

**Univerzita Karlova v Praze**

**1. lékařská fakulta**

Specializace ve zdravotnictví

Nutriční terapie



**Renata Křivohlavá**

Kvalita lipidů v potravinách

Quality of lipids in foods

Bakalářská práce

Vedoucí závěrečné práce: Doc. Dr. Ing. Marek Doležal

Praha, 2011

**Prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracovala samostatně a že jsem řádně uvedla a citovala všechny použité prameny a literaturu. Současně prohlašuji, že práce nebyla využita k získání jiného nebo stejného titulu.

Souhlasím s trvalým uložením elektronické verze mé práce v databázi systému meziuniverzitního projektu Theses.cz za účelem soustavné kontroly podobnosti kvalifikačních prací.

V Praze, 4. 4. 2011

Renata Křivohlavá

**Identifikační záznam:**

KŘIVOHLAVÁ, Renata. *Kvalita lipidů v potravinách. [Quality of lipids in foods]*. Praha, 2011. 67 s., 2 příl. Bakalářská práce (Bc.). Univerzita Karlova v Praze, 1. lékařská fakulta, Ústav teorie a praxe ošetřovatelství. Vedoucí práce doc. Dr. Ing. Doležal, Marek.

## **Abstrakt:**

Název bakalářské práce je „Kvalita lipidů v potravinách“. Práce je rozvržena do dvou částí. První tvoří teoretická část, druhá je experimentální. Teoretická část je rozdělena do dvou kapitol. První bod pojednává o obecném chemickém složení a vlastnostech lipidů. Tento bod je dále členěn do čtyř úseků, ve kterých jsou konkrétněji rozebrány jednotlivé skupiny lipidů. Ve druhém bodě teoretické části je pozornost zaměřena na význam tuků ve výživě, syntézu mastných kyselin, trávení lipidů a problematiku související se vstřebatelností a transportem lipidů. Tato část dále obsahuje pasáž, která blíže zmiňuje výživová doporučení, v rámci nichž vyzdvihuje především otázku správného množství a kvality tuku obsaženého v jednotlivých potravinách. Nejsou zde opomenuty ani zásady správného použití a skladování tuků. Posledním úsekem této části jsou doplňky stravy a funkční potraviny, od kterých je očekáván pozitivní efekt na lidské zdraví. Experimentální část práce vychází z chemické analýzy dvaceti vzorků doplňků stravy s obsahem n-3 mastných kyselin. Tyto mastné kyseliny hrají nezastupitelnou roli při prevenci i léčbě řady onemocnění, zvláště pak infarktu myokardu či ischemické choroby srdeční. Ve screeningu těchto produktů byla pozornost zaměřena především na obsah eikosapentaenové kyseliny (EPA) a dokosahexaenové kyseliny (DHA). Výsledky chemické analýzy odhalily velmi nízký obsah těchto mastných kyselin u dvou vzorků, jeden vzorek je neobsahoval vůbec. Obsah *trans*-mastných kyselin byl u všech vzorků zanedbatelný.

## **Klíčová slova:**

lipidy

mastné kyseliny

n-3 mastné kyseliny

výživová doporučení

doplňky stravy

plynová chromatografie

**Abstract:**

The title of the work is “Quality of lipids in food”. The work is divided into two parts. The first is theoretical, the other is experimental. The theoretical part is divided into two chapters. The first section describes general chemical composition and properties of lipids. This point is further divided into four sections, which are specifically focused on different groups of lipids. The second theoretical point of attention is focused on the importance of fat in the diet, the synthesis of fatty acids, lipid digestion and issues related to absorbancy and lipid transport. This section also contains a passage which refers to further dietary recommendations, among which highlights the question of the proper quantity and quality of fat contained in food. There are not omitted principles of proper use and storage of fat. The last section of this section deals with dietary supplements and functional foods from which the positive effect on human health is expected. The experimental part is based on chemical analysis of twenty samples of dietary supplements containing n-3 fatty acids. These fatty acids play a vital role in the prevention and treatment of many diseases, especially myocardial infarction or ischemic heart disease. In the screening of these products, attention was focused on the content of eicosapentaenoic acid (EPA) and docosahexaenoic acid (DHA). Results of chemical analysis revealed a very low content of these fatty acids in two samples, one sample did not contain them at all. The content of *trans*-fatty acids was negligible in all samples.

**Key words:**

lipids

fatty acids

n-3 fatty acids

dietary recommendations

dietary supplement

gas chromatography

**Poděkování:**

Děkuji panu doc. Dr. Ing. Marku Doležalovi za vedení mé bakalářské práce, za cenné rady, které mi poskytnul a za čas, který mi věnoval.

Ráda bych také poděkovala mému příteli za trpělivost a podporu v průběhu studií.

# OBSAH

OBSAH.....	7
ÚVOD.....	9
1 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY .....	10
1.1 CHEMICKÉ SLOŽENÍ A VLASTNOSTI LIPIDŮ.....	10
1.1.1 HOMOLIPIDY .....	10
1.1.1.1 Acylglyceroly.....	10
1.1.1.2 Vosky .....	11
1.1.2 HETEROLIPIDY.....	11
1.1.3 KOMPLEXNÍ LIPIDY .....	12
1.1.4 DOPROVODNÉ LÁTKY LIPIDŮ .....	12
1.1.4.1 Steroidy.....	13
1.1.4.2 Vitaminy rozpustné v tuku.....	14
1.1.4.3 Přírodní barviva lipidů .....	14
1.1.4.4 Nasycené mastné kyseliny .....	16
1.1.4.5 Nenasycené mastné kyseliny .....	17
1.1.4.5.1 Monoenové mastné kyseliny.....	17
1.1.4.5.2 Polyenové mastné kyseliny.....	17
1.1.4.5.3 <i>Trans</i> -mastné kyseliny .....	20
1.2 TUKY VE VÝŽIVĚ .....	21
1.2.1 ÚLOHA TUKŮ VE VÝŽIVĚ .....	21
1.2.2 BIOSYNTÉZA MASTNÝCH KYSELIN .....	22
1.2.3 TRÁVENÍ LIPIDŮ A METABOLISMUS ESENCIÁLNÍCH MASTNÝCH KYSSELIN .....	23
1.2.4 ODBOURÁVÁNÍ MASTNÝCH KYSELIN V ORGANISMU .....	25
1.2.5 VSTŘEBATELNOST TUKŮ.....	26
1.2.6 TRANSPORT LIPIDŮ .....	27
1.2.7 VÝŽIVOVÁ DOPORUČENÍ.....	28
1.2.8 POUŽITÍ TUKŮ PŘI PŘÍPRAVĚ POKRMŮ .....	34
1.2.8.1 Obecné zásady správného skladování.....	35
1.2.8.2 Vliv oxidace tuků na zdravotní stav.....	35
1.2.8.3 Tuky pro teplou kuchyni.....	37
1.2.8.4 Tuky pro studenou kuchyni.....	38
1.2.9 DOPLŇKY STRAVY .....	38
1.2.10 FUNKČNÍ POTRAVINY .....	39

2	EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST.....	41
2.1	POUŽITÉ CHEMIKÁLIE A MATERIÁL.....	41
2.2	PŘÍSTROJE A ZAŘÍZENÍ.....	41
2.2.1	PLYNOVÝ CHROMATOGRF .....	41
2.2.2	DALŠÍ POUŽITÉ PŘÍSTROJE.....	41
2.2.3	POUŽITÝ SOFTWARE.....	41
2.3	ANALYZOVANÉ VZORKY.....	41
2.4	PRACOVNÍ POSTUPY A METODY .....	44
2.4.1	PŘÍPRAVA METHYLESTERŮ MASTNÝCH KYSELIN.....	44
3	VÝSLEDKY A DISKUSE .....	46
4	ZÁVĚR .....	52
	LITERATURA .....	54
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	56
	PŘÍLOHY .....	58



## ÚVOD

Lipidy neboli tuky tvoří významnou složku potravin a ve výživě člověka představují jednu z hlavních živin, která je ve srovnání např. se sacharidy nebo bílkovinami obzvláště bohatým zdrojem energie. Zároveň usnadňují vstřebávání v tuku rozpustných komponent diety, jako jsou vitaminy, a jsou důležitým zdrojem esenciálních mastných kyselin. V lidském těle jsou tuky součástí stavby velkého množství struktur, především buněčných membrán. V tukových tkáních se lipidy kumulují především v tukových buňkách označovaných jako adipocyty. Už od pravěku dávají lidé přednost tučnějším potravinám před těmi méně tučnými. Původně byl tento zvyk jedním z podpůrných mechanismů, který dopomáhal k přežití organismu při střídání dlouhého období hladovění, kvůli nedostatku zvěře a rostlin během zimy a období hojnosti, kdy bylo jídla dostatek. V dnešní době, kdy je prakticky ve všech vyspělých zemích období hojnosti, ne-li nadbytku, je tento pozůstatek chování spíše na obtíž.

