhlíkových dvojných vazeb. Nejpřirozenější je cis konfigurace dvojných vazeb, kdy oba vodíky jsou umístěny na stejné straně roviny proložené dvojnou vazbou. Když jsou atomy vodíku postavené na opačné straně roviny proložené dvojnou vazbou, tak se jedná o trans konfiguraci dvojných vazeb. Trans mastné kyseliny se přirozeně vyskytují v některých živočišných potravinách. Tyto trans mastné kyseliny vznikají bakteriální transformací nenasycených mastných kyselin v bachtu přežvýkavců, odkud přecházejí do tuku a mléka. Přesto většina trans mastných kyselin vzniká technologickým zpracováním, tzv. hydrogenací. Hydrogenace je proces, při kterém dochází k nasycení dvojných vazeb a dochází tak ke stabilizaci oleje, zabraňuje jeho žluknutí. Tento proces se využívá při výrobě ztužování tuků, kdy se z tekutého oleje vyrobí pevný tuk (margarín) (MCGUIRE, BEERMAN, 2013b).

Zvýšený obsah trans mastných kyselin ve stravě se dává do souvislosti se vznikem srdečně-cévních chorob, ale také s karcinogenní a prozánětlivým působením. Tyto rizikové tuky obsahují často cukrářské a pekařské margaríny, takže se nacházejí v sušenkách, oplatkách, polevách, tukových rohlících (KLIMEŠOVÁ, 2016).

#### **2.2.4 Trávení lipidů**

Většina tuků je trávena v tenkém střevě pomocí pankreatických lipáz, což jsou enzymy štěpící TAG na glycerol a mastné kyseliny. K trávení některých TAG, především těch s dlouhou a střední délkou uhlíkatého řetězce nacházejících se hlavně

v mléčném tuku, dochází už v kyselém prostředí žaludku, kde jsou štěpeny pomocí slinné a žaludeční lipázy (SMOLIN, GROSVENOR, 2010).

Tuky jsou ve vodě nerozpustné a ve vodném prostředí trávicího traktu se TAG začnou shlukovat do velkých tukových globulí kulovitěho tvaru, aby byla kontaktní plocha s vodou co nejmenší. Tukové globule jsou ale příliš velké na to, aby se vstřebaly do enterocytů. Proto musí být tuky v trávenině rozloženy (MCQUIRE, BEERMAN, 2013b).

Následně dochází k tzv. emulgaci tuků, na níž se podílí stahy svaloviny žaludku, kterými je trávenina vypuzována z žaludku do tenkého střeva, ale především žluč, uvolněná ze žlučníku do dvanáctníku. Žluč představuje směs žlučových kyselin, cholesterolu a fosfolipidů. Mechanickým promísením tukových globulí s žlučovými kyselinami, dochází k jejich rozpadu na menší tukové kapénky, čímž se zvětší styčná plocha pro činnost trávicích enzymů. Žlučové kyseliny na povrchu tukových kapének pomáhají lipázám přerušit esterovou vazbu mezi MK a glycerolem, čímž se vytváří podmínky pro tvorbu tzv. micel, díky nimž dokáže tělo tuky vstřebat. Micely mají hydrofobní střed obklopený hydrofilními žlučovými kyselinami. (MANN, SKEAFF, 2007).

Triacylglyceroly jsou štěpeny pomocí enzymu lipázy za přítomnosti vápníku a kolipázy z pankreatické šťávy, přičemž vznikají volné MK a monoglyceroly (2-MG). Fosfolipidy jsou hydrolyzovány fosfolipázou A2 za přítomnosti žlučových solí a vápníku na MK a lysofosfolipidy. Lysofosfolipid je složený z molekuly glycerolu vázané na MK a hydrofilní hlavičku. Cholesteresteráza štěpí estery cholesterolu na MK a cholesterol. Tyto produkty trávení lipidů spolu s vitaminy rozpustnými v tucích a žlučovými kyselinami vytváří velmi malé kapénky tzv. micely, které přecházejí do enterocytů (MCQUIRE, BEERMAN, 2013b).

Mastné kyseliny s krátkými a středně dlouhými řetězci mohou být absorbovány difúzí z enterocytů přímo do portálního oběhu. Mastné kyseliny s dlouhým řetězcem, monoglyceroly, lysofosfolipidy a cholesterol jsou uvolněny z micel do enterocytů, kde nastává resyntéza monoglycerolů a MK na TAG, lysofosfolipidů na fosfolipidy a cholesterolu na estery cholesterolu, které se začlení do lipoproteinů tzv. chylomikronů. Důležitou součástí chylomikronů jsou také apoproteiny B a C, které umožňují transport lipidů. Chylomikrony transportují TAG z enterocytů přes lymfatický oběh do krevního oběhu, kde enzym lipoproteinová lipáza nacházející se na stěně krevních kapilár hydrolyzuje TAG na volné MK, které se navážou



na albumin a jsou v buňkách využity jako zdroj energie nebo se ukládají v tukové tkáni. Zbytky chylomikronů jdou do jater, kde jsou využity na přeměnu jiných lipoproteinů (MANN, SKEAFF, 2007).

V játrech se syntetizují lipoproteiny z velmi nízkou hustotou VLDL (Very Low Density Lipoproteins), které transportují především TAG, méně pak fosfolipidy a cholesterol. Tyto lipoproteiny přecházejí z jater do krve, kde se z nich odštěpením MK lipoproteinovou lipázou uvolní TAG a mění se na menší lipoproteiny s intermediální hustotou IDL (Intermediary Density Lipoproteins). Další ztrátou TAG a zvyšováním množství cholesterolu během cirkulace krevním řečištěm se IDL mění na lipoproteiny s nízkou hustotou LDL (Low Density Lipoproteins), které obsahují především fosfolipidy, cholesterol a nejméně TAG. Tyto lipoproteiny transportují cholesterol k buňkám periferních tkání. Lipoproteiny s vysokou hustotou HDL (High Density Lipoproteins) jsou syntetizovány v hepatocytech a enterocytech, dostávají se do krevního řečiště a transportují cholesterol a fosfolipidy. Během cirkulace v krevním řečišti se v HDL zvyšuje množství cholesterolu, přičemž volný cholesterol se pomocí enzymu lecitincholesterolacyltransferázy mění na esterifikovaný a je dopraven z periferních tkání do jater, kde je využit při tvorbě lipoproteinů, žlučových kyselin a jiných látek, a nebo je vyloučen žlučí do střeva (BEŇO, 2008).

### 2.3 Bílkoviny

Bílkoviny (proteiny) se řadí mezi biopolymery, jejichž základní monomerní složkou jsou aminokyseliny spojené peptidovou vazbou. Mikroorganismy a rostliny jsou schopné syntetizovat aminokyseliny z CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O a anorganického dusíku. Živočichové, včetně člověka musí bílkoviny přijímat ve stravě. Trávením potravy přijatých bílkovin se uvolní aminokyseliny, které lidský organismus využívá pro syntézu vlastních bílkovin (KOMPRDA, 2007).

#### **Hlavní funkce bílkovin:**

- strukturní (svalová vlákna, pojivové tkáně aj.)
- transportní (tvoří hemoglobin a myoglobin)
- enzymatické
- hormonální
- imunologické (protilátky)

- pohybové (aktin, myozin)
- acidobazické
- nutriční

Hlavní funkcí bílkovin je výstavba a obnova tělesných tkání, syntéza hormonů a enzymů. Není žádoucí, aby bílkoviny byly zdrojem energie. Dochází tak ke katabolismu. V lidském těle není žádná zásobárna bílkovin (MANDELOVÁ, HRNČIŘÍKOVÁ, 2007).

Aminokyseliny se mohou v potravinách nacházet jako stavební jednotky bílkovin, peptidů, oligopeptidů nebo jako volné látky. Celkem bylo prokázáno kolem 700 aminokyselin, z nichž pouze 21 aminokyselin je proteinogenních. Zabudování těchto aminokyselin do polypeptidového řetězce bílkovin při proteosyntéze je řízeno genetickým kódem. I když se většina bílkovin skládá pouze z 21 aminokyselin, v molekule bílkovin se mohou některé aminokyseliny vícekrát opakovat a molekula je tak složena z 150 – 500 jednotlivých aminokyselin uspořádaných ve specifickém sledu (KLIMEŠOVÁ, 2016).

### **2.3.1 Zdroje bílkovin**

Zdroje bílkovin můžeme podle jejich původu rozdělit na živočišné a rostlinné. Živočišné bílkoviny většinou obsahují všechny esenciální aminokyseliny, proto mají vyšší biologickou hodnotu. Rostlinné a živočišné bílkoviny by měly být ve stravě zastoupeny v poměru 1:1 (CLARKOVÁ, 2000). Obsah bílkovin ve vybraných potravinách je uveden v tabulce 4.

**Tabulka 4** Obsah bílkovin ve vybraných potravinách

	<b>Bílkoviny (g/100g)</b>
<b>Živočišné zdroje</b>	
Vaječný bílek	9
Mléko polotučné	3,3
Jogurt	4,1
Tvaroh	13,3
Vepřové maso	17,4
Kuřecí maso	20,5
Hovězí maso	22,4
Tuňák	23
<b>Rostlinné zdroje</b>	
Vlašské ořechy	14,7
Čočka	8,8
Amarant	18
Tofu	16,5

Zdroj: (CLARKOVÁ, 2000)

### 2.3.2 Struktura bílkovin

#### Primární struktura

Primární struktura je určena počtem a sekvencí aminokyselin v polypeptidovém řetězci. Primární struktura bílkovin je zakódována v nukleotidech DNA (VELÍŠEK, HAJŠLOVÁ, 2009).

#### Sekundární struktura

Jedná se o prostorové uspořádání polypeptidového řetězce. Tato struktura vzniká působením vodíkových můstků především mezi protilehlými funkčními skupinami NH a CO. Výsledkem tohoto působení jsou 2 nejčastější struktury: alfa helix – 1 řetězec stočený do pravotočivé šroubovice a beta struktura neboli struktura skládaného listu, kdy polypeptidový řetězec je v této struktuře zcela rozvinut, tvoří 2 řetězce a má podobu skládaného listu papíru (MCGUIRE, BEERMAN, 2013a).

### Terciární struktura

Terciární struktura proteinů je udržována díky interakcím mezi aminokyselinovými zbytky umístěných v lineární sekvenci daleko od sebe. To způsobuje, že celý protein vytváří mnohem více komplexnější 3D strukturu. Tato struktura může být buď fibrilární či globulární. Mezi nejsilnější interakce patří disulfidické můstky (VELÍŠEK, HAJŠLOVÁ, 2009).

### Kvarterní struktura

Kvarterní struktura se vyskytuje u bílkovin složených ze 2 a více polypeptidových řetězců spojených dohromady nebo u bílkovin obsahující i další, nebílkovinnou část (MCGUIRE, BEERMAN, 2013b).

### Denaturace

Denaturace je proces, kdy dochází k porušení sekundární, terciální a kvarterní struktury bílkovin vlivem působení vnějších podmínek (působením silných kyselin a zásad, solí, alkoholu, či těžkých kovů, zvýšením teploty a pH). Primární struktura zůstává neporušená. Tato změna může být vratná (dočasná) či nevratná (trvalá). Nevratnou denaturací ztrácí bílkovina svou biologickou aktivitu, čehož se využívá při vaření masa a vajec, čímž se tyto potraviny stávají lépe stravitelné, přičemž si zachovávají biologickou hodnotu (SMOLIN, GROSVENOR, 2010).

#### **2.3.3 Dělení aminokyselin**

Aminokyseliny se dělí na esenciální (nezbytné), které musí organismus přijmout v potravě, protože není schopen si je sám syntetizovat. Semiesenciální jsou nezbytné pouze v určitých situacích, jako je období růstu nebo při různých onemocněních. Neesenciální jsou sice nezbytné, ale organismus si je dokáže sám syntetizovat z esenciálních aminokyselin (KLIMEŠOVÁ, 2016). Klasifikace aminokyselin je uvedena v tabulce 5.

**Tabulka 5** Klasifikace aminokyselin

Typ aminokyselin		
Esenciální	Neesenciální	Semiesenciální
Izoleucin	Alanin	Arginin
Leucin	Asparagin	Histidin
Valin	Kyselina asparagová	
Lyzin	Cystein	
Methion	Glutamin	
Fenylalanin	Kyselina glutamová	
Treonin	Glycin	
Tryptofan	Prolin	
	Serin	
	Tyrozín	

Zdroj: (MCGUIRE, BEERMAN, 2013a).