Lipidy jsou přírodní látky rostlinného i živočišného původu. Potravinářsky nejvýznamnější jsou estery vyšších karboxylových kyselin a trojmocného alkoholu glycerolu. Ve většině případů jsou esterifikovány všechny tři skupiny glycerolu, proto se jedná o triacylglyceroly. Nejvýznamnější složku lipidů z hlediska výživy představují mastné kyseliny (MK), přijímané člověkem v rámci potravy především ve formě acylglycerolů, které se po svém naštěpení v tenkém střevě vstřebávají střevní stěnou. Člověk je sám schopen si většinu mastných kyselin syntetizovat. Výjimku tvoří některé polyenové mastné kyseliny (PUFA), které hrají v organismu člověka nezastupitelnou roli. Mimo jiné jsou PUFA nutným substrátem pro syntézu biologicky aktivních látek souhrnně nazývaných eikosanoidy. Z pohledu biosyntézy jsou PUFA členěny do dvou řad (řady n-3 (omega-3) a řady n-6 (omega-6)). Pozitivní vliv PUFA v dietě člověka byl již nesčetněkrát prokázán. V současné době se ale stále diskutuje nejvhodnějším poměru obou řad kyselin (n-6/n-3) v dietě.

# 1 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

## 1.1 CHEMICKÉ SLOŽENÍ A VLASTNOSTI LIPIDŮ

Lipidy tvoří významnou složku potravin. Ve výživě člověka představují jednu z nezastupitelných živin, která je nezbytná pro zdraví a vývoj organismu. Lipidy lze definovat jako sloučeniny obsahující vázané mastné kyseliny (MK) o více jak třech atomech uhlíku v molekule. K lipidům se řadí i samotné volné MK, jejichž molekula neobsahuje vázaný alkoholový zbytek. Toto zařazení sice vyvolává určité pochybnosti, přesto se obecně považují za lipidy a tvoří jejich podskupinu. V potravinách se nacházejí také sloučeniny s MK, které vznikají průmyslovou činností či na základě jiných lidských aktivit. Přesto, že se nejedná o přírodní látky, v běžné praxi se řadí k lipidům. Proto se dnes za lipidy považují mastné kyseliny i jejich deriváty, které jsou odvozené biochemicky i funkčně. Další podskupinu tuků představují netěkavé lipofilní sloučeniny, které lipidy doprovázejí, a jsou proto nazývány doprovodnými látkami lipidů.<sup>1</sup> Hlavním kritériem zařazení sloučenin do skupiny lipidů je jejich hydrofobnost, nikoli chemické vlastnosti.<sup>2</sup>

Tuky můžeme na základě jejich složení dělit na jednoduché (homolipidy), složené (heterolipidy) a komplexní lipidy.

### 1.1.1 HOMOLIPIDY

Homolipidy jsou sloučeninami výhradně MK a alkoholů. Nejběžnějším alkoholem v přírodních lipidech je glycerol, méně často ethery glycerolu, glykoly, vyšší jednosytné alifatické alkoholy nebo různé steroidní sloučeniny.

#### 1.1.1.1 Acylglyceroly

Acylglyceroly (glyceridy) jsou estery glycerolu a MK. Podle počtu esterifikovaných hydroxylových skupin se rozlišují mono-, di- a triacylglyceroly. Nejčastěji jsou v přírodě zastoupeny triacylglyceroly. Na základě různého fyzikálního stavu, který je dán zastoupením mastných kyselin a teplotou prostředí, rozlišují se neutrální tuky (pevné skupenství) a neutrální oleje (kapalné skupenství).

V živých organismech mají glyceridy tři základní funkce:

---

<sup>1</sup>VELÍŠEK, Jan. Chemie potravin. Vydání 1 Tábor: OSSIS, 1999. Tuky a jiné lipidy, s. 73.

<sup>2</sup> SOFROVÁ, Danuše, et al. Biochemie Základní kurz. Praha: Karolinum, 2005. Lipidy, str. 158

1. tvoří tzv. tukovou zásobu hnědého tuku při nadměrném přísunu uhlíku či energie potravou
2. ve formě chylomikronů (lipoproteinové partikule) v těle transportují mastné kyseliny z potravy krevním a lymfatickým systémem
3. zajišťují fyzickou a teplotní ochranu orgánů.

#### 1.1.1.2 Vosky

Vosky (ceridy) jsou směsi esterů vyšších mastných kyselin a vyšších alkoholů. Jsou velmi stabilní vůči hydrolýze, živočichy nestravitelné, protože nejsou atakovány lipasami. V případě rostlin a mikroorganismů jsou ale štěpitelné cerasami. U rostlin tvoří vosky ochrannou vrstvu na listech a plodech, brání vysušení a zpevňují povrch buněk i celých orgánů. Z vosků živočišných má v průmyslu význam včelí vosk či vosk ovčí vlny - lanolin. Přírodní vosky mají poměrně vysoký bod tání, většinou 50-85°C.<sup>3</sup>

#### 1.1.2 HETEROLIPIDY

Heterolipidy jsou složeny z mastných kyselin, alkoholu a dalších kovalentně vázaných sloučenin. Mezi významné heterolipidy se řadí fosfolipidy, sfingolipidy, cerebrosidy, gangliosidy a glykolipidy.<sup>4</sup>

##### 1. Fosfolipidy

Jsou to lipidy, které mimo mastných kyselin a alkoholové složky obsahují také vázanou kyselinu fosforečnou. Fosfolipidy představují významnou složku buněčných membrán a jsou většinou přítomny v lipoproteinech.

##### 2. Sfingolipidy

Tento druh lipidů se uplatňuje v buněčných membránách nervů a mozkové tkáni (v myelinu v axonech).

##### 3. Cerebrosidy a gangliosidy

Tento druh lipidů se také nachází v buněčných membránách nervů a mozkových tkáních.

##### 4. Glykolipidy

Glykolipidy zvyšují rigiditu membrány a na povrchu buněk zastávají ještě společně s glykoproteiny mnoho dalších buněčných funkcí (např. regulace buněčného růstu).<sup>5</sup>

<sup>3</sup> SOFROVÁ, Danuše, et al. Biochemie Základní kurz. Praha: Karolinum, 2005. Lipidy, str. 159-160.

<sup>4</sup> VELÍŠEK, Jan. Chemie potravin. Vydání 1. Tábor: OSSIS, 1999. Tuky a jiné lipidy, s. 73.

### 1.1.3 KOMPLEXNÍ LIPIDY

V komplexních lipidech jsou zastoupeny homolipidy i heterolipidy. Jednotlivé složky jsou vázány za pomoci kovalentních a různých dalších fyzikálních vazeb (např. vodíkovými můstky). Většinou mají velkou molekulu a snadno se štěpí na lipidovou a nelipidovou složku (nejčastěji protein či polysacharid). Hlavními představiteli této skupiny jsou lipoproteiny.

Lipoproteiny představují částice proměnlivého složení kulovitěho tvaru. Jsou složeny z lipidů a bílkovin. Jejich povrch tvoří vrstva z molekul cholesterolu a fosfolipidů, kdy hydrofilní strana (hydratované proteiny) je orientována ven a hydrofobní (lipidy) dovnitř partikule. Proto se takto stavěný lipoprotein rozpouští ve vodě a slouží k transportu lipidů. Obsažená bílkovina se nazývá apoprotein. Jejich přítomnost částečně určuje fyzikální a chemické vlastnosti lipoproteinu a zároveň jej identifikuje. Tyto bílkovinné molekuly pokrývají povrch nebo jsou do něj vnořeny a jen jejich malá část vystupuje napovrch. Jádro je tvořeno cholesterolem a triacylglyceroly.

*Lipoproteiny se dělí podle specifické hustoty na:*

1. HDL (high density lipoproteins) = lipoproteiny o vysoké hustotě
2. VHDL (very high density lipoproteins) = lipoproteiny o velmi vysoké hustotě
3. LDL (low density lipoproteins) = lipoproteiny o nízké hustotě
4. VLDL (very low density lipoproteins) = lipoproteiny o velmi nízké hustotě
5. Chylomikrony.<sup>6</sup>

S klesající hustotou slábne vrstva bílkovinného obalu, který udržuje lipoproteiny ve vodném prostředí. To má za následek menší stabilitu lipoproteinů o nízké hustotě, ze kterých se lipidy snadno vylučují a usazují se např. na stěnách cév.<sup>7</sup>

### 1.1.4 DOPROVODNÉ LÁTKY LIPIDŮ

Potraviny obsahují kromě lipidů ještě další lipofilní látky. Mezi chemickou strukturou doprovodných látek lipidů a vlastními lipidy existují nemalé rozdíly. K doprovodným látkám lipidů patří vyšší uhlovodíky, vyšší primární a sekundární

---

<sup>5</sup> SOFROVÁ, Danuše, et al. Biochemie Základní kurz. Praha: Karolinum, 2005. Lipidy, str. 160-163.

<sup>6</sup> ŠTERN, Petr, et al. Obecná a klinická biochemie. Praha: Karolinum, Praha 1, Ovocný trh 3, 2007. Lipidy, s. 39-40.

<sup>7</sup> VELÍŠEK, Jan, Chemie potravin. Vyd. 1 Tábor: OSSIS, 1999. Tuky a jiné lipidy, s. 104-105.

alkoholy, mono- a diketony, steroidy, různé barevné látky (např. chlorofyl či karotenoidy), lipofilní vitaminy, přírodní antioxidanty a další.<sup>8</sup>

#### 1.1.4.1 Steroidy

Steroidy, spadající do skupiny terpenoidů (isoprenoidů), jsou součástí všech přírodních lipidů. Ve skupině doprovodných látek lipidů představují zpravidla složku s nejvyšším zastoupením. Zdrojem cholesterolu jsou pouze potraviny živočišného původu. Obsah cholesterolu v různých druzích potravin je uveden v tabulce 1.

Steroly, které jsou jednou z podskupin steroidů, představují nepostradatelnou složku lipoproteinů a tukových membrán, obzvláště pak jsou významné v nervových vláknech. Vyskytují se volné i vázané např. jako estery s MK nebo glykosidy.

Základním sterolem živočichů je cholesterol (C27). V rostlinných lipidech se vyskytují převážně směsi různých sterolů nazývaných fytoosteroly. V kvasinkách a houbách převažuje ergosterol, který má funkci prekurzoru vitamínu D.

**Tabulka 1: Obsah cholesterolu v potravinách živočišného původu<sup>9</sup>**

Potravina		Obsah v mg.kg-1 jedlého podílu
<b>Maso, masné výrobky</b>	Hovězí	590-670
	Vepřové	600-760
	Uzeniny	470-1150
	Vnitřnosti	720-30 000
	Drůbež	650-900
	Ryby	420-1500
<b>Mléko, mléčné výrobky</b>	Mléko	120-140
	Jogurt	40-100
	Smetana	190-1050
	Sýr	290-1050
	Tvaroh	50-130
<b>Tuky</b>	Máslo	2400
	Sádlo	940

<sup>8</sup> VELÍŠEK, Jan. *Chemie potravin*. Vyd. 1 Tábor: OSSIS, 1999. Tuky a jiné lipidy, s. 107.

<sup>9</sup> VELÍŠEK, Jan. *Chemie potravin*. Vydání první. Tábor: OSSIS, 1999. Tuky a jiné lipidy, s. 114

<b>Vejce</b>	Bílek	0
	Žloutek	16 000
	Majonéza	1 100
<b>Pečivo</b>	Různé	150-2800

#### 1.1.4.2 Vitaminy rozpustné v tuku

V jedlých olejích je běžně obsažen tokoferol (vitamin E). Tento vitamin je také často do potravin přidáván. V lipidech se nacházejí i vitaminy A, D a K. V živočišných tucích jsou většinou lipofilní vitaminy zastoupeny jen velmi málo, výjimku tvoří rybí oleje.

#### 1.1.4.3 Přírodní barviva lipidů

Nejdůležitějšími barvivy rostlinných lipidů jsou barviva chlorofylová a karotenoidy. V živočišných tucích se vyskytují karotenoidy ve větší míře v másle. Dále jsou obsaženy také v margarínech, kde, na rozdíl od másla, ale nejsou přirozeným zdrojem vitamínu A, nýbrž jím jsou dodatečně obohaceny při výrobě. Zbarvení lipidů také napomáhají rozkladné produkty fosfolipidů a produkty pocházející z reakce neenzymového hnědnutí.

## MASTNÉ KYSELINY

Mastné kyseliny jsou nejdůležitější a z hlediska výživy nejvýznamnější složkou jednoduchých i složených lipidů. Chemickým složením se jedná o karboxylové kyseliny s alifatickým uhlovodíkovým řetězcem. Díky své výrazné hydrofobicitě, která je zapříčiněna dlouhými alifatickými uhlíkovými řetězci, dává hydrofobní charakter celé molekule lipidu.

*Podle charakteru uhlíkatého řetězce se MK dělí na:*

1. lineární, větvené nebo alicyklické
2. nasycené, nenasycené (mono-, di- nebo polynenasycené)
3. s konfigurací dvojných vazeb *cis* nebo *trans*.

*V přírodě se vyskytují nejčastěji mastné kyseliny:*

1. s lineárním řetězcem se sudým počtem atomů uhlíku tzv. vyšší mastné kyseliny s C12-24
2. nenasycené přírodní mastné kyseliny mají v převážné míře konfiguraci *cis*
3. obsahují-li dvě či více dvojných vazeb, jedná se o vazby izolované, umístěné víceméně symetricky ve středu molekuly
4. mastné kyseliny C18-24, které jsou obvykle nenasycené.

Živočišné lipidy obsahují převážně MK se 16 a více uhlíky.<sup>10</sup> Mastnou kyselinou, která se vyskytuje patrně nejčastěji, prakticky ve všech živočišných i rostlinných lipidech, je olejová kyselina (obrázek 1). Z řady polyenových mastných kyselin je to pak linolová kyselina, která je obsažena alespoň v malém množství v každém druhu tuku.<sup>11</sup>

Člověk si sám umí syntetizovat většinu pro tělo potřebných mastných kyselin s výjimkou linolové kyseliny (obrázek 2) a linolenové kyseliny (obrázek 3) kyseliny, které musí přijímat v potravě.<sup>12</sup>

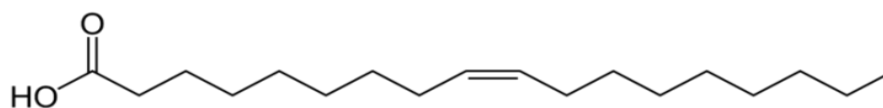
MK, vyskytující se v trávicím traktu, jsou stimulantem tvorby hormonů nasycení, konkrétně CCK – v duodenu a GLP-1 – v kyčelníku. Na základě těchto látek dostane organismus informaci o nasycení a navození pocitu, který přichází po jídle.<sup>13</sup>

---

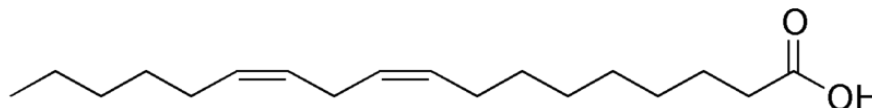
<sup>10</sup> SOFROVÁ, Danuše, et al. Biochemie Základní kurz. Praha: Karolinum, 2005. Lipidy, s. 158.