#### 2.3.4 Dělení bílkovin

Bílkoviny lze rozdělit podle několika kritérií:

1. podle původu

- živočišné – maso, mléko, vejce
- rostlinné – luštěniny, obiloviny, ořechy, semínka

2. z výživového hlediska

- plnohodnotné – vejce, mléko, obsahují všechny esenciální aminokyseliny
- téměř plnohodnotné – maso, některé esenciální aminokyseliny chybí
- neplnohodnotné – rostlinné bílkoviny, mají velký nedostatek esenciálních aminokyselin

3. z chemického hlediska

- jednoduché – složené pouze z aminokyselinových jednotek
- složené – obsahují i nebílkovinnou složku

Složené bílkoviny se dále dělí na:

- lipoproteiny – obsahují lipidovou složku
- glykoproteiny – obsahují sacharidovou složku
- fosfoproteiny – obsahují zbytky kyseliny fosforečné

- metaloproteiny – obsahují kationty kovů
- nukleoproteiny – obsahují části nukleových kyselin

#### 4. podle terciální struktury a rozpustnosti

- fibrilární – tvar dlouhého vlákna
- globulární – tvar klubka
- dle rozpustnosti:
  - albuminy – rozpustné ve vodě, ovalbumin, laktalbumin
  - globuliny – rozpustné ve slabých roztocích kyselin, zásad a solí, laktoglobuliny, ovoglobuliny, gliadiny, gluteliny

(KOMPRDA, 2007)

### 2.3.5 Trávení bílkovin

Trávení bílkovin je z chemického hlediska označováno za proteolýzu, která je katalyzována příslušnými enzymy (proteázami): endopeptidázami (např. pepsin, trypsin, chymotrypsin), štěpící bílkoviny na peptidy a exopeptidázami, odštěpující koncové aminokyseliny. Exopeptidázy můžeme dále rozlišit na aminopeptidázy, které odštěpují N-konce a karboxypeptidázy štěpící C-konce aminokyselin (KOMPRDA, 2007).

Trávení bílkovin začíná v žaludku tzv. hydrolýzou (MANDELOVÁ, HRNČIŘÍKOVÁ, 2007). Přítomnost jídla v žaludku způsobí, že buňky žaludeční sliznice začnou produkovat hormon gastrin, který se uvolní do krve a způsobí, že z dalších buněk střevní sliznice je uvolňována kyselina chlorovodíková, mucin a pepsinogen. Tyto tři látky tvoří žaludeční šťávy. Pepsinogen je neaktivní forma enzymu pepsinu, který je nezbytný pro trávení bílkovin. Přeměně pepsinogenu na pepsin napomáhá kyselina chlorovodíková. Kyselina chlorovodíková také narušuje sekundární, terciární a kvartérní strukturu bílkovin, tím dojde k rozvinutí komplexní struktury bílkovin, přičemž se peptidové vazby mezi aminokyselinami mohou pomocí pepsinu enzymaticky štěpit. Výsledkem působení žaludečních šťáv je štěpení proteinů na kratší polypeptidové řetězce, jejichž rozklad pokračuje v tenkém střevě (MCGUIRE, BEERMAN, 2013b).

V tenkém střevě proteázy vzniklé v pankreatu (trypsin, chymotrypsin, elastáza, karboxypeptidáza) štěpí polypeptidy na oligopeptidy. Takto vzniklé oligopeptidy jsou následně štěpeny na jednotlivé aminokyseliny v kartáčovém lemu enterocytů

tenkého střeva pomocí enzymů střevní šťávy – aminopeptidázy a peptidázy. Z proteinů uvolněné aminokyseliny se následně vstřebávají v tenkém střevě a jsou transportovány lymfou a následně portální krví do jater (SMOLIN, GROSVENOR, 2010).

### 2.3.6 Metabolismus bílkovin

Při následném metabolismu aminokyselin dochází k:

- syntéze tkáňových proteinů
- resyntéze aminokyselin prostřednictvím následujících reakcí:
  - dekarboxylace – dochází ke vzniku biogenních aminů za současného uvolnění  $\text{CO}_2$  z karboxylové skupiny
  - transaminace – reverzibilní enzymaticky katalyzovaný přenos aminoskupiny
  - deaminace – dochází k odstranění aminoskupiny a její následné přeměně na amoniak, který je následně v játrech metabolizován na močovinu, jež následně vylučována ledvinami

Právě příliš vysoká metabolická zátěž jater a ledvin při odbourávání amoniaku, který je už v nízké koncentraci pro tkáň jedovatý, je jedním z hlavních důvodů proč je nadměrný příjem bílkovin nevhodný (KOMPRDA, 2007).

### 2.3.7 Nutriční hodnota bílkovin

Kvalita bílkovin se odvíjí od celkového příjmu bílkovin, aminokyselinového složení přijímané potravy (resp. poměru esenciálních a neesenciálních aminokyselin obsažených v bílkovinách) a od dostupnosti peptidických vazeb trávicím enzymům.

Pro hodnocení nutriční kvality bílkovin je rozhodující fakt, že lidský organismus si sám neumí syntetizovat esenciální aminokyseliny, ale může libovolně regulovat hladinu ostatních aminokyselin. Hodnota proteinu tedy závisí především na obsahu esenciálních aminokyselin a lze ji vypočítat na základě jejich složení. Nutriční hodnota některých bílkovin stanovených na základě obsahu esenciálních aminokyselin je uvedené v tabulce 6 (KOMPRDA, 2007).

#### Aminokyselinové skóre (AAS)

Předpokládá se, že v určitém standardním (referenčním) proteinu je zastoupení esenciálních aminokyselin optimální. Aminokyselinové skóre se počítá pro každou

esenciální aminokyselinu zvlášť. Jako referenční protein se nejčastěji používá vaječná bílkovina nebo proteiny odstředěného mléka (KURPAD, 2013).

Ve zkoumaném vzorku proteinu se stanoví složení aminokyselin a jejich jednotlivé obsahy se procentuálně vyjádří k obsahu téže aminokyseliny v referenčním proteinu. Esenciální aminokyselina, která má nejnižší hodnotu aminokyselinového skóre je limitující aminokyselinu a určuje nutriční hodnotu proteinu.

$$AAS (\%) = A_i/A_{si} \times 100$$

$A_i$ ...i-tá aminokyselina posuzované bílkoviny

$A_{si}$ ...i-tá aminokyselina standartního, referenčního proteinu

(VELÍŠEK, HAJŠLOVÁ, 2009)

#### Index esenciálních aminokyselin (EAAI)

Index esenciálních aminokyselin se vypočítá jako geometrický průměr AAS pro jednotlivé aminokyseliny (KURPAD, 2013).

$$EAAI = \sqrt[n]{\left(\frac{A_1}{A_{s1}} \times 100\right) \times \left(\frac{A_2}{A_{s2}} \times 100\right) \times \dots \times \left(\frac{A_n}{A_{sn}} \times 100\right)}$$

(KOMPRDA, 2007)

**Tabulka 6** Nutriční hodnota některých potravin

Potravina	Index esenciálních aminokyselin	Aminokyselinové skóre	Limitující aminokyselina
Hovězí maso	80	69	Valin
Kuřecí maso	79	64	Tryptofan
Ryby	80	70	Tryptofan
Mléko	100	75	Methionin
Vejce	100	100	-
Pšenice	68	44	Lyzin
Hrách	62	47	Methionin, valin
Sója	50	37	Methionin, tryptofan

Zdroj: (KOMPRDA, 2007)



### Biologická hodnota bílkovin (BV)

Udává se v procentech a vyjadřuje kolik gramů tělesných bílkovin může být vytvořeno ze 100 g příslušných bílkovin ve stravě. Čím vyšší je tato hodnota přijímaných bílkovin, tím méně jich potom tělo potřebuje k udržení vyrovnané bilance bílkovin. Vysokou biologickou hodnotu mají bílkoviny, jejichž obsah esenciálních a neesenciálních aminokyselin je z hlediska fyziologických potřeb člověka vyvážený. Z tohoto pohledu jsou živočišné zdroje bílkovin pro člověka plnohodnotnější než zdroje rostlinné. Oba tyto zdroje bílkovin se mohou díky širokému spektru různých esenciálních aminokyselin vzájemnou kombinací doplňovat a dosáhnout tak vyšší biologické hodnoty než dosahují bílkoviny živočišné povahy samostatně (KONOPKA, 2004). Biologická hodnoty proteinových směsí, ale i živočišných a rostlinných bílkovin jsou uvedena v tabulce 7.

Biologická hodnota pokládá bílkoviny za jediný zdroj dusíku a vypočítá se z následujícího vzorce:

$$BV = \frac{100 \times \text{množství zadrženého dusíku}}{\text{množství absorbovaného dusíku}}$$

(MANDELOVÁ, HRNČIŘÍKOVÁ, 2007)

**Tabulka 7** Biologická hodnota různých bílkovinových zdrojů

<b>Biologická hodnota</b>	
<b>Živočišné bílkoviny</b>	<b>BV</b>
Celá vejce	100
Maso	92 – 96
Ryby	94 – 96
Mléko	88
Sýry	82 - 85
<b>Rostlinné bílkoviny</b>	
Sója	84
Fazole	76
Rýže	70
Brambory	70
Pšenice	56
Kukuřice	54
<b>Proteinové směsi</b>	
Vejce a brambory (35 % : 65 %)	137
Fazole a kukuřice (52 % : 48 %)	101

Zdroj: (KONOPKA, 2004)

### **2.3.8 Dusíková bilance**

Pojem dusíková bilance vyjadřuje příjem dusíku ve formě bílkoviny z potravy a výdeje dusíku ve formě močoviny. Příjem a výdej dusíku musí být v rovnováze. Tento stav označujeme jako vyrovnanou dusíkovou bilanci.

Pozitivní dusíková bilance znamená, že výdej dusíku je menší než příjem, což vede k anabolismu, resp. růstu aktivní tělesné hmoty.

Při negativní dusíková bilance dochází k tomu, že ztráty dusíku jsou větší než příjem a dochází tak ke katabolismu (KURPAD, 2013).

## 2.4 Vitaminy

Vitaminy jsou organické látky, které jsou pro lidský organismus nepostradatelné (SMOLIN, GROSVENOR, 2010). Vitaminy jsou řazeny mezi mikroživiny, neslouží jako energetické zdroje a tělo je potřebuje v podstatně menším množství než makroživiny, jejichž úkolem je tělu dodávat energii. Využití makrolátek, ale závisí na přítomnosti dostatečného množství mikrolátek (KUNOVÁ, 2011).

Vitaminy jsou součástí enzymatického systému, pomocí kterého se reguluje úroveň metabolických pochodů. Tím udržuje všechny tělesné systémy v takové intenzitě, která je právě v daný okamžik nutná. Jejich potřeba stoupá zvláště při namáhavé nebo dlouhodobé tělesné zátěži. Dále jsou vitaminy nezbytné pro růst, vitalitu a obranu organismu před různými chorobami, působí také jako antioxidanty.

Ve srovnání s makroživinami je jejich příjem z hlediska množství nepatrný, ale jejich nedostatek může negativně ovlivnit celý organismus. Nedostatečný příjem označujeme jako hypovitaminózu, úplnou absenci pak jako avitaminózu. Naopak nadbytek vitamínu ve stravě se označuje jako hypervitaminóza. Až na několik výjimek si vitaminy lidský organismus neumí vytvořit, a proto je nutné získávat je s potravou. Vitaminy lze nazvat esenciálními exogenními biokatalyzátory. Vitaminy tradičně dělíme podle rozpustnosti na rozpustné ve vodě a v tucích (MINDELL, MUNDISOVÁ, 2006).