<sup>11</sup> OPLETAL, Lubomír. Přírodní látky a jejich biologická aktivita. Vydání první. Praha: Karolinum, 2010. Systematika nutraceutik, s. 121.

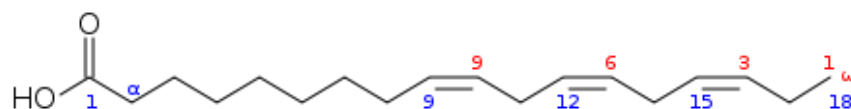
<sup>12</sup> ŠTERN, Petr, et al. Obecná a klinická biochemie. Praha: Karolinum, Praha 1, Ovocný trh 3, 2007. Lipidy, s. 34.



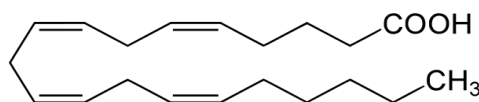
**Obrázek 1: Olejová kyselina**



**Obrázek 2: Linolová kyselina**



**Obrázek 3:  $\alpha$ -linolenová kyselina (ALA)**



**Obrázek 4: Arachidonová kyselina**

#### 1.1.4.4 Nasycené mastné kyseliny

Nasycené mastné kyseliny (SFA) představují běžnou složku přírodních lipidů. SFA, které jsou součástí lipidů, mají většinou sudý počet atomů uhlíku v molekule a jejich uhlovodíkový řetězec je lineární, nerozvětvený. SFA, které se v přírodě běžně vyskytují, většinou obsahují 4-30 atomů uhlíku. Nejvíce zastoupenou mastnou kyselinou v této skupině je palmitová kyselina (obrázek 5), následovaná stearovou kyselinou (obrázek 6). SFA jsou teplotně velmi stabilní, při běžných podmínkách zpracování či skladování se prakticky nemění. Jsou obsaženy především v másle, sýrech, v tučném mase, masných výrobcích a mléčných výrobcích, sádle, kokosovém oleji a dalších potravinách.<sup>14</sup>

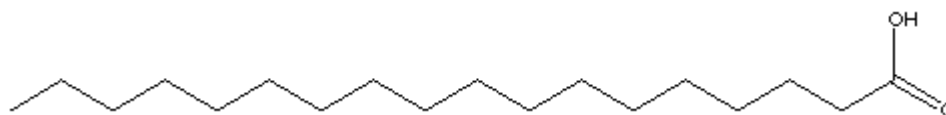
<sup>13</sup> OPLETAL, Lubomír. Přírodní látky a jejich biologická aktivita: Nutraceutika, primární metabolity a látky obsažené ve strukturovaných biologických systémech. Vyd. první. Praha: Karolinum, 2010. Systematika nutraceutik, s. 131-133.

<sup>14</sup> VELÍŠEK, Jan. *Chemie potravin*. Vydání první. Tábor: OSSIS, 1999. Tuky a jiné lipidy, s. 74.





**Obrázek 5: Palmitová kyselina**



**Obrázek 6: Stearová kyselina**

#### 1.1.4.5 Nenasycené mastné kyseliny

Podle počtu dvojných vazeb se nenasycené mastné kyseliny (UFA) dělí na monoenoové mastné kyseliny (MUFA), které mají jednu dvojnou vazbu a polyenoové mastné kyseliny (PUFA), které obsahují dvě a více dvojných vazeb.

U nenasycených mastných kyselin se rozeznává dvojí geometrická izomerie, *cis* a *trans*. Tvar molekuly *trans* – nenasycených mastných kyselin (TFA) je velmi podobný tvaru molekuly SFA. Přírodní nenasycené MK mají většinou konfiguraci *cis*. Kyseliny s konfigurací *trans* se vyskytují v depotním tuku přežvýkavců, kde vznikají působením enzymů mikroorganismů v bacheru, a částečně také přecházejí do jejich mléka. V potravinářském průmyslu mohou být TFA výsledkem technologického procesu ztužování (hydrogenace tekutých rostlinných olejů). Nenasycené MK se velmi liší od nasycených kyselin svým výrazně nižším bodem tání.

##### 1.1.4.5.1 Monoenoové mastné kyseliny

MUFA obsahují pouze jednu dvojnou vazbu v molekule, téměř vždy konfiguraci *cis*. Nejvíce v přírodě zastoupenou MUFA představuje olejová kyselina, která je přítomna ve většině lipidů. Olivový a řepkový olej jsou významnými představiteli olejů s majoritním podílem MUFA.<sup>15</sup>

##### 1.1.4.5.2 Polyenoové mastné kyseliny

---

<sup>15</sup> MOUREK, Jindřich, et al. *Mastné kyseliny omega-3*. 2. rozšířené vydání. Praha: Triton, 2009. Výživa a dosažitelnost mastných kyselin, s. 127-138.

Tato skupina MK je typická tím, že se v jejich molekule nacházejí dvě a více dvojných vazeb, které od sebe leží v izolované poloze. PUFA jsou velmi nestabilní, za přítomnosti světla a vzduchu snadno oxidují.

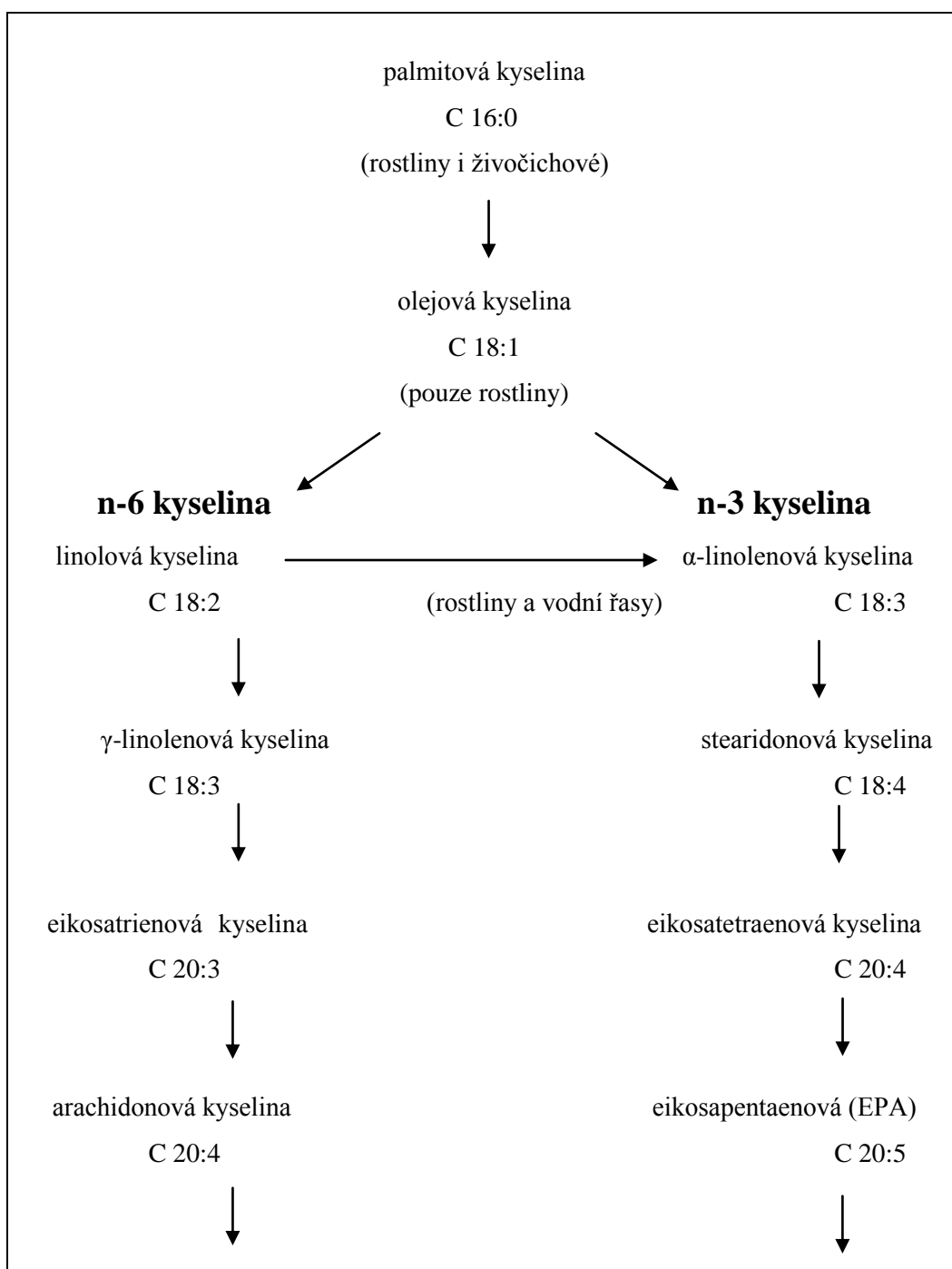
Zvláštní skupinou polyenových mastných kyselin (PUFA) jsou esenciální MK. Nejvýznamnější zástupce PUFA a zároveň jednou z esenciálních kyselin (řady n-6) je linolová kyselina (LA). Slunečnicový, sójový nebo podzemnicový olej jsou významnými představiteli olejů s majoritním podílem této MK. Dalším z významných zástupců n-6 MK je  $\gamma$ -linolenová kyselina (GLA), která se komerčně získává z rostlin (semen pupalky dvouleté, černého rybízu nebo nažek brutnáku lékařského). U člověka je nejdůležitější mastnou kyselinou řady n-6 arachidonová kyselina (AA) (obrázek 4), která je prekursorem eikosanoidů (prostaglandinů a leukotrienů). Malé množství arachidonové kyseliny je přijímáno z živočišných produktů, ale většinu potřebného množství si tělo syntetizuje z linolové kyseliny. Základem řady n-3 je linolenová kyselina (ALA) se třemi dvojnými vazbami. Tato MK je ve větší míře zastoupena ve lněném, řepkovém, sojovém oleji či oleji z vlašských ořechů. Přesné zastoupení n-3 a n-6 MK v potravinách uvádí tabulka 2.<sup>16</sup> ALA stojí na počátku metabolické kaskády, která vede ke vzniku eikosapentaenové kyseliny (EPA) a dokosahexaenové kyseliny (DHA, obrázek 7). Nejbohatším zdrojem DHA a EPA je rybí olej. Ten je získáván především z ryb, které žijí v chladných mořích (tuňák, losos, sardinka, makrela). Od druhu ryby a způsobu zpracování se odvíjí množství zastoupených mastných kyselin – EPA 9-35 % a DHA 4-17%. Průměrný obsah kyselin EPA a DHA u některých druhů ryb je uveden v tabulce 3.

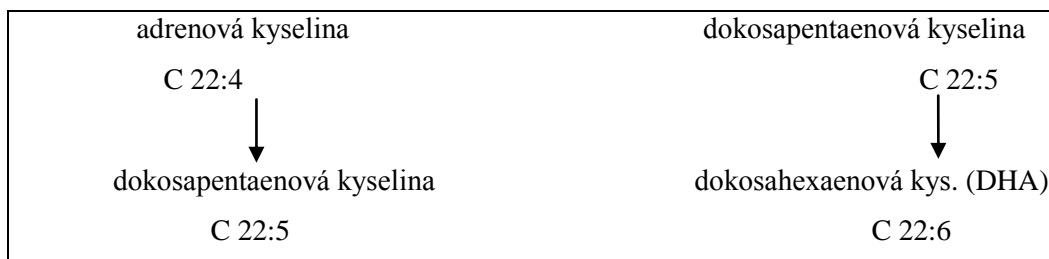
**Tabulka 2: Zastoupení PUFA řady n-3 a n-6 v potravinách (v g/100g)**

<b>Potraviny:</b>	<b>n-3</b>	<b>n-6</b>
<b>Lněný olej</b>	20,3	4,9
<b>Semena dýně</b>	3,2	23,4
<b>Losos</b>	3,2	0,7
<b>Vlašské ořechy</b>	3,0	30,6
<b>Sled'</b>	2,0	0,4

<sup>16</sup> MOUREK, Jindřich, et al. Mastné kyseliny omega-3 : Zdraví a vývoj. 2. rozšířené vydání. Praha: Triton, 2009. Výživa a dosažitelnost mastných kyselin, s. 131, 155.

<b>Sojové boby</b>	1,2	8,6
<b>Máslo</b>	1,2	1,8
<b>Olivový olej</b>	0,6	7,9
<b>Pšeničné klíčky</b>	0,5	5,5
<b>Semena slunečnice</b>	0,0	30,7
<b>Mandle</b>	0,0	9,2
<b>Olivy</b>	0,0	1,6





**Obrázek 7: Metabolické dráhy mastných kyselin řady n-6 a n-3<sup>17</sup>**

**Tabulka 3: Průměrný obsah kyselin EPA a DHA u některých druhů ryb<sup>18</sup>**

Druh ryby	EPA a DHA v mg/100g rybího masa
<b>Mořské</b>	
Sleď	1700
Losos	1600
Makrela	1400
Platýs	500
Tuňák	300-500 (podle druhu)
Treska	200
<b>Sladkovodní</b>	
Sumec	200
Kapr	200
Pstruh duhový	500

#### 1.1.4.5.3 *Trans*-mastné kyseliny

Přírodní nenasycené mastné kyseliny mají většinou konfiguraci *cis* (*Z*). Kyseliny s konfigurací *trans* (*E*) se vyskytují hlavně v depotním tuku přežvýkavců, kam se dostávají z potravy přeměněné mikroorganismy v batoru, kde vznikají při hydrogenaci kyseliny linolenové. Kyseliny s konfigurací *trans* (TFA) vznikají také při průmyslové katalytické hydrogenaci nenasycených mastných kyselin, proto se mohou vyskytovat ve značném množství ve ztužených tucích a v tukových výrobcích z nich připravených. Tvoří se také při záhřevu tuků obsahujících polyenové mastné kyseliny na teploty přes 240 °C, např. při jejich deodoraci.

<sup>17</sup> VELÍŠEK, Jan. *Chemie potravin*. Vydání první. Tábor: OSSIS, 1999. Tuky a jiné lipidy, s. 79.

<sup>18</sup> MOUREK, Jindřich, et al. *Mastné kyseliny omega-3: Zdraví a vývoj*. 2. rozšířené vydání. Praha: Triton, 2009. Výživa a dosažitelnost mastných kyselin, s. 158.

V současné době je známa souvislost mezi TFA a rizikovými faktory ischemické choroby srdeční. Riziko této choroby významně roste ve spojení s nadměrnou konzumací TFA či SFA.<sup>19</sup>

## 1.2 TUKY VE VÝŽIVĚ

### 1.2.1 ÚLOHA TUKŮ VE VÝŽIVĚ

Uplatnění tuků ve výživě je velmi rozmanité. Tukové výrobky obsahují kromě triacylglycerolů další doprovodné látky, které jsou významné pro výživu.