### 2.4.1 Vitaminy rozpustné ve vodě

#### **Vitamin B1 (thiamin)**

- hlavní funkce: koenzym energetického metabolismu, koenzym syntézy DNA, RNA a NADPH + H<sup>+</sup>, zlepšuje nervovou činnost
- zdroj: maso, zejm. vepřové, ryby (tuňák), luštěniny (fazole), droždí, celozrnné obiloviny
- projevy nedostatku: nemoc beri – beri

#### **Vitamin B2 (riboflavin)**

- hlavní funkce: součást koenzymů FMN a FAD, účastní se redoxních reakcí, koenzym energetického metabolismu, přeměňuje některé vitaminy (A, B9) do jejich aktivní formy
- zdroj: maso, játra, mléko a mléčné výrobky, vejce, droždí

- projevy nedostatku: ariboflavinóza, onemocnění projevující se anémií, kožními změnami, prasklinami ústních koutků, zánětem očních víček  
(TRUSWELL, 2007)

### **Vitamin B3 (niacin, kyselina nikotinová)**

- hlavní funkce: součást koenzymu NAD<sup>+</sup> a NADP<sup>+</sup>, účastní se energetického metabolismu, spoluúčast na udržování hladiny glukózy, metabolismu cholesterolu, opravě DNA
- zdroj: maso, drůbež, ryby, mléko a mléčné výrobky, kvasnice, listová zelenina
- projev nedostatku: nemoc pelagra (tzv. „nemoc 3 D“ – dermatitida, demence, diarea)

### **Vitamin B5 (kyselina pantotenová)**

- hlavní funkce: součást koenzymu A v intermediálním metabolismu, umožňuje tedy syntézu sacharidů, tuků i aminokyselin za tvorby energie, podílí se na syntéze hemoglobinu, cholesterolu, hormonů
- zdroj: vnitřnosti, kvasnice, maso, vejce, luštěniny, celozrnné obiloviny
- projev nedostatku: vzácný – burning foot syndrom, projevuje se křečemi, nespavostí, depresemi, nechutenstvím a sníženou tvorbou protilátek  
(MCGUIRE, BEERMAN, 2013a)

### **Vitamin B6 (pyridoxin)**

- hlavní funkce: koenzym energetického metabolismu (metabolismus aminokyselin), syntéza neurotransmiteru, hemoglobinu
- zdroj: maso, ryby, vnitřnosti, vaječný žloutek, ořechy, celozrnné cereální výrobky, obilné klíčky
- projev nedostatku: nervové poruchy a deprese, seboroická dermatitida  
(BENDER, 2013)

### **Vitamin B7 (biotin)**

- hlavní funkce: součást enzymů (karboxyláz), uplatňuje se při syntéze mastných kyselin, cholesterolu, metabolismu aminokyselin, glukoneogenezi
- zdroj: játra, vaječný žloutek, ořechy

- projev nedostatku: nedostatek vzácný, záněty pokožky, deprese, vypadávání vlasů, svalovou bolest  
(MCGUIRE, BEERMAN, 2013b)

### **Kyselina listová (B9)**

- hlavní funkce: nezbytný pro syntézu DNA, kofaktor jednouhlíkatých zbytků, antianemický faktor
- zdroj: listová zelenina, kvasnice, játra, obiloviny, luštěniny
- projev nedostatku: megaloblastická anémie, u těhotných žen zvýšené riziko defektu nervové trubice plodu (spina bifida – vrožený rozštěp páteře)  
(MCGUIRE, BEERMAN, 2013b)

### **Vitamin B12 (kobalamin)**

- hlavní funkce: koenzym enzymatických reakcí, metabolismus mastných kyselin a aminokyselin, syntéza hemoglobinu, hemu
- zdroj: játra, maso, ryby, mléčné produkty
- projev nedostatku: perniciózní anémie  
(TRUSWELL, 2007)

### **Vitamin C (kyselina askorbová)**

- hlavní funkce: antioxidant (ochrana před volnými radikály), syntéza kolagenu, karnitinu, metabolismus aminokyselin (tyrozinu), brání oxidaci LDL cholesterolu, donor elektronů
- zdroj: šípky, ovoce (černý rybíz, kiwi, citrusové plody) a zelenina (paprika, zelí)
- projev nedostatku: únava, opakovaná infekce, těžký deficit – kurděje (poruchy krvetvorby, vypadávání zubů, náchylnost ke krvácení kůže, sliznic, vnitřních orgánů)  
(SKEAFF, 2007)

## 2.4.2 Vitaminy rozpustné v tucích

### Vitamin A (retinol)

- prekurzor (provitamin): karotenoidy – nejčastěji beta-karoten
- hlavní funkce: vidění (zrakový pigment rhodopsin), ovlivnění buněčné diference (oxidace na kyselinu retinovou – ovlivňuje genovou expresi), embryogeneze (důležitý pro správný vývoj zárodku), imunitní odezva (zprostředkovává buněčnou imunitu)
- zdroj: játra, rybí tuk, vaječný žloutek, mléko a mléčné výrobky
- zdroj provitaminu: oranžová, červená zelenina a ovoce (mrkev, pomeranče, červená a žlutá paprika), listová zelenina
- projev nedostatku: šeroslepost, vysychání rohovky (xeroftalmie), rohovatění kůže

### Vitamin D (cholecalciferol – D3, ergocalciferol – D2)

- nejdůležitější je vitamin D<sub>3</sub>, v kůži se působením UV záření tvoří z cholesterolu jeho derivát (7-dehydrocholesterol) a z něj provitamin D, ze kterého se tvoří cholecalciferol, ten je taky obsažen v některých potravinách
- hlavní funkce: udržuje homeostázu vápníku a fosforu pomocí stimulace vstřebávání vápníku ve střevě (v enterocyty) a řízením rovnováhy mezi resorpcí a tvorbou kostní hmoty (aktivita osteoblastů a osteoklastů)
- zdroj: sluneční záření, játra, olej z tresčích jater, vejce, mléko
- projev nedostatku: u dětí – křivice, u dospělých – osteomalacie (měknutí kostí) (SMOLIN, GROSVENOR, 2010)

### Vitamin E (alfa tokoferol)

- hlavní funkce: antioxidant (chrání buněčné membrány před poškozením volnými radikály)
- zdroj: rostlinné oleje (z obilných a kukuřičných klíčků, slunečnicový) ořechy, celozrnné výrobky, listová zelenina
- projev nedostatku: neuropatie, svalové poruchy, poruchy reprodukce (SKEAFF, 2007)

### Vitamin K

- hlavní funkce: nezbytný pro tvorbu protrombinu (součást mechanismu srážení krve), mineralizace kostí (regulace vápníku v krvi)

- zdroj: listová zelenina, zelí, obilné klíčky, mléko, v lidském těle se tvoří také symbiotickými střevními bakteriemi
- projev nedostatku: snížená srážlivost krve, spontánní krvácení, problém hlavně u novorozenců (nedostatek vitamínu K v mateřském mléce může způsobit krvácení do mozku), poškození kostí  
(SMOLIN, GROSVENOR, 2010)

## 2.5 Minerální látky

Minerální látky jsou anorganického původu, stejně jako vitaminy se řadí mezi mikroživiny a v lidském organismu plní spoustu důležitých funkcí. Podílí se na stavbě kostí a zubů, řídí hospodaření s vodou v těle a látkovou výměnu, jsou nezbytné pro funkci nervů a svalů, jsou součástí enzymů a hormonů. Lidské tělo si je neumí samo syntetizovat, organismem nejsou produkovány ani spotřebovány, a proto je nutné je ve stravě doplňovat (SMOLIN, GROSVENOR, 2010).

Lze je rozdělit na základě množství potřebného pro lidský organismus (nebo množství přítomného v organismu) na:

- makroprvky – více než 100 mg/den – vápník, fosfor, sodík, draslík, hořčík, síra, chlor
- mikroprvky – méně nebo rovno 100 mg/den – železo, zinek, měď
- stopové prvky – potřeba v  $\mu\text{g}/\text{den}$  – jód, chrom, selen, mangan, fluor, molybden...

(MCGUIRE, BEERMAN, 2013b)

### Vápník

- hlavní funkce: výstavba kostní tkáně a zubů, účastní se v procesech srážení krve, přenos nervových impulzů, svalové kontrakce, kofaktor enzymů při tvorbě ATP, sekrece hormonů
- zdroj: mléko a mléčné výrobky, sardinky, brokolice
- projevy nedostatku: osteomalacie, osteoporóza, zvýšená nervosvalová dráždivost, poruchy srážlivosti krve  
(GOULDING, 2007)

### **Fosfor**

- hlavní funkce: stavební látka kostí, zubů, biomembrán (fosfolipidy, fosfoproteiny), složka nukleových kyselin, složka ATP, aktivace enzymů
- zdroj: mléko a mléčné výrobky, maso, vaječný žloutek, ryby
- projevy nedostatku: izolovaný deficit fosforu se moc nevyskytuje, svalová slabost, řídnutí kostí, poruchy přenosu energie  
(ANDERSON, 2013)

### **Hořčík**

- hlavní funkce: důležitý nitrobuněčný kationt (ovlivňuje propustnost buněčných membrán), snižuje nervosvalovou dráždivost, součást a aktivace některých enzymů, součást metabolismu (rozklad/tvorba) ATP
- zdroj: listová zelenina, celozrnné výrobky, luštěniny, ořechy, maso a ryby
- projevy nedostatku: zvyšuje se nervosvalová dráždivost, poruchy elasticity membrán, srdeční arytmie  
(ALLEN, 2013)

### **Sodík**

- hlavní funkce: hlavní kationt extracelulární tekutiny, podílí se na udržování osmotického tlaku tělních tekutin, udržování acidobazické rovnováhy, přenos nervového vzruchu
- zdroj: kuchyňská sůl, maso
- projevy nedostatku: svalové křeče, pokles krevního tlaku
- vysoký příjem: hypertenze  
(MCGUIRE, BEERMAN, 2013a)

### **Draslík**

- hlavní funkce: hlavní intracelulární kationt – společně se sodíkem se podílí na udržování acidobazické rovnováhy a stálém osmotickém tlaku tělních tekutin, vedení nervových vzruchů, kontrakce svalů
- zdroj: ovoce (banány, meruňky), zelenina (brambory), ořechy, luštěniny, ryby
- projev nedostatku: svalová slabost, srdeční arytmie, porucha činnosti ledvin  
(APPEL, 2013)



## **Chlor**

- hlavní funkce: extracelulární iont, spolu se sodíkem a draslíkem udržuje stálý osmotický tlak, součást HCl v žaludku
- zdroj: kuchyňská a mořská sůl
- projev nedostatku: hypochloremická alkalóza  
(MCGUIRE, BEERMAN, 2013b)

## **Síra**

- hlavní funkce: součást některých aminokyselin (cystein, methionin), enzymů a vitaminů (thiamin, biotin), účastní se detoxikační činnosti jater
- zdroj: maso, vejce, mléko  
(MCGUIRE, BEERMAN, 2013b)

## **Železo**

- hlavní funkce: přenos kyslíku – součást hemoglobinu a myoglobinu, součást enzymů (oxidace, redukce), transport elektronů v dýchacím řetězci
- zdroj: maso, játra, vaječný žloutek, listová zelenina, luštěniny
- projevy nedostatku: bledost, únava, mikrocytární anémie, zvýšená náchylnost k infekci  
(LÖNNERDAL, HERNELL, 2013)

## **Zinek**

- hlavní funkce: ovlivňuje aktivitu některých enzymů potřebných pro syntézu bílkovin, nukleových kyselin, podílí se na tvorbě inzulínu, potřebný pro činnost imunitního systému, reprodukci, zabezpečuje správný růst organismu a hojení ran
- zdroj: maso, ústřice, semena dýně, ořechy, luštěniny, mléko
- projev nedostatku: poruchy růstu, hojení, imunity, funkce pohlavních orgánů  
(SAMMAN, 2007)

## **Měď**

- hlavní funkce: součást mnoha enzymů podílejících se na buněčném dýchání, metaloproteinů, podílí se na krvetvorbě (nepostradatelná pro homeostázu železa) podílí se a tvorbě pigmentů (melaninu) a vlasů
- zdroj: maso, játra, ústřice, ryby, ořechy

- projev nedostatku: hypochromní anémie, u malých dětí fraktury kostí (AGGETT, 2013)

### **Jod**

- hlavní funkce: součást hormonů štítné žlázy (thyroxinu a trijodthyroninu), ovlivňuje růst a vývoj, energetický metabolismus
- zdroj: mořská sůl, mořské ryby, měkkýši
- projev nedostatku: zvětšení štítné žlázy (struma), snížená činnost štítné žlázy, kretenismus u dětí (ZIMMERMANN, 2013)

### **Fluor**

- hlavní funkce: nezbytný pro správnou stavbu kostí a zubů
- zdroj: čajovní lístky, sardinky, plody moře
- projev nedostatku: zvýšená kazivost zubů, špatné ukládání vápníku do kostí (SMOLIN, GROSVENOR, 2010)

### **Selen**

- hlavní funkce: kofaktor enzymů účinkujících při metabolismu hormonů štítné žlázy, antioxidační schopnost, zlepšuje imunitu, zastupuje síru v aminokyselinách (selenocystein)
- zdroj: ryby a plody moře, ledviny, játra, obiloviny pěstované na půdě s dostatkem selenu
- projev nedostatku: snížená antioxidační schopnost a imunitní odpověď
- (THOMSON, 2013)

### **Chrom**

- hlavní funkce: nezbytný pro správnou funkci inzulínu (ovlivňuje využitelnost glukózy)
- zdroj: maso, játra, vejce, droždí, ořechy
- projev nedostatku: glukózová intolerance (ANDERSON, 2013)

### 3 METABOLISMUS SVALOVÉ TKÁNĚ

#### 3.1 Svalová vlákna a jejich metabolické odlišnosti

Lidské kosterní svaly jsou tvořené vlákny s rozdílnými kontraktilními a metabolickými vlastnostmi. Rozlišujeme 2 hlavní typy svalových vláken: pomalá svalová vlákna (typ I.) a rychlá svalová vlákna (typ II.) (BURKE, DEAKIN, 2006).

Pomalá (oxidativní) svalová vlákna využívají výhodnější aerobní metabolismus, jsou tedy bohatě cévně zásobené (tzv. červená vlákna) a pomalu unavitelná. Proto jsou využívána při dlouhotrvající zátěži nízké intenzity (např. maratonský běh, jízda na kole) (BURKE, DEAKIN, 2006).

Rychlá svalová vlákna získávají ATP (adenosintrifosfát) prostřednictvím anaerobního metabolismu. Mají tedy vyšší glykolytickou a nižší oxidativní kapacitu. Mají také mírně vyšší obsah glykogenu a CP (kreatinfosfát). Svalová vlákna typu II. se ještě dále dělí na typ IIa. a IIb. na základě jejich oxidativního a glykolytického potenciálu. Svalová vlákna typu IIa. (tzv. rychlá oxidační glykolytická) se vyznačují vysokou glykolytickou a střední oxidační kapacitou, zapojují se při zátěži střední až submaximální intenzity, při níž dochází k aerobnímu i anaerobnímu způsobu úhrady energie. Svalová vlákna typu IIb. (rychlá oxidativní) mají nejvyšší glykolytickou a nízkou oxidační kapacitu, zapojují se při silové a rychlostní zátěži maximální intenzity s převahou anaerobního metabolismu. Rychlá vlákna jsou hůře cévně zásobené, proto se taky někdy nazývají jako tzv. bílá svalová vlákna, a jsou více unavitelné (MAUGHAN, BURKE, 2006).

To jaká svalová vlákna se během zátěže zapojí je ovlivněno její délkou trvání a intenzitou. Při zátěži s nízkou intenzitou jsou nejprve aktivovány pomalá svalová vlákna. Se vzrůstající intenzitou kontrakce se postupně aktivují i rychlá oxidativní a nakonec i rychlá glykolytická (HARGREAVES, 2006).

Zastoupení svalových vláken v homologickém svalu různých jedinců je rozdílné. Je to dáno jednak genetickými faktory, ale i způsobem tréninku. U vytrvalostních sportovců převládají svalová vlákna pro oxidativní metabolismus, naopak u sprinterů a výbušných sportů převládají svalová vlákna glykolytického metabolismu (HARGREAVES, 2006).

## 3.2 Energetické krytí při svalové práci

Na svalovou práci potřebují svalové buňky energii, kterou získají pouze přeměnou chemické energie uložené v ATP na mechanickou. Dojde tedy k přeměně ATP na ADP (adenosindifosfát) s uvolněním anorganické fosfátové skupiny, jež je součástí tzv. iontové pumpy, která udržuje potřebný iontový gradient na membráně svalových buněk a zajišťuje tak jejich kontrakci, díky níž svaly pracují (MAUGHAN, BURKE, 2006). Ve svalových buňkách se nachází pouze malé množství ATP a CP, takže v průběhu pohybu je získáváno z metabolických procesů glukózy, mastných kyselin a v menší míře z aminokyselin (MCGUIRE, BEERMAN, 2013). Dostupnost těchto složek je určena jejich množstvím v přijímané potravě. Jejich metabolické dráhy probíhají buď za aerobních nebo anaerobních podmínek. Způsob jakým bude ATP získán závisí na délce a intenzitě zátěže (SMOLIN, GROSVENOR, 2010).

### 3.2.1 ATP a CP

Ve svalových buňkách se nachází pouze malé množství energie (5 mmol/kg tělesné hmotnosti), které slouží jako okamžitý zdroj energie pro většinu energetických procesů v těle. Obsah ATP ve svalech nikdy neklesne o více než třetinu, ale i kdyby mohl klesnout až k nule, tak by bylo množství dostupné energie velmi malé a udrželo by zátěž o maximální intenzitě pouze po dobu několika sekund (MAUGHAN, BURKE, 2006).

Jakmile dojde ve svalech k vyčerpání zásob ATP, mají svaly další zdroj okamžitě dostupné energie ve formě CP, jehož zásoby jsou ve svalech přítomny ve vyšší koncentraci než ATP (cca 20 mmol/kg). Resyntéza ATP z ADP přenosem fosfátové skupiny z CP je katalyzována enzymem kreatinkinázou (HARGREAVES, 2006). Jedná se o velmi rychlou reakci, při které je svalům dodáváno poměrně velké množství energie a umožňuje udržet vysoký výkon, ale kapacita CP je omezená na dalších 8 – 10 sekund. Takže prvních 10 – 15 sekund od začátku zátěže spoléhají svaly na energii z ATP a CP, která je v nich uložená. Při delší zátěži je třeba využít další zdroj energie (SMOLIN, GROSVENOR, 2010).

### 3.2.2 Anaerobní metabolismus (krátkodobá energie)

Pokud fyzická zátěž trvá déle než 10 – 15 sekund dojde ke spotřebování zásob ATP a CP ve svalech. Z plic a srdce nebylo ještě pořad dodáno svalům potřebné množství kyslíku, proto musí být další množství ATP potřebného ke svalové kontrakci získáno bez přístupu kyslíku tzv. anaerobní glykolýzou (SMOLIN, GROSVENOR, 2010).

Anaerobní glykolýza zahrnuje řadu chemických reakcí, které rozštěpí molekulu glukózy na 2 tříuhlíkaté molekuly pyruvátu. Dále dojde k uvolnění elektronů a vytvoření 2 molekul ATP. Jelikož v tomto okamžiku není přítomný kyslík, vytváří se z pyruvátu kyselina mléčná (laktát). Laktát je následně ze svalů transportován do krevního řečiště, čímž je dopraven do jater, kde je glukoneogenezí recyklován zpátky na glukózu, která se dostává zpátky do krve a je připravena znovu vstoupit do procesu glykolýzy (MCGUIRE, BEERMAN, 2013b).

Anaerobní metabolismus pracuje velmi rychle, ale jeho nevýhodou je fakt, že jako zdroj pro produkci ATP může využívat pouze glukózu. Tato glukóza pochází z glykogenu, jehož zásoby jsou přítomné ve svalech nebo z jaterního glykogenu, který uvolňuje glukózu do krve, popř. ze sacharidů přijímaných během zátěže.

Anaerobní metabolismus převládá v prvních minutách zátěže a je také důležitý během intenzivní zátěže, kdy kyslík nestíhá být k buňkám dopraven tak rychle, aby vyrovnal energetické požadavky. Jelikož je množství glukózy omezené, musí lidský organismus pro zachování svalové kontrakce přejít na jiný, efektivnější a vydatnější zdroj energie (SMOLIN, GROSVENOR, 2010).

### 3.2.3 Aerobní metabolismus (dlouhodobá energie)

Pokud fyzická zátěž pokračuje i za hranici anaerobního systému, musí svaly začít využívat aerobní metabolismus. Prostřednictvím dýchací soustavy a krevního oběhu se ke svalům dopraví potřebné množství kyslíku. Dostupnost kyslíku je podmínkou aerobního metabolismu. Konečným produktem aerobní glykolýzy není laktát, ale pyruvát, který přechází z cytoplazmy do mitochondrií, kde se oxiduje na acetyl-Co-A. Ten dále vstupuje do citrátového a následně do dýchacího řetězce. Konečnými produkty jsou voda, oxid uhličitý a ATP, vzniklé tzv. oxidativní fosforylací (SMOLIN, GROSVENOR, 2010).

Aerobní metabolismus je sice pomalejší než anaerobní, ale efektivnější. Energetický zisk na 1 molekulu glukózy je 38 molekul ATP. Další rozdíl je v tom, že aerobní

metabolismus může získávat energii i z oxidace mastných kyselin uvolněných z TAG a výjimečně i z aminokyselin bílkovin. Velké množství TAG je uloženo v tukové tkáni a mnohem menší množství pak i v samotných svalových buňkách. Množství těchto zásob se mezi jedinci opět liší, ale na rozdíl od tělesných zásob sacharidů v krátké časovém úseku nepodléhá velkým změnám (MAUGHAN, BURKE, 2006). Během zátěže jsou TAG štěpeny na mastné kyseliny a glycerol. Volné mastné kyseliny uvolněné z tukové tkáně jsou transportovány do krve a následně do svalových buněk. Mastné kyseliny ze svalů a krevního řečiště jsou pomocí karnitinu dopraveny do mitochondrií, kde jsou v průběhu tzv. beta-oxidace štěpeny na acetyl-Co-A. Ten je následně metabolizován v citrátovém a dýchacím řetězci za vzniku vody, oxidu uhličitého a energie ve formě ATP (oxidativní fosforylace) (SMOLIN, GROSVENOR, 2010).

### **3.2.4 Bílkoviny jako zdroj energie**

Přestože bílkoviny nejsou považovány za hlavní zdroj energie, organismus je může použít k získání energie. A to v případě, kdy v těle není dostatek ostatních živin, zejména sacharidů, nebo při konzumaci většího množství bílkovin než je potřeba či mimořádném sportovním výkonu, který trvá několik hodin a způsobí kritický pokles energetických zásob. Aminokyseliny jsou získávány buď z bílkovin přijatých ve stravě nebo rozpadem bílkovin ve svalech (VILIKUS, 2012). Prostřednictvím glukoneogeneze tak dochází k tvorbě glukózy z aminokyselin. Jedná se ale o energeticky nevýhodný proces, který vyžaduje pokles intenzity zátěže. Po skončení zátěže je pak urychlena syntéza bílkovin, čímž dochází ke zvýšení potřeby aminokyselin pro následnou obnovu svalů (SMOLIN, GROSVENOR, 2010). Extrémně přetížený sportovec se tak může dostat do negativní dusíkové bilance. Snahou sportovce by mělo být vytvořit si co největší zásoby glykogenu, aby se glukoneogeneze uplatnila co nejpозději (SKOLNIK, CHERNUS, 2011).

## **3.3 Využití živin v průběhu zátěže**

### **3.3.1 Využití živin u zátěže s vysokou intenzitou**

Při zátěži s vysokou intenzitou slouží jako zdroj energie anaerobní glykolýza. Zdrojem glukózy je především svalový glykogen, který se ale při intenzivní svalové

práci rychle vyčerpá, což vede k následné únavě a vyčerpání. Kromě toho vzniká jako konečný produkt anaerobním metabolismu laktát, který je ze svalů dopraven do krve a následně do jater, kde je odbourán. Pokud nadále pokračuje vysoká intenzita zátěže, začíná se laktát hromadit ve svalech a nestihá být metabolizován. Je dosaženo tzv. anaerobní prahu, který u trénovaných jedinců odpovídá 80 – 90 % maximální tepové frekvence. Vlivem kumulace laktátu a dalších metabolických meziproductů dochází ve svalech ke kumulaci  $H^+$ , poklesu pH, což vede k inhibici enzymů potřebných k anaerobní glykolýze, zastavuje se resyntéza ATP, svalová kontrakce slábne. Dochází k svalové bolesti, pocitu pálení ve svalech, křeči. Po skončení zátěže a následné dostupnosti kyslíku je laktát krví dopraven do jiných tkání, kde je rozložen nebo ve svalech aerobně metabolizován (MCGUIRE, BEERMAN, 2013b).

### 3.3.2 Využití živin u vytrvalostní zátěže

Při dlouhotrvající zátěži o stálé intenzitě je svaly využíván téměř výhradně oxidativní způsob získávání energie. Výjimkou je prvních několik minut zátěže, kdy je využíván anaerobní metabolismus, dokud není dosaženo ustálené spotřeby kyslíku. Hlavními živinami pro oxidativní metabolismus jsou sacharidy a tuky. K produkci energie při dlouhém výkonu mohou být využívány i bílkoviny a to zejména pokud nejsou dostupné ostatní živiny. Avšak za normálních okolností, u výkonu, který trvá 2 – 3 hodiny, energie získaná odbouráváním bílkovin netvoří více jak 5 % z celkové energetické spotřeby.

Poměr mezi využitím sacharidů a tuků je dán především intenzitou a délkou trvání zátěže. Čím je větší intenzita zátěže, tím více jsou využívány sacharidy. Při zátěži s nízkou intenzitou nepřesahující 50 %  $VO_2max$  (=objem  $O_2$ , který je využit při max. výkonu k tvorbě energie) je jako hlavní zdroj energie využíván především tuk, při dosažení intenzity mezi 60 – 65 %  $VO_2max$  je poměr mezi využitím sacharidů a tuků přibližně stejný. U střední intenzity zátěže 70 – 75 %  $VO_2max$ , kterou dosahují nejlepší maratónci a kterou lze udržet obvykle 2 – 4 h, jsou hlavním energetickým substrátem sacharidy. Nelze tedy nikdy dosáhnout toho, že by tuky byly jediným zdrojem energie (MAUGHAN, BURKE, 2006).