*Hlavní funkce tuků:*

1. tuky v těle představují významný energetický rezervoár, v porovnání se sacharidy či bílkovinami mají vysoký obsah energie (1g tuku = 38 kJ, 1 g sacharidu = 18 kJ, 1 g bílkovin = 18 kJ), při přechovávání v organismu neváží vodu, takže zásoba energie nemá velkou hmotnost. Předpokládá se, že celkový obsah triacylglycerolů uložených v tukové tkáni normálně živeného člověka je asi 15 kg = 588 MJ
2. triacylglyceroly tvoří v hnědé tukové tkáni tzv. tukovou zásobu (zásobní forma uhlíku a energie, ve kterou se přemění nadměrný přísun uhlíku či energie v potravě, hlavně cukry nebo tuky)
3. chylomikrony (lipoproteinové partikule) slouží k transportu a distribuci MK z potravin prostřednictvím krve či lymfy
4. zdroj esenciálních mastných kyselin
5. jsou prekurzory dalších důležitých látek (vitaminů, hormonů, regulačních látek). Produkty trávení triacylglycerolů napomáhají také k jejich vstřebávání
6. zvyšují chutnost potravy udržováním vůně, zlepšují její konzistenci a jemnost
7. vyvolávají po určitou dobu po požití pocit sytosti, který způsobuje hydrolýza na MK v tenkém střevě. Stav sytosti ale nastává nejdříve za půl hodiny
8. snižuje objem stravy bohaté na energii<sup>20</sup>
9. mastné kyseliny představují jednu ze složek fosfolipidů, které se podílí na tvorbě buněčných membrán
10. působí jako bariéra vůči teplotnímu, elektrickému nebo jinému fyzikálnímu šoku

<sup>19</sup> MOUREK, Jindřich, et al. *Mastné kyseliny omega-3: Zdraví a vývoj*. 2. rozšířené vydání. Praha: Triton, 2009. Výživa a dosažitelnost mastných kyselin, s. 127-128.

<sup>20</sup> PÁNEK, Jan, et al. *Základy výživy*. Vyd. 1. Praha: Svoboda Servis, 2002. 77 s.

11. tvoří ochranný obal organismů či buněk vůči infekci nebo dehydrataci<sup>21</sup>
12. vyšší esenciální mastné kyseliny mají nenahraditelnou funkci jako prekurzory biologicky aktivních látek – eikosanoidů, které se uplatňují jako vasokonstriktory a vasodilatační látky při regulaci krevního tlaku, regulují srážení krve, funkci leukocytů, cykly spánku a bdění
13. vyšší esenciální mastné kyseliny se uplatňují jako modulační složky biologických membrán, protože ovlivňují jejich pružnost a flexibilitu.<sup>22</sup>

### 1.2.2 BIOSYNTÉZA MASTNÝCH KYSELIN

Biosyntéza MK je u eukaryotních organismů rozmístěna do tří subcelulárních kompartmentů: hlavní dráha biosyntézy nasyceného řetězce do délky 18 C (kyselina palmitová) je lokalizována v cytoplasmě, systém, odpovědný za další prodloužení řetězce je situován v matrix mitochondrií a poslední systém, odpovědný za přechod nasycených mastných kyselin na nenasycené a umožňující rovněž prodloužení řetězce, je vázán na endoplazmatické retikulum.

Základní stavební jednotkou při biosyntéze MK je acetyl-CoA, který vzniká z aminokyselin, z mastných kyselin (katabolický děj se nazývá  $\beta$ -oxidace) a ze sacharidů, kdy je při glykolýze vznikající pyruvát oxidačně dekarboxylován na acetyl-CoA a  $\text{CO}_2$ .

Acetyl-CoA vzniká v mitochondriích a jako citrát se přenáší přes mitochondriální membránu do cytoplazmy. Reakci katalyzuje tzv. multienzymový komplex, který je lokalizovaný v cytoplasmě. Jádrem komplexu je protein, schopný vázat organické kyseliny acetát a malonát.

Na začátku syntézy se jeden acetyl-CoA váže na multienzymový komplex a druhý se reakcí s  $\text{CO}_2$  přemění na malonyl-CoA. Následně se acetát i malonát uvolní z vazby na CoA a kondenzují spolu za vzniku acetoacetátu ( $\beta$ -oxoacylu). Ten se pak hydrogenuje na  $\beta$ -hydroxyacyl, dále dehydratuje na nenasycený acyl a opět hydrogenuje na nasycenou mastnou kyselinu, která má celkem čtyři uhlíky (kyselina máselná). Ta pak vstupuje do stejného sledu reakcí, kdy na jejich počátku vždy reaguje s další molekulou malonyl-CoA. Celý cyklus se celkem sedmkrát opakuje a v každém dalším cyklu vzniká mastná kyselina o dva uhlíky delší. Zdrojem vodíku hydrogenačních

---

<sup>21</sup> SOFROVÁ, Danuše, et al. *Biochemie: Základní kurz*. Vydání 3. Praha: Karolinum, 2005. Lipidy, s. 157-159.

<sup>22</sup> VELÍŠEK, Jan. *Chemie potravin*. Vydání první. Tábor: OSSIS, 1999. Homolipidy, s. 95-97.

reakcí mastných kyselin je NADPH + H<sup>+</sup>, který vzniká především při přímé oxidaci glukosy (v pentózovém cyklu). Dalším připojováním a redukcí dvouuhlíkových zbytků kyseliny octové postupně vzniká řetězec SFA až do počtu 16 uhlíků (kyseliny palmitové). Tento 16-ti uhlíkatý zbytek se skládá z 8 acetylových jednotek, ale v cyklu syntézy se acetyl-CoA zúčastnil reakcí jen jedenkrát, a to na samém začátku, ostatní dvouuhlíkaté fragmenty byly do molekuly zabudovány prostřednictvím malonyl-CoA. MK se sudým počtem atomů uhlíků se vyskytují v lipidech daleko častěji než MK s lichým počtem atomů uhlíku. Biosyntézu mastných kyselin zakončuje hydrolytické uvolnění MK z multienzymového komplexu.<sup>23</sup>

Nenasycené mastné kyseliny, které mají dvojnou vazbu na 9. uhlíku vznikají v plazmatickém retikulu za přítomnosti dehydrogenas společně s koenzymem NAD<sup>+</sup>.

Hlavními faktory ovlivňujícími denuraci a elongaci MK jsou věk (se stoupajícím věkem klesá aktivita enzymu), výživa (inhibiční účinek na enzym má příjem ethanolu, negativní vliv má deficiencie vitamínu B6, biotinu, Zn, Mg a Ca, vyšší příjem *trans*-nenasycených mastných kyselin a polohových isomerů nenasycených kyselin potravou), stres a virové infekce.<sup>24</sup>

### 1.2.3 TRÁVENÍ LIPIDŮ A METABOLISMUS ESENCIÁLNÍCH MASTNÝCH KYSELIN

Hlavní část lipidů v klasické smíšené stravě člověka představují triacylglyceroly, o něco méně jsou pak zastoupeny fosfolipidy, složené lipidy a steroly. Trávení a vstřebávání lipofilních složek potravy je velmi komplikovaný proces.

Lipidy procházejí počátečními částmi trávicího traktu téměř nezměněny. Až teprve v duodenu začíná a v tenkém střevě dále pokračuje složitý proces těchto živin. Poté, co požijeme potravu, se sousto v ústech smísí se slinami, ve kterých je obsažena lipáza, uvolněná ze žlázek na kořeni jazyka, která začíná katalyzovat hydrolýzu tuků. Tuky se v ústech z části emulgují proto, aby mohla proběhnout další fáze trávení. V žaludku se vytvoří jemná emulze, nutná pro tvorbu dostatečně velké styčné plochy, a prostřednictvím slinné a žaludeční lipázy proběhne lipolýza. Ve dvanáctníku se trávenina dále smíchá se šťávou z pankreatu a pH se upraví na hodnotu, kdy je pankreatická lipáza aktivní. Jejím působením se nejdříve odštěpí mastná kyselina, která je navázaná v krajní poloze triacylglycerolu a vznikne směs diacylglycerolů. Poté

<sup>23</sup> SOFROVÁ, Danuše, et al. *Biochemie: Základní kurz*. Vydání 3. Praha: Karolinum, 2005. Lipidy, s. 168-170.