I když zůstává intenzita zátěže konstantní, způsob využití živin se s časem mění. Zásoby glykogenu jsou omezeny a při pokračující dlouhotrvající zátěži se vyčerpávají a je nutné využívat se zvyšující se mírou jiné živiny. Dochází tedy k oxidaci volných

mastných kyselin, které jsou vychtány z krevní plazmy a s pokračující zátěží odbourány z TAG v tukové tkáni. Protože resyntéza ATP z tuků je pomalejší než ze sacharidových zdrojů, dojde k poklesu intenzity zátěže. Z potřeby dostupného glykogenu jako zdroje energie pro zátěž o střední intenzitě vyplývá, že vytrvalostní sportovec musí mít zajištěný dostatečný přísun sacharidů potravou. Proto při maratónském běhu je role sacharidů ještě podstatnější. Nárůst svalového glykogenu daný konzumací stravy bohaté na sacharidy podpoří vytrvalost sportovce (MAUGHAN, BURKE, 2006).

Způsob využití živin při dlouhotrvající zátěži není ovlivněn jenom její intenzitou a dobou trvání, ale i trénovaností, genetikou, úrovní výživy a úrovní glykogenových zásob před zátěží. Trénovaností se posiluje nejenom kardiovaskulární systém, ale dochází i k změnám na buněčné úrovni. Zvětšuje se počet a velikost mitochondrií, což zvyšuje schopnost buňky využívat tuky k produkci ATP, spalování mastných kyselin šetří glykogen, využívá se pomaleji a umožňuje udržovat aerobní metabolismus po delší dobu a při vyšší intenzitě než u netrénovaných jedinců. Dochází tak k oddálení únavy a vyčerpání (SMOLIN, GROSVENOR, 2010).



## 4 SPECIFIKA V PŘÍJMU ŽIVIN VE VÝŽIVĚ SPORTOVců

### 4.1 Sacharidy

Sacharidy jsou stěžejní pro vytrvalostní i silové sportovce, protože na rozdíl od bílkovin a tuků jsou pohotovostně uloženy ve svaích (CLARKOVÁ, 2000). Nutnost dostatečně vysokého příjmu sacharidů znají vytrvalostní sportovci, ale siloví sportovci si často neuvědomují, že obsah glykogenu ve svaích může během intenzivního tréninku nebo závodu podstatně poklesnout a je potřeba ho doplnit (MAUGHAN, BURKE, 2006).

U vytrvalostních sportů jsou sacharidy důležité především jako zdroj energie pro svaly, čímž slouží k zachování a udržení tempa, rychlosti a koncentraci. Jaterní glykogen totiž na rozdíl od svalového může pomocí enzymu fosfatázy uvolnit z glykogenu glukózu do krve, která pak slouží nejenom jako energie pro svaly, ale hlavně jako zdroj energie pro nervovou soustavu (mozek) a červené krvinky. Mozek na rozdíl od svalů nemůže ukládat glukózu a spalovat tuk, takže i přesto, že je v těle ještě dostatek svalového glykogenu, může sportovec v důsledku nedostatečného uvolňování glukózy z jater pocítit poruchy koordinace, závratě, neschopnost soustředit se a celkovou slabost (CLARKOVÁ, 2000).

Sacharidy jsou významné i při silovém tréninku, protože mohou ovlivnit budování svalové hmoty tím, že poskytnou energii např. při zvedání závaží pomáhají s transportem aminokyselin do svalů, kde jsou aminokyseliny potřebné pro jejich opravu. Právě to vede ke zvýšení jejich objemu a síly. Navíc sacharidy vyvolávají vylučování inzulínu, čímž dochází k zesílení hormonální odezvy. Pokud je v krvi přítomen inzulín a zásoby glykogenu jsou vysoké, úroveň kortizolu se snižuje. Kortizol je vylučován v důsledku svalové kontrakce a podněcuje odbourávání svalových proteinů. Je tedy z hlediska budování svalové hmoty nežádoucí. Inzulín je důležitý anabolický hormon a omezuje svalové poškození během silového tréninku, čímž předchází ztrátě svalové hmoty. Pokud pokrm, příp. napoj obsahuje i bílkoviny (aminokyseliny) inzulín pak usnadňuje jejich vstup do svalové tkáně a podněcuje budování svalové hmoty (SKOLNIK, CHERNUS, 2011).

Optimální příjem sacharidů u vrcholových sportovců je uveden v tabulce 8.

**Tabulka 8** Optimální poměr sacharidů u vrcholových sportovců

<b>Optimální poměr sacharidů u vrcholových sportovců</b>	
<b>Vytrvalostní sporty</b>	<b>Silové sporty</b>
55 – 60 %	45 – 55 %

Zdroj: (KONOPKA, 2004)

## **4.2 Bílkoviny**

Svaly jsou tvořeny hlavně bílkovinami (převažující složkou je ale voda) a jejich funkční vlastnosti jsou tak závislé na bílkovinovém složení svalů (MAUGHAN, BURKE, 2006). Při aktivním sportování jsou významně využity k výstavbě a opravě svalové tkáně a to ve fázi zotavení. V malé míře jsou pak využívány i jako zdroj energie (KLIMEŠOVÁ, 2016). Dále jsou pak bílkoviny nutné pro tvorbu hormonů, červených krvinek a udržení imunity (CLARKOVÁ, 2000).

Silová zátěž vede k nárůstu svalové hmoty, což se projevuje zvýšenou tvorbou aktinu a myozinu. Tento proces je tedy závislý na biologické dostupnosti bílkovin. Výsledkem intenzivního tréninku je také vyšší míra poškození svalů, obvykle na mikroskopické úrovni, kdy se působení bílkovin uplatňuje při jejich regeneraci. Svaly se díky tomu stávají silnějšími a příště zvládají stejnou zátěž lépe (MAUGHAN, BURKE, 2006).

Vytrvalostní zátěž má pouze malý účinek na nárůst svalové hmoty, ale zvyšuje ve svalech obsah mitochondriálních proteinů, které jsou zapojeny do aerobního metabolismu (MAUGHAN, BURKE, 2006). Dále jsou při náročném vytrvalostním výkonu využívány jako zdroj energie, dochází tedy ke katabolickým reakcím a rozpadu bílkovin ve svalech. Doplnění bílkovin je nutné nejenom k vykompenzování těchto dějů, ale také k tomu, aby sportovec neztrácel svalovou hmotu (VILIKUS, 2012).

Zejména siloví sportovci mají tendenci přijímat více bílkovin než je potřeba. Nadbytek bílkovin ve stravě ale nemůže být využit ke tvorbě nadměrné svalové hmoty. Naopak nadměrná konzumace bílkovin představuje riziko v podobě přetížení jater (SKOLNIK, CHERNUS, 2011). Příliš mnoho bílkovin ve stravě také způsobuje časté nutkání močit, protože odpadním produktem přeměny bílkovin je močovina, která je vylučována močí. To zvyšuje nebezpečí dehydratace a přetížení ledvin (CLARKOVÁ, 2014).

Mezi osoby se zvýšenou potřebou bílkovin se neřadí jenom vytrvalostní a siloví sportovci, ale také dospívající sportovci v období růstu, kteří potřebují bílkoviny pro sportovní zátěž i růst, dále pak netrénované osoby začínající se cvičení, u nichž zvýšený příjem bílkoviny slouží k tvorbě nové svalové hmoty (CLARKOVÁ, 2014). Doporučené denní dávky bílkovin jsou uvedeny v tabulce 9.

**Tabulka 9** Doporučené denní dávky bílkovin

<b>Specifická skupina</b>	<b>Denní potřeba ve stravě (g/kg tělesné hmotnosti)</b>
Vytrvalostní sportovec	1,2 – 1,4
Silový sportovec	1,8 – 2,0
Dospívající sportovec v období růstu	1,5 – 2,0
Dospělý budující svalovou hmotu	1,5 – 1,7
Sportovec omezující příjem energie	1,6 – 2,0
Odhadovaná maximální využitelná dávka pro dospělého	2,0

Zdroj: (CLARKOVÁ, 2014)

### 4.3 Tuky

Tuky plní ve výživě sportovců důležitou funkci. Jsou zdrojem nezbytných esenciálních mastných kyselin, účastní se transportu živin rozpustných v tucích, zejména vitaminů. V neposlední řadě bez vhodného příjmu tuku nemohou být produkovány klíčové hormony (estrogen, testosteron). Z těchto důvodů není rozumné minimalizovat příjem tuků ve výživě sportovců (MAUGHAN, 2013). Optimální poměr tuků u vrcholových sportovců je uveden v tabulce 10.

**Tabulka 10** Optimální poměr tuků u vrcholových sportovců

<b>Optimální poměr tuků u vrcholových sportovců</b>	
<b>Vytrvalostní sporty</b>	<b>Silové sporty</b>
25 – 30 %	30 – 35 %

Zdroj: (KONOPKA, 2004)

## 4.4 Vitaminy

U sportovců bývá, vzhledem k vyšší energetické potřebě základních živin, která je nutná pro udržení vyrovnané energetické bilance, současně i zvýšená potřeba vitaminů. Předpokládá se, že vyšší potřeba vitaminů u sportovců je zajištěna díky vyššímu příjmu potravy. Sportovci přijímající pestrou stravu by tak neměly být ohroženi deficitem vitaminů (KONOPKA, 2004).

Ohroženou skupinou sportovců jsou pak ti, kteří se snaží redukovat svou hmotnost, mají snížený příjem tuků ve stravě nebo je jejich strava dlouhodobě nevyvážená resp. jednostranná (MAUGHAN, BURKE, 2006).

Některé vitaminy (vitamin E a C) mohou sportovci pomoci lépe tolerovat trénink a snižovat oxidační poškození tkání (poškození volnými radikály) a udržet dobrou funkci imunitního systému (vitamin C). Není však prokázáno, že zvýšen příjem antioxidantů zvyšuje výkonnost sportovce (KONOPKA, 2004).

Doplňování vitaminů v podobě suplementů lze doporučit pouze, když dochází ke zvýšenému tréninkovému stresu – zvýšená tréninková zátěž, trénink v horké počasí či ve vysokých nadmořských výškách (MANDALOVÁ, HRNČIŘÍKOVÁ, 2007).

## 4.5 Minerální látky

Minerální látky, které mohou být u sportovců nedostatkové jsou zejména sodík, hořčík, železo a vápník. Hořčík a sodík se ztrácejí pocením, jejich deficitem jsou ohroženi především sportovci trénující v horkém počasí. Pro naprostou většinu sportovců platí, že pestrou a vyváženou stravou je možné pokrýt potřeby minerálních látek (MANDELOVÁ, HRNČIŘÍKOVÁ, 2007).

Nedostatek železa je nejčastějším deficitem u vrcholových sportovců. Úbytek železa vede ke snížené tvorbě červených krvinek, anémii a nižší toleranci zátěže. Ke ztrátám dochází vlivem jeho zvýšené spotřeby při dlouhých a vysilujících trénincích. Mezi ohroženou skupinou sportovců patří zejména ženy, u nichž dochází ke ztrátám železa vlivem menstruačního cyklu. Dále pak vegetariáni, protože rostlinná strava obsahuje obtížně využitelné formy železa. V neposlední řada jsou pak deficitem železa ohroženi sportovci trénující ve vysokých nadmořských výškách. V tomto prostředí dochází ke zvýšení koncentrace hemoglobinu, a tím je i zvýšená potřeba železa (MCGUIRE, BEERMAN, 2013b).

Vápník je nezbytný pro kvalitu kostí a jeho nedostatečný příjem vede k osteoporóze a patologickým zlomeninám. Zvýšené riziko je u sportovkyň, které mají narušený menstruační cyklus vlivem nízké hmotnosti či extrémní fyzické zátěže. Pro správné zabudování vápníku do kostí je nutný nejen jeho dostatečný příjem stravou, ale i přiměřená hladina ženského hormonu estrogeneru (CLARKOVÁ, 2014).

#### 4.6 Pitný režim

Obsah vody v celém těle je cca 42 l, tj. cca 60 % tělesné hmotnosti. Denní obrat vody představuje 2 – 4 l. Největší množství vody je přijato ve formě nápojů, dále ve formě potravin a nejmenší část představuje tzv. metabolická voda z přeměny látek. Hlavními cestami výdeje vody jsou moč, pocení, vypařování vody kůží, dýchání a stolice (VILIKUS, 2012).

Pocení tvoří velmi variabilní složku výdeje vody. K velkým ztrátám potu dochází u výkonů s velkými energetickými nároky, jako je např. maratónský běh, u kterého dochází ke ztrátám potu 4 – 6 l. Tyto ztráty musí být průběžně doplňovány. Intenzita pocení závisí na klimatu (teplota, vlhkost vzduchu, nadmořská výška), na objemu fyzické aktivity, na procentu tělesného tuku a na fyzické zdatnosti (MAUGHAN, BURKE, 2006).

Příjem tekutin regulují osmoreceptory v ledvinách, baroreceptory v tepnách a volumoreceptory ve velkých žilách, receptory předávající informaci do centra žízně v hypotalamu. Při dehydrataci hypotalamus stimuluje hypofýzu k produkci adrenokortikotropního hormonu, který v kůře nadledvin stimuluje sekreci aldosteronu zvyšujícího reabsorpci sodíku v ledvinách. Hypotalamus také stimuluje hypofýzu k sekreci antidiuretického hormonu, který v ledvinách změní propustnost stěn některých nefronů a tím zvýší reabsorpci vody (VILIKUS, 2012).

Dehydratace zhoršuje sportovní výkon a ovlivňuje jak vytrvalostní, tak rychlostní i silové disciplíny (MAUGHAN, 2013). Obecně je známo, že sportovní výkon je narušen už při dehydrataci představující 2 % tělesné hmotnosti (MAUGHAN, BURKE, 2006). Teprve při tomto stupni odvodnění se dostaví žízeň (VILIKUS, 2012). Při ztrátě vody odpovídající 5 % tělesné hmotnosti se dostávají křeče, třes, suchost jazyka, pocit na zvracení a sportovní výkon klesá o 20 – 30 % (MAUGHAN, 2013).

Pot je hypotonický v porovnání s plazmou. Hlavními elektrolyty v potu jsou sodík a chloridy, dále pak v menším množství hořčík a draslík. Dále je v potu zanedbatelné

množství vápníku a stopových prvků (MAUGHAN, 2013). Složení potu, je ale u různých sportovců individuálně odlišné. Je tedy logické, že ztráta vody a minerálů potem by měla být kompenzována hypotonickými nápoji (MAUGHAN, BURKE, 2006).

Iontové nápoje musí obsahovat především sodík (chlorid sodný) a draslík. Hořčík má tlumivé sedativní účinky, proto se do iontových nápojů nepřidává a je doplňován až po zátěži. Do iontových nápojů se často přidává jako energetický zdroj glukóza (VILIKUS, 2012). Hypotonické roztoky s obsahem sodíku a glukózy totiž zvyšují podíl absorbované vody. Nápoje s elektrolyty a glukózou během cvičení pomáhají zabránit poklesu plazmatického objemu, ke kterému normálně dochází. To napomáhá udržet srdeční výdej a průtok krve mozky a zvyšuje krevní průtok kůží, který zajišťuje výdej tepla a brání zvýšení teploty tělesného jádra. I když ke zlepšení fyzického výkonu může pomoci čistá voda, lepší výsledky byly pozorovány po přidání glukózy a elektrolytů (MAUGHAN, BURKE, 2006).

Zátěž trvající hodinu a déle vyžaduje příjem tekutin. Voda je v pořádku u zátěže trvající do hodiny, ale u delší aktivity nebo zátěži vyšší intenzitě je vhodnější iontový nápoj, obsahující elektrolyty a glukózu (SKOLNIK, CHERNUS, 2011).

Rehydratace je nezbytnou součástí procesu zotavení po zátěži, která vedla k tvorbě potu. K zajištění dostatečného doplnění tekutin je doporučováno vypít na každý kilogram váhy ztracený při zátěži 1 l tekutin. Pokud ale chceme, aby vypitá tekutina v organismu zůstala a nevyloučila se močí, je podstatné také doplnit elektrolyty, které se vyloučily do potu (MAUGHAN, BURKE, 2006).

Naopak předzásobení vodou není nezbytné a některým sportovcům může způsobit žaludeční potíže. Sportovec by měl vypít jeden den před výkon cca o 1 l izotonické tekutiny více než obvykle. Tekutina musí být izotonická, aby se v těle udržela (VILIKUS, 2012).

## 5 VÝŽIVA PŘED ZÁTĚŽÍ, BĚHEM ZÁTĚŽE A PO ZÁTĚŽI

### 5.1 Výživa před zátěží

Složení stravy před zátěží může zlepšit výkonnost nebo ji naopak negativně ovlivnit. Výběr potravin vhodných konzumovaných před zátěží je u jednotlivých sportovců individuální, avšak měl být takový, aby sportovci nezpůsobil trávicí potíže.

Strava před výkonem by měla vykazovat 4 hlavní funkce:

1. zabránit hypoglykémii a jejím příznakům (závratě, nadměrná únava), které mohou výkon komplikovat
2. dodat svalům energii, která se ukládá ve formě glykogenu
3. zklidnit žaludek, zmírnit pocit hladu, vstřebat část žaludečních šťáv
4. psychické zklidnění vědomím, že je organismus energeticky dobře zásoben

(CLARKOVÁ, 2014)

Větší jídlo, jako je snídaně nebo oběd, by mělo být konzumováno 3 – 4 hodiny před zátěží. Mělo by obsahovat dostatek sacharidů (3 – 4 g sacharidů/kg tělesné hmotnosti), cca 20 g bílkovin a málo tuku. Malé množství nízkotučné bílkoviny pomůže zabránit hladu (KLIMEŠOVÁ, 2016). Pokud bychom přijímali jídlo bohaté především na tuky a bílkoviny, došlo by k ovlivnění trávení, sacharidy by tak nebyly využity (MANDELOVÁ, HRNČIŘÍKOVÁ, 2007).

Pokud je časový interval mezi jídlem a zátěží kratší, například k zátěží dochází krátce po probuzení, je třeba snížit energetický příjem v závislosti na čase a energii doplnit až po zátěží (KLIMEŠOVÁ, 2016).

V časovém odstupu 1 – 2 hodiny před zátěží je pak vhodné konzumovat potraviny bohaté na sacharidy, které doplní zásoby svalového glykogenu. Příjem tuků by měl být omezen, protože jsou tráveny nejpomaleji a mohly by způsobit zažívací problémy v průběhu zátěže. Vhodnější je konzumace kašovitě stravy, zejména pak pro sportovce s citlivým zažíváním je lépe stravitelná než tuhá strava. Vhodné jsou například obilné kaše, ovocné pyré, jogurt nebo jogurtové nápoje (CLARKOVÁ, 2000).

Pokud bude zatížení delší než 60 – 90 minut, je vhodné konzumovat sacharidy s nízkým glykemickým indexem. Konzumace 1 – 2 hodiny před zátěží umožní tyto potraviny dostatečně natrávit, aby mohly být k dispozici jako zdroj energie po dobu dlouhého výkonu.

Pokud bude zatížení kratší než 60 minut, je naopak vhodné konzumovat snadno stravitelné potraviny, které nebudou v žaludku překážet. Těmi to potravinami mohou být například celozrnné pečivo nebo krekry (CLARKOVÁ, 2000).

Sportovci by se měli 15 – 120 minut před náročným výkonem vyhýbat potravinám s vysokým GI (potravinám s jednoduchými cukry jako např. kukuřičné lupínky, sladkosti...), která jsou příčinou nadměrné sekrece inzulínu a způsobí reaktivní hypoglykémii. Ta se projevuje únavou a malátností (VILIKUS, 2012). Nejbezpečnější volbou je konzumace těchto potravin 5 – 10 minut před výkonem. Tento čas je příliš krátký na to, aby organismus vyloučil inzulín. Nemělo by tedy dojít k hypoglykemické reakci. Vše se ale odvíjí od citlivosti jednotlivého sportovce na výkyvy glukózy v krvi (CLARKOVÁ, 2000).

Při vytrvalostním výkonu, který trvá více než 90 minut (maraton, triatlon, cyklistická etapa) je nutné svaly předzásobit sacharidy, protože zásoby svalového glykogenu trénovaného člověka vystačí zhruba na 90 minut zátěže. Tím se prodlouží schopnost sportovce udržet déle závodní tempo a oddálí se únava. V současné době se zjistilo, že vytrvalostní sportovci dokážou zvýšit zásoby glykogenu během 3 dnů snížením zátěže a vysokého příjmu sacharidů. Doporučený příjem sacharidů pro vytvoření maximálních zásob glykogenu je 7 – 8 g/kg tělesné hmotnosti. Většina těchto studií věnovaná zásobám glykogenu byla prováděna na mužích. Přesto se předpokládá, že zjištění těchto studií jsou platná i pro sportovkyně. U žen jsou ale výsledky studií zkresleny vlivem menstruačních fází (MAUGHAN, BURKE, 2006).

## **5.2 Výživa během zátěže**

Je prokázáno, že příjem sacharidů během cvičení zvyšuje výkon u všech typů pohybové aktivity. Velký význam má pak doplňování energie během zátěže u vytrvalostních sportů. Prísun sacharidů při běhu nebo jízdě na kole zajistí, že svaly si vezmou glukózu z krve místo toho, aby ji využily jako zásobní energii. Tím se šetří zásoby svalového glykogenu. U silově-vytrvalostních sportů příjem sacharidů zajistí udržení tempa, rychlosti, koncentraci, zrychlení. U silových sportů pomáhají sacharidy chránit svalové bílkoviny (SKOLNIK, CHERNUS, 2011).

Během výkonu je vhodné přijímat směs sacharidů (cukrů) v méně koncentrované formě než pouze jednu formu cukru. Protože různé sacharidy využívají jiné transportní



mechanismy, může se tak vstřebat více sacharidů a získat se tak více „paliva“ pro vytrvalostní výkon, než pokud by byla přijímána pouze samotná glukóza. Glukóza se sice vstřebává rychle, přesto však existuje určitý limit pro to, kolik jednotlivých molekul jednoduchého cukru se v zažívacím traktu může vstřebat (CLARKOVÁ, 2014). Příjem pouze jedné formy cukru může tedy vyvolat žaludeční potíže. Dále je vhodné konzumovat sacharidy v menších dávkách a častěji než velkou dávku najednou (SKOLNIK, CHERNUS, 2011). Vhodné potraviny mohou být tuhé i tekuté. Například energetické tyčinky, sušené ovoce, čerstvé ovoce (banán, pomeranč), sacharidové gely, nápoje (VILIKUS, 2012).

### **5.3 Výživa po zátěži**

Ve výživě po cvičení se uplatňuje zásada tří R, a sice: refuel (doplnění zásob energie), rehydrate (doplnění tekutin) a rest (odpočinek). Jejich cílem je pomoci sportovci připravit se na další zátěž, redukovat některá svalová poškození, která se objevují při intenzivním tréninku a přispět také k udržení silného imunitního systému (SKOLNIK, CHERNUS, 2011).

#### **5.3.1 Sacharidy po zátěži**

Doplnit sacharidy ihned po výkonu představuje jednu z nejlepších možností, jak se sportovec může připravit na další zátěž. Na vrcholu své aktivity jsou totiž hormony a enzymy, které se podílejí na ukládání glykogenu (SKOLNIK, CHERNUS, 2011).

Prvních 30 minut po skončení sportovního výkonu není trávicí ústrojí zcela schopno přijímat potraviny (vzhledem k redistribuci krve). Po tuto dobu se doporučuje přijímat chybějící tekutiny a minerály. Nápoje by neměly obsahovat kofein, který způsobuje dehydrataci a žaludeční hypersekreci, či alkohol, který zpomaluje regeneraci (VILIKUS, 2012).

První 2 hodiny po zátěži se ukládá glykogen nejrychleji. Po uplynutí této doby sice obnova glykogenových zásob pokračuje, ale pomalejším tempem. K obnovení zásob energie je nejefektivnější konzumovat po skončení výkonu potraviny s vysokým GI. Právě v této době se sacharidy rychle stráví, vstřebají a do krevního řečiště jsou pohotově dodány jako glukóza. Inzulinové receptory jsou v této době velmi citlivé, takže inzulin pomáhá dopravit glukózu do svalů k okamžité obnově vyčerpaných

glykogenových zásob. Na obnově svalového glykogenu se podílí také vysoká aktivita enzymů ve svalech. Postupem času se tyto procesy zpomalují. Doplnění vyčerpaných glykogenových zásob může trvat 24 hodin. Pokud další den po zátěži následuje odpočinek, není načasování příjmu sacharidů až tak podstatné. Pokud ale další den následuje další vyčerpávající výkon, je načasování příjmu sacharidů velmi podstatné (SKOLNIK, CHERNUS, 2011).