<sup>24</sup> VELÍŠEK, Jan. *Chemie potravin*. Vydání první. Tábor: OSSIS, 1999. Homolipidy, s. 95-97.

hydrolyzují další krajní MK za vzniku 2-monoacylglycerolů. Při hydrolyze se odštěpené MK a nehydrolyzované monoacylglyceroly emulgují solemi žlučových kyselin pocházející ze žluče. Výsledkem jsou jemné tukové micely. Rozměr micel je natolik malý, že je možný přímý kontakt lipofilních produktů se střevní sliznicí a jejich vstřebání. Při vstřebání micel sliznicí tenkého střeva (v lačníku – jejunu) se z nich uvolní žlučové kyseliny, které se následně také vstřebávají a cestou vena portae vrací do jater. Odtud se opět secernují do žluče a poté do střeva (enterohepatální oběh).

Část primárních žlučových kyselin se ve střevě přeměňuje na sekundární a terciální žlučové kyseliny, které také prodělávají enterohepatální oběh. Zbytek žlučových kyselin odchází jako součást stolice. Společně s MK se také vstřebávají steroly, vitamíny rozpustné v tuku a malá část nerozštěpených triacylglycerolů. Z malé části monoacylglycerolů se v tenkém střevě za přítomnosti střevní lipázy (cholesterolesterázy) odštěpuje poslední vázaná mastná kyselina a výsledkem je molekula glycerolu, který přechází do metabolismu sacharidů.

MK o střední délce řetězce (6-10 C) jsou ve vodě rozpustné a proto po resorpci enterocyty přechází přímo do portální krve. Následně do jater, kde dále probíhá jejich oxidace či elongace. K tomu, aby MK přešly do mitochondrií, není zapotřebí karnitinu. Jelikož představují jednu ze složek tzv. MCT tuků (medium chain triglycerides, které jsou obsaženy z velké části v kokosovém oleji a emulzích, které jsou určeny pro enterální a parenterální výživu) není potřeba ani jejich přeměna na triacylglyceroly. Vstřebávají se přímo a krevním oběhem jsou zaneseny do jater, kde se metabolizují. MK s dlouhými řetězci (nad 10 C) se v enterocytech přemění na triglyceridy, které tvoří jádro chylomikronů a společně s lipofilními vitamíny, steroly, endogenním cholesterolem, fosfolipidy a apoproteinem vytvoří velké lipoproteinové částice, které se nazývají chylomikry. Ty nejdříve přecházejí do lymfatického oběhu a způsobují zákal lymfy, poté putují do krevního oběhu, kde se na ně navážou další apoproteiny a za působení lipoproteinové lipázy se z nich odštěpují MK, které se v periferních tkáních buď ukládají (tuková tkáň), nebo vstupují do oxidační reakce, jejímž výsledkem jsou reziduální částice a uvolněná energie, která se spotřebovává například kosterním svalstvem či svalovinou srdeční. Z reziduálních částic pak v játrech vznikají lipoproteiny VLDL a LDL.<sup>25 26 27</sup>

---

<sup>25</sup> PÁNEK, Jan, et al. *Základy výživy*. Vyd. 1. Praha: Svoboda Servis, 2002, s. 82, 83.

<sup>26</sup> ŠTERN, Petr, et al. *Obecná a klinická biochemie*. Vyd. 1. Praha: Karolinum, 2007. Metabolické vztahy, s. 80.



#### 1.2.4 ODBOURÁVÁNÍ MASTNÝCH KYSELIN V ORGANISMU

Odbourávání tuků začíná hydrolýzou na glycerol a MK. Po průniku do buněk se volné MK esterifikují koenzymem A na acyl-CoA. Poté se naváží na karnitin a proniknou do mitochondrií, kde se znovu rozdělí na acyl-CoA a karnitin. Acyl-CoA se dále metabolizuje mechanismem zvaným  $\beta$ -oxidace. Produktem  $\beta$ -oxidace všech typů MK je acetyl-CoA. Kompletní odbourání až na oxid uhličitý a vodu má na starosti citrátový cyklus a dýchací řetězec. Při nedostatku glukózy v buňkách (např. při cukrovce, hladovění nebo naopak při dietě bohaté na tuky dochází k nadprodukci acetyl-CoA, protože v citrátovém cyklu nemůže být všechn využit. Nadbytek je v jaterních buňkách přeměněn a může být dále využit k biosyntéze terpenoidů a steroidů, část je přeměněna na acetoacetát (vázaný na CoA, který může být neenzymově dekarboxylován na aceton) a acetyl-CoA. Jsou-li tyto metabolické dráhy abnormálně aktivní, objevují se jejich produkty v krvi, ve formě tzv. ketonových látek a vedou k onemocnění acidose a ketose. Důsledkem je snížení pH krve, v dechu jde cítit aceton. Pokud tento stav trvá déle, může dojít až ke kómatu a smrti. Během hladovění se stávají ketolátky nezanedbatelným zdrojem pro centrální nervový systém (1g=17,9 kJ). Při prostém hladovění je sekrece inzulínu stimulována vzestupem ketolátek, tím je potlačována nadměrná lipolýza. Proto není prosté hladovění nikdy původcem ketoacidózy, která se naopak mnohdy vyskytuje při dekompenzaci diabetu 1. typu.

Z molekuly se postupně odštěpuje acetyl-CoA a řetězec se zkrátí o dva atomy uhlíku. Kyseliny s dlouhým uhlíkatým řetězcem, *trans*-nenasycené kyseliny a hydroxykyseliny se nepadno odbourávají a jsou určitou zátěží pro organismus, pokud jsou ve stravě přítomny ve větším množství. Degradace nenasyčených mastných kyselin  $\beta$ -oxidací neprobíhá bez problémů, protože přirozené nenasyčené mastné kyseliny obsahují dvojně vazby v poloze *cis*, která není vhodná pro enzymy beta-oxidace, které vyžadují polohu *trans*. Musí zde tedy zasáhnout další enzymy, aby  $\beta$ -oxidace mohla proběhnout v pořádku až do konce. Nepříliš často se v přírodě vyskytují také MK, obsahující lichý počet atomů uhlíku. Tyto MK mohou být odbourány až na tříuhlíkatý

---

<sup>27</sup> NAVRÁTILOVÁ, Miroslava; ČEŠKOVÁ, Eva; SOBOTKA, Luboš. *Klinická výživa v psychiatrii*. Praha: MAXDORF s. r. o., nakladatelství odborné literatury, 2000. Předmluva, s. 13-14.

zbytek, který je následně prodloužen v několika reakčních stupních na čtyřuhlíkatý, který již může být přímo napojen na reakce citrátového cyklu.<sup>28</sup>

Pokud jsou energetické nároky buňky nízké, bývá acetyl-CoA využit hlavně pro syntézu MK a tuků. V těle jsou tak v případě nadbytečného přísunu tuků nebo sacharidů, živiny přeměňovány na tuky a ukládány. Organismus však neumí přeměňovat acetyl-CoA na pyruvát, což je výchozí sloučenina potřebná pro syntézu sacharidů, a proto také nedokáže tvořit z tuků sacharidy.<sup>29</sup>

Jednou ze základních regulačních látek metabolismu tuků je inzulin. Je inhibitorem tkáňové lipázy, čímž se tlumí míra lipolýzy v tukové tkáni, zvyšuje transport glukózy do buněk a podporuje aktivitu lipoproteinové lipázy v tukové tkáni. Na základě toho dojde k uvolnění MK z lipoproteinů a posílení obnovy triacylglycerolů v tukové tkáni.<sup>30</sup>

### 1.2.5 VSTŘEBATELNOST TUKŮ

Rostlinné oleje se vstřebávají velmi dobře (93 - 98 %), stejně tak jako mléčný tuk, margarín, dietní margarín, vepřové či drůbeží sádlo.