Důležité je nejenom načasování, ale i druh přijatých sacharidů. Po vyčerpávajícím výkonu je glykogen obnovován rychlostí 5 – 7 % za hodinu. V případě svalového poškození nebo intenzivního odporového tréninku se zásoby obnovují ještě pomaleji. Co nejdříve po zátěži je vhodné přijmout potraviny s vysokým GI v množství 1 – 1,5 g/kg tělesné váhy a za 2 hodiny to zopakovat. Poté je důležité v průběhu dne doplnit dostatečné množství komplexních sacharidů (SKOLNIK, CHERNUS, 2011).

### **5.3.2 Bílkoviny po zátěži**

#### Vytrvalostní sporty

Regenerace po vytrvalostním tréninku zahrnuje nejenom obnovu vyčerpané energie, ale také redukci svalových ztrát a poškození svalů. Příjmem bílkovin po zátěži se urychlí nejenom svalová regenerace, ale zabezpečí se i imunitní ochrana.

Každý vyčerpávající vytrvalostní výkon je provázen katabolickými reakcemi a rozpadem bílkovin. Aby sportovec vykompenzoval tyto děje a neztrácel svalovou hmotu, měl by doplnit bílkoviny v množství cca 0,5 g/kg hmotnosti (VILIKUS, 2012).

#### Silové sporty

Při odporovém tréninku dochází k následujícím věcem: První je štěpení svalové tkáně coby nutný krok k signalizující opravu, budování a růst. Druhá je oprava a růst. Poškození svalové tkáně, ke kterému během odporového tréninku dochází, musí být opraveno, aby se svaly staly silnějšími a většími. Současně by bez příjmu bílkovin došlo k rozkladu svalových bílkovin a negativní dusíkaté bilanci.

Sacharidy stimulují uvolňování inzulínu, který pomáhá ochránit svalovou tkáň před rozkladem. Bílkoviny či aminokyseliny přijaté potravou jeho působení dále stupňují. Inzulín tedy pomáhá po zátěži zabudovávat aminokyseliny do svalové tkáně. Konzumace malého množství bílkovin (cca 10 – 15 g) spolu se sacharidy bezprostředně

po tréninku podpoří tvorbu svalové hmoty a brání nadměrnému katabolismu bílkovin (SKOLNIK, CHERNUS, 2011).

## **6 FUNČNÍ A FORTIFIKOVANÉ POTRAVINY**

### **6.1 Funkční potraviny**

Potravina může být označena jako funkční, pokud má příznivý vliv na zdraví konzumenta. Je to potravina (nikoliv kapsle, tableta či prášek), vyrobená z přirozeně se vyskytujících složek, které pozitivně ovlivňují 1 nebo více funkcí v lidském organismu (KALAČ, 2003).

Měly by být konzumovány jako součást denní stravy. Funkční potraviny nejsou zaměřeny na léčení konkrétních onemocnění, ale působí na organismus preventivně. Jejich konzumace také posiluje přirozené obranné mechanismy proti škodlivým vlivům prostředí a příznivě ovlivňuje fyzický a duševní stav člověka (KALAČ, 2003).

Potravina může být „funkční“ přirozeně, obsahuje tedy sama o sobě složku, která příznivě ovlivňuje zdravotní stav člověka, nebo se může stát funkční následným zvýšením koncentrace přirozené složky na takovou úroveň, která s největší pravděpodobností vyvolá očekávaný efekt. Jedná se tedy o fortifikované potraviny např. vitamínem nebo stopovým prvkem (KOMPRDA, 2007).

U funkčním potravin je zatím stále problematická legislativní stránka. Evropská unie zatím jednotnou legislativu nemá a nemá ji ani většina členským zemí včetně České republiky (KALAČ, 2003). Nicméně Státní zemědělská a potravinářská inspekce hlídá, aby nedošlo ke klamání spotřebitele. Potravinu například nelze označit tvrzením, že pravidelná konzumace vede k prevenci určité choroby. Pokud chce výrobce takto svůj produkt označit, musí absolvovat dlouhé a nákladné zkoušky výrobku, podobné jako v případě některých lékových studií (KUNOVÁ, 2011).

### **6.2 Významné funkční potraviny a jejich účinné složky**

Přehled některých významných funkčních potravin a jejich účinných složek je znázorněn v tabulce 11.

**Tabulka 11** Významné funkční potraviny a jejich účinné složky

Významné funkční potraviny	Významné účinné složka
Pšeničné otruby	Vláknina (nerozpustná)
Semena lnu	Kyselina alfa linolenová
Amarant	Nenasycené mastné kyseliny, skvalen (antioxidant)
Kysané mléčné výrobky	Probiotika
Vejce	n-3 mastné kyseliny, antioxidanty (vitamin E, karotenoidy)
Pohanka	Rutin

Zdroj: (KALÁČ, 2003)

### 6.3 Fortifikované potraviny

Podle organizace FAO (WHO) je fortifikace (obohacování potravin) definováno jako přídavek jedné, příp. více esenciálních živin za účelem prevence nebo prokázané deficiencie živin u určité skupiny obyvatelstva (MCGUIRE, BEERMAN, 2013b). Kromě toho se fortifikace používá pro přidání mikroživin i pro jiné termíny jako je restituce (obnovení), standardizace a suplementace. Restituce znamená přídavek živin, které se ztratily v průběhu technologického zpracování, skladování a manipulace s potravinou (fortifikace mouky vitaminy skupiny B). Standardizace znamená přidání živin do potraviny tak, aby se vyrovnaly přirozené odchylky (obohacení jablečné šťávy vitamínem C na hodnoty v pomerančovém džusu). Suplementace znamená přidání živin, které v potravine nebyly původně obsaženy nebo se vyskytují pouze v minimálním množství (např. fortifikace margarínů karoteny) (KUNOVÁ, 2011).

V České republice je fortifikace ošetřena legislativně vyhláškou č. 225/2008 Sb., kterou se stanoví požadavky na doplňky stravy a obohacování potravin. Podmínky přidávání vitaminů, minerálních látek nebo dalších látek do potravin upravuje přímo použitelný předpis Evropského společenství o přidávání vitaminů, minerálních látek a některých dalších látek do potravin. K fortifikaci potravin se nejčastěji používají předpisem schválené vitaminy a minerální látky: vitamin B1, B2, C, E, kyselina listová, niacin, beta-karoten, draslík, hořčík, vápník, zinek, měď a jód, a to do výše hodnoty stanovené procentuálního podílu referenční látky (vyhláška 225/2008 Sb.). V ČR se fortifikují přidáním vitaminů potraviny jako například nápoje, oleje, cereální tyčinky a

sušenky. Povinnou fortifikací je u nás obohacování jedlé sody jódem (KUNOVÁ, 2011).

## 7 DOPLŇKY STRAVY A POTRAVNÍ DOPLŇKY

Podle zákona 110/1997 Sb. o potravinách a tabákových výrobcích, ve znění zákona 306/2000 Sb., jsou doplňky stravy definovány jako „potravina určena k přímé spotřebě, která se odlišuje od potravin pro běžnou spotřebu vysokým obsahem potravních doplňků a která byla vyrobena za účelem doplnění běžné stravy pro spotřebitele na úroveň příznivě ovlivňující zdravotní stav a která se uvádí do oběhu pouze s označením účelu jeho použití“ (MACH, 2012).

Potravní doplňky, tj. zmíněná součást doplňku stravy, jsou definovány jako „vitaminy, minerály, aminokyseliny, specifické mastné kyseliny, extrakty a další látky s významným biologickým účinkem“ (MACH, 2012).

V současné době jsou ale doplňky stravy definovány dle zákona 110/1997 Sb. ve znění pozdějších předpisů 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, a která je určena k přímé spotřebě v malých množstvích. Vypadá tedy požadavek „příznivě ovlivňující zdravotní stav“, takže podle zákona už není možno doplňkům stravy přisuzovat příznivé zdravotní účinky (VILIKUS, 2012).

### 7.1 Vybrané doplňky stravy u sportovců

Přestože jsou doplňky stravy nedílnou součástí výživy vrcholových sportovců, roste v poslední době snaha sportovců zajistit všechny potřebné živiny v první řadě běžnou stravou, teprve potom suplementy. Hlavním důvodem je riziko kontaminace suplementů a potenciální selhání v dopingovém testu. Proto jsou v současnosti suplementy podávány pouze tehdy, je-li pro jejich použití racionální důvod a jsou-li nezávisle testovány (CLOSE a kol., 2016).

#### **Kreatin**

V lidském organismu je kreatin částečně syntetizován v játrech a ledvinách z aminokyselin argininu, glycinu a methioninu. Částečně je přijímán jako součást stravy, obsažen je především v červeném masu rybách (TWY-CROSS-LEWIS a kol., 2016). Krevním řečištěm se dostává do vláken příčně pruhované svaloviny, resp. do sarkoplazmy a mitochondrií (SLÍVA, MINÁRIK, 2009).

Zásoby svalového kreatinu mohou být navýšeny až o 20 % díky příjmu kreatinu jako suplementu, nejčastěji přimícháním v práškové podobě do nápoje. Doporučeným dávkováním je 20 g za den ve 4 dílčích dávkách, jedná se o tzv. urychlený režim na dobu 5 dnů, nebo příjem 3 g denně po delší dobu (nejčastěji 4 týdny). Nejúčinnější formou kreatinu v rámci jeho suplementace je kreatin monohydrát. Současný příjem sacharidů zvyšuje přechod kreatinu do svalové tkáně. Dochází tak ke zvýšení fosfokreatinové hotovosti. Suplementace kreatinu tak může zvýšit obnovu zásob ATP při zátěži o velké intenzitě, jako je např. sprint a nebo kolektivní sporty, kde se střídají úseky o vysoké intenzitě s krátkým odpočinkem (COOPER a kol., 2012).

Studie zaměřené na suplementaci kreatinem neprokázaly zvýšené zdravotní riziko a doporučují raději snížit než zvýšit svalové poškození spjaté se zátěží (CLOSE a kol., 2016).

### **Jedlá soda (bikarbonát)**

Během zátěže, kde primární zdrojem energie pro svalovou kontrakci je anaerobní glykolýza (sprint, týmové sporty) dochází ke kumulaci  $H^+$  iontů ve svalech, ke zvýšení jejich kyselosti. Tím je anaerobní glykolýza limitována a dojde k potlačení přenosu energie a schopnosti svalů se kontrahovat, což donutí sportovce snížit intenzitu zátěže. V těle přítomný bikarbonátový pufovací systém představuje obrannou linii proti zvýšené metabolické acidóze. Jakmile dojde k překročení pufovací kapacity v rámci buňky, laktát a  $H^+$  ionty difundují z buňky ven. Zvýšením extracelulární pufovací kapacity se podpoří bikarbonátové rezervy, které umožní  $H^+$  iontům rychleji opustit zatěžované svalové buňky, takže následně může sval vyprodukovat více kyseliny mléčné uvnitř svalu, dokud acidóza nedosáhne limitující úrovně (CLOSE a kol., 2016).

Suplementace jedlou sodou přispívá k opožděnému nástupu únavy během anaerobního výkonu. Suplementace jedlou sodou může vyvolat trávicí problémy, kterým lze předejít konzumací bikarbonátu v rámci malého jídla (svačiny) (MORIONES, SANTOS, 2017)

### **HMB (beta-hydroxy-metylbutyrát)**

HMB je degradační produkt aminokyseliny leucinu (SLÍVA, MINÁRIK, 2009). Stejně jako leucin má antikatabolické účinky, inhibuje proteolýzu svalů a zvyšuje proteosyntézu. Snižuje tedy svalové poškození. Stejně jako leucin má HMB



i anabolický efekt. Z dlouhodobé tréninkové studie je prokázána efektivnost suplementace HMB při odporovém tréninku (ALBERT a kol., 2015).

Určitou výhodou je rychlý nástup účinku HMB, výrazně tedy působí u netrénovaných jedinců a po delší tréninkové přestávce (MACH, 2012).

### **BCAA (branched-chain amino acids)**

Mezi tzv. větvené aminokyseliny (BCAA) patří esenciální aminokyseliny leucin, izoleucin a valin, které se velmi dobře vstřebávají z trávicího ústrojí, zvláště pak v tekuté formě (VILIKUS, 2012).

Při suplementaci BCAA u vytrvalostních sportů byla prokázána snížená bolestivost svalů, svalové poškození a snížený pocit únavy. Nicméně příznivý vliv suplementace před nebo během výkonu nevedl ke zlepšení. Nebyla také zjištěna shoda v nejefektivnějším množství a načasování příjmu, přestože je za nejefektivnější poměr považován 2 – 3/1/1 g mezi leucinem, izoleucinem a valinem (SALINAS-GARCIA M. a kol., 2015).

## ZÁVĚR

V poslední době si sportovní výživa vydobyla silnou pozici v přípravě sportovců. Mnoho z nich si uvědomilo, že správný výběr potravin a jejich načasování jim může pomoci k lepším sportovním výsledkům. Při snaze dosáhnou maxima svých možností, pomáhá správná výživa předcházet zranění a nemoci.

S rozvojem sportovní výživy vznikla také řada firem vyrábějící doplňky stravy pro sportovce, ale také sportovní nápoje a potraviny – energetické tyčinky, gely. Obecně ale platí, že komerční sportovní nápoje a potraviny jsou především pohodlné, ale ne nezbytné. Existuje ovšem i situace, ve kterých mají sportovní nápoje a potraviny nezastupitelnou funkci. Jedná se zejména o vrcholové vytrvalostní cyklisty, maratonce, triatlonisty a jiné sportovce, kteří podávají dlouhodobé intenzivní výkony a mají citlivý trávicí systém. Problémem je že, komerční sportovní potraviny a nápoje cílí na rekreační sportovce, kteří se snadno nechají ovlivnit reklamou.

Tyto komerční sportovní potraviny a nápoje ovšem neřeší problém nedůsledného stravování a regenerace. Pro všechny pohybově aktivní jedince platí, že pestrá nutričně vyvážená strava by měla tvořit základ a sportovní potraviny jenom doplněk. Dále u sportovních potravin platí, že jejich konzumaci by měli sportovci vyzkoušet v tréninku a neexperimentovat při závodech. Ne pro každého jsou tyto potraviny vhodné a u jedinců s citlivým trávením by mohly v průběhu závodu způsobit zažívací problémy.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERAURY

AGGETT P., 2013: Copper. s. 397–403. In: CABALLERO B., ALLEN L., PRENTICE A. (eds), *Encyclopedia of human nutrition.: Volume 1.* 3<sup>rd</sup> ed. Amsterdam: Academic Press, ISBN 978-0-12-375083-9

ALBERT F., MORENTE-SANCHEZ J., ORTEGA F., CASTILLO M., GUTIERREZ A., 2015: *Usefulness of beta-hydroxy-beta-methylbutyrate (HBM) supplementation in different sports: an update and practical implications.* *Nutricion hospitalaria*, 32, 20–33

ALLEN L., 2013: Magnesium. s. 131–133. In: CABALLERO B., ALLEN L., PRENTICE A. (eds), *Encyclopedia of human nutrition.: Volume 3.* 3<sup>rd</sup> ed. Amsterdam: Academic Press, ISBN 978-0-12-375083-9

ANDERSON J., 2013: Chromium. s. 352–356. In: CABALLERO B., ALLEN L., PRENTICE A. (eds), *Encyclopedia of human nutrition.: Volume 1.* 3<sup>rd</sup> ed. Amsterdam: Academic Press, ISBN 978-0-12-375083-9

ANDERSON J., 2013: Phosphorus. s. 28–31. In: CABALLERO B., ALLEN L., PRENTICE A. (eds), *Encyclopedia of human nutrition.: Volume 4.* 3<sup>rd</sup> ed. Amsterdam: Academic Press, ISBN 978-0-12-375083-9

APPEL L., 2013: Potassium. s. 52–55. In: CABALLERO B., ALLEN L., PRENTICE A. (eds), *Encyclopedia of human nutrition.: Volume 4.* 3<sup>rd</sup> ed. Amsterdam: Academic Press, ISBN 978-0-12-375083-9

BENDER D., 2013: Vitamin B6. s. 340–350. In: CABALLERO B., ALLEN L., PRENTICE A. (eds), *Encyclopedia of human nutrition.: Volume 4.* 3<sup>rd</sup> ed. Amsterdam: Academic Press, ISBN 978-0-12-375083-9

BEŇO I., 2008: *Náuka o výživě: fyziologická a léčebná výživa.* Martin: Osveta, ISBN 978-80-8063-294-6

CLARKOVÁ N., 1999: *Sportovní výživa pro pěknou postavu, dobrou kondici, výkonnostní trénink*. Praha: Grada, ISBN 80-247-9047-5

CLARKOVÁ N., 2014: *Sportovní výživa*. 3. vyd. Praha: Grada, ISBN 978-80-247-4655-5

CLOSE G., HAMILTON D., PHIPL A., BURKE L., MORTON J., 2016: *New strategies in sport nutrition to increase exercise performance*. *Free radical biology and medicine*, 98, 144–158

COOPER R., NACLERIO F., ALLGROVE J., JIMENEZ A., 2012: *Creatin supplementation with specific view to exercise/sports performance: an update*. *Journal of international society of sports nutrition*, 9

CUMMINGS J., MANN J., 2007: Carbohydrates. s. 17–18. In: MANN J., TRUSWELL E. (eds), *Essentials of human nutrition*. 3<sup>rd</sup> ed. Oxford: Oxford University Press, ISBN 978-0-19-929097-0

GOULDING A., 2007: Major minerals: calcium and magnesium. s. 112–221. In: MANN J., TRUSWELL E. (eds), *Essentials of human nutrition*. 3<sup>rd</sup> ed. Oxford: Oxford University Press, ISBN 978-0-19-929097-0

GRAY J., 2006: *Dietary fibre: Definition, Analysis, Physiology & Health*. Brusel: ILSI Europe, ISBN 90-78637-03-X

HARGREAVES M., 2006: Exercise physiology and metabolism. s. 1–11. In: BURKE L., DEAKIN V. (eds), *Clinical Sports Nutrition*, 3<sup>rd</sup> ed. Sydney: The McGraw-Hill Companies, ISBN 0-074-71602-6

KALÁČ P., 2003: *Funkční potraviny: kroky ke zdraví*. České Budějovice: Dona, ISBN 80-7322-029-6

KLIMEŠOVÁ I., 2016: *Základy sportovní výživy*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, ISBN 978-80-244-4971-5

KOMPRDA T., 2007: *Základy výživy člověka*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, ISBN 978-80-7157-655-6

KOMPRDA T., 2009: *Výživou ke zdraví*. Velké Bílovice: TeMi CZ, ISBN 978-80-87156-41-4

KONOPKA P., 2004: *Sportovní výživa*. České Budějovice: KOPP, ISBN 80-7232-228-1

KUNOVÁ V., 2011: *Zdravá výživa*. 2. vyd. Praha: Grada, ISBN 978-80-247-3433-0

KURPAD A., 2013: Protein. s. 123–125. In: CABALLERO B., ALLEN L., PRENTICE A. (eds), *Encyclopedia of human nutrition.: Volume 4*. 3<sup>rd</sup> ed. Amsterdam: Academic Press, ISBN 978-0-12-375083-9

LICHTENSTEIN A., 2013: Fats and oils. s. 201–202. In: CABALLERO B., ALLEN L., PRENTICE A. (eds), *Encyclopedia of human nutrition.: Volume 2*. 3<sup>rd</sup> ed. Amsterdam: Academic Press, ISBN 978-0-12-375083-9

LÖNNERDAL B., HERNELL O., 2013: Iron. s. 39–42. In: CABALLERO B., ALLEN L., PRENTICE A. (eds), *Encyclopedia of human nutrition.: Volume 3*. 3<sup>rd</sup> ed. Amsterdam: Academic Press, ISBN 978-0-12-375083-9

MACH I., 2012: *Doplňky stravy*. Praha: Grada, ISBN 978-80-247-4353-0

MANDALOVÁ M., HRNČIŘÍKOVÁ I., 2007: *Základy výživy ve sportu*. Brno: Masarykova univerzita, ISBN 978-80-210-4281-0

MANN J., SKEAFF M., 2007: Lipids. s. 33–44. In: MANN J., TRUSWELL E. (eds), *Essentials of human nutrition*. 3<sup>rd</sup> ed. Oxford: Oxford University Press, ISBN 978-0-19-929097-0

MAUGHAN R., BURKE L., 2006: *Výživa ve sportu: příručka pro sportovní medicínu*. Praha: Galén, ISBN 80-7262-318-4

MAUGHAN R., 2013: *Sport and exercise nutrition*. s. 204–208 In: CABALLERO B., ALLEN L., PRENTICE A. (eds), *Encyclopedia of human nutrition.: Volume 4*. 3<sup>rd</sup> ed. Amsterdam: Academic Press, ISBN 978-0-12-375083-9

MCGUIRE M., BEERMAN K., 2013a: *NUTR*. Belmont, CA: Wadsworth, ISBN 978-1-11-57892-3

MCGUIRE M., BEERMAN K., 2013b: *Nutritional sciences: from fundamentals to food*. 3<sup>nd</sup> ed., Belmont, CA: Wadsworth, ISBN 978-0-8400-5839-3

MINDELL E., MUNDISOVÁ H., 2006: *Nová vitaminová bible*. 2. vyd. Praha: Ikar, ISBN 80-249-0744-5

MORIONES S., SANTOS I., 2017: *Ergogenic aids in sport*. *Nutricion hospitalaria*, 34, 204–215

SALINAS-GARCIA M., MARTINEZ-SANZ J., URDAMPILLETA A., MIELGO-AYUSO J., NAYARRO A., ORTIZ-MONCADA R., 2015: *Effects of branched amino acids in endurance sports: a review*. *Nutricion hospitalaria*, 31, 577–589

SAMMAN S., 2007: Trace elements: zinc. s. 138–142. In: MANN J., TRUSWELL E. (eds), *Essentials of human nutrition*. 3<sup>rd</sup> ed. Oxford: Oxford University Press, ISBN 978-0-19-929097-0

SKEAFF M., 2007: Vitamins C and E. s. 201–213. In: MANN J., TRUSWELL E. (eds), *Essentials of human nutrition*. 3<sup>rd</sup> ed. Oxford: Oxford University Press, ISBN 978-0-19-929097-0

SKOLNIK H., CHEMUS A., 2011: *Výživa pro maximální sportovní výkon: správně načasovaný jídelníček*. Praha: Grada, ISBN 978-80-247-3847-5

SLÍVA J., MINÁRIK J., 2009: *Doplňky stravy*. Praha: TRITON, ISBN 978-80-7387-169-7

SMOLIN L., GROSVENOR M., 2010: *Nutrition: science and applications*. 2<sup>nd</sup> ed., Hoboken, NJ: Wiley, ISBN 978-0-470-52474-9

THOMSON C., 2013: Selenium. s. 186–192. In: CABALLERO B., ALLEN L., PRENTICE A. (eds), *Encyclopedia of human nutrition.: Volume 4*. 3<sup>rd</sup> ed. Amsterdam: Academic Press, ISBN 978-0-12-375083-9

TRUSWELL S., 2007: The B vitamins. s. 184–199. In: MANN J., TRUSWELL E. (eds), *Essentials of human nutrition*. 3<sup>rd</sup> ed. Oxford: Oxford University Press, ISBN 978-0-19-929097-0

TWYXCROSS-LEWIS R., KILDUFF L., WANG G., PITSILADIS Y., 2016: *The effects of creatine supplementation on thermoregulation and physical (cognitive) performance: a review and future prospects*. Amino acids, 48, 1843–1855

VELÍŠEK J., HAJŠLOVÁ J., 2009: *Chemie potravin 1*. 3. vyd. Tábor: OSSIS, ISBN 978-80-86659-17-6

VILIKUS Z., a kol., 2012: *Výživa sportovců a sportovní výkon*. Praha: Karolinum, ISBN 978-80-246-2064-0

VYHLÁŠKA MZd. 225/2008 Sb., kterou se stanoví požadavky na doplňky stravy a obohacování potravin

ZIMMERMANN M., 2013: Iodine. s. 28–32. In: CABALLERO B., ALLEN L., PRENTICE A. (eds), *Encyclopedia of human nutrition.: Volume 3*. 3<sup>rd</sup> ed. Amsterdam: Academic Press, ISBN 978-0-12-375083-9

## SEZNAM TABULEK

<b>Tabulka 1</b> Zdroje dietárních sacharidů.....	14
<b>Tabulka 2</b> Glykemický index vybraných potravin.....	17
<b>Tabulka 3</b> Obsah tuku ve vybraných potravinách.....	20
<b>Tabulka 4</b> Obsah bílkovin ve vybraných potravinách.....	27
<b>Tabulka 5</b> Klasifikace aminokyselin.....	29
<b>Tabulka 6</b> Nutriční hodnota některých potravin .....	32
<b>Tabulka 7</b> Biologická hodnota různých bílkovinných zdrojů.....	34
<b>Tabulka 8</b> Optimální poměr sacharidů u vrcholových sportovců .....	50
<b>Tabulka 9</b> Doporučené denní dávky bílkovin .....	51
<b>Tabulka 10</b> Optimální poměr tuků u vrcholových sportovců .....	51
<b>Tabulka 11</b> Významné funkční potraviny a jejich účinné složky .....	61



## **SEZNAM OBRÁZKŮ**

<b>Obrázek 1</b> Česká výživová pyramida .....	10
--	----