O něco méně se vstřebávají tuky s vysokým bodem tání (hovězí/ovčí lůj a vysokoztužené tuky, které mají bod tání vyšší jak 37 °C). Jejich vstřebatelnost se pohybuje od 80 do 90 %. Nižší vstřebatelnost je také u kyselin s delším nebo rozvětveným uhlíkatým řetězcem. Tyto kyseliny se pak i hůře metabolizují.

Špatná stravitelnost ale nemusí být vždy nevýhodou, někdy tak můžeme snižovat množství přijaté energie potravou. V současnosti se jedná o povolení tukových náhrad, které sice potravině dodají kýžené senzorycké vlastnosti, ale zároveň je náš organismus není schopen využít, protože mu chybí potřebné enzymy. Ve většině zemí nejsou tukové náhrady prozatím povoleny. Jednou z výjimek je například USA, kde se používá tuková náhrada obchodního názvu Olestra. Jako náhrady tuku se zatím používají především některé bílkoviny nebo polysacharidy, které jídlu dodávají chtěnou texturu, ale zároveň nejsou tak kalorické, jako tuk.<sup>31</sup>

<sup>28</sup> SOFROVÁ, Danuše, et al. *Biochemie: Základní kurz*. Vydání 3. Praha: Karolinum, 2005. Lipidy, s. 178.

<sup>29</sup> SOFROVÁ, Danuše, et al. *Biochemie: Základní kurz*. Vyd. 3. Praha: Karolinum, 2005. Vzájemné vztahy v intermediálním metabolismu a regulační mechanismy, s. 207.

<sup>30</sup> NAVRÁTILOVÁ, Miroslava; ČEŠKOVÁ, Eva; SOBOTKA, Luboš. *Klinická výživa v psychiatrii*. Praha: MAXDORF s. r. o., nakladatelství odborné literatury, 2000. Předmluva, s. 15.

<sup>31</sup> PÁNEK, Jan, et al. *Základy výživy*. Vyd. 1. Praha: Svoboda Servis, 2002. 83 s.

## 1.2.6 TRANSPORT LIPIDŮ

Lipidy jsou přenášeny krevním oběhem ve formě lipoproteinů, které jsou natolik hydrofilní, aby se rozptýlily ve vodním prostředí. Lipoproteiny jsou tvořeny navenek hydrofilním obalem, který se skládá z proteinů, fosfolipidů a cholesterolu a uvnitř je skryt hydrofobní obsah.

Podle různého poměru zastoupení lipidové a proteinové složky se lipoproteiny dělí na čtyři různé frakce, kdy má každá z nich jiné fyziologické funkce.

### 1. *Chylomikrony*

Jsou produkty enterocytů. Slouží k transportu triacylglycerolů potravy ze střeva přes lymfatické cesty do krevního řečiště. Působením lipoproteinové lipasy v endotelu kapilár se z triacylglycerolu chylomikronů uvolňují MK, které jsou dodávány svalům a tukovým buňkám. Součástí chylomikronů je exogenní cholesterol, který se tímto způsobem dostává do organismu. V krvi jsou 1 až 4 hodiny po jídle.

### 2. *VLDL (very low density lipoproteins)*

Vznikají především v játrech. Úkolem VLDL je poskytovat MK uvolněné z triacylglycerolů, na základě působení lipoproteinové lipasy, svalům a tukovým buňkám. Biologický poločas je jen 30 minut.

### 3. *LDL (low density lipoproteins)*

Vznikají z VLDL, jejich hlavní funkce je transport cholesterolu z jater k buňkám. Odstranění LDL z plazmy se děje za pomoci LDL receptorů, které jsou lokalizovány na všech buňkách, nejvíce na povrchu hepatocytů, odkud se pak dále vylučuje převážně ve formě žlučových kyselin. Osoby trpící hypercholesterolemií mají většinou menší počet LDL receptorů. Cholesterol, obsažený v LDL částicích se významně uplatňuje při vzniku aterosklerózy.

### 4. *HDL (high density lipoproteins)*

Hlavní funkcí HDL je přenos přebytečného cholesterolu z periferních tkání zpět do jater. Jsou produkovány játry a jejich zvýšená koncentrace ukazuje na snížení rizika aterosklerózy.

## 5. IDL (*intermediny-density lipoproteins*)

Vznikají na základě degradace VLDL (jsou meziproduktem syntézy LDL z VLDL).<sup>32</sup>

### 1.2.7 VÝŽIVOVÁ DOPORUČENÍ

Vyvážená strava je strava, která poskytuje dostatečné množství energie a živin pro zdraví a pohodu organismu. V současnosti se v ČR vyskytuje vysoký nárůst neinfekčních onemocnění, především aterosklerózy spojené s různými zdravotními komplikacemi, které mají za následek zvýšenou úmrtnost naší populace (na rozdíl od jiných zemí). Nesprávná výživa v těchto případech hraje hlavní příčinu.

Lidská strava obsahuje tuky živočišného i rostlinného původu. Některé tuky jsou přidávány do pokrmů při přípravě = „tuky zjevné“ (např. máslo, sádlo, olej), ale zhruba stejné množství představují tuky již obsažené v surovinách = „tuky skryté“ (např. uzeniny), které pocházejí především z potravin živočišného původu. Skryté tuky jsou nebezpečné v tom, že i zdánlivě netučné potraviny mohou být významným zdrojem tuků. Proto se (v některých případech) doporučují nízkotučné výrobky (např. sýry, jogurty).<sup>33</sup>

Počátkem devadesátých let dvacátého století se u nás začal klást větší důraz na spotřebu vícenenasycených rostlinných olejů, namísto nasycených živočišných tuků. I přesto je spotřeba nasycených tuků stále vysoká, především ve formě tuků skrytých.<sup>34</sup> Tabulka 4 znázorňuje celkový obsah tuku a procentuální zastoupení satureovaných a polynenasycených MK v potravinách.

Výživová doporučení pro příjem tuků a jejich zastoupení v našem životě se v historii výrazně měnila. Doporučení se udávají buď v podílu celkově přijaté energie (většinou 25 – 30 %) nebo v absolutním množství (nejčastěji se pohybují v hodnotách 80 – 100 g/den).

U pračlověka tvořily tuky zhruba 10 – 20 % z celkového denního příjmu, ve středověku již asi 15 – 25 %, během a po 2. SV mírně nad 30 %, což představuje zhruba 90 g tuku/den a od 70. let 20. století zaujímá příjem tuků 35 – 40 %. Ideální příjem tuků by se měl pohybovat kolem 80 g = 25 % přijaté energie/den. Obyvatelé průmyslově

<sup>32</sup> PÁNEK, Jan, et al. *Základy výživy*. Vyd. 1. Praha: Svoboda Servis, 2002. 84 s.

<sup>33</sup> MOUREK, Jindřich, et al. *Mastné kyseliny omega-3: Zdraví a vývoj*. 2. rozšířené vydání. Praha: Triton, 2009. Výživa a dosažitelnost mastných kyselin, s. 133, 155.

<sup>34</sup> PÁNEK, Jan, et al. *Základy výživy*. Vyd. 1. Praha: Svoboda Servis, 2002. 79-80 s.

vyspělých zemí získávají 30 - 40 % celkové energie z triacylglycerolů. Vzhledem k tomu, že příjem energie je ve většině vyspělých zemí nadměrný, měli bychom se snažit snížit podíl tuku pod hranici 30 % z celkově přijaté energie. Tento podíl by však neměl klesnout pod 20 %, v tom případě by mohlo docházet k různým poruchám, které plynou z nízkého příjmu PUFA. Především dochází k nedostatečnému zásobování lipofilními vitamíny a esenciálními mastnými kyselinami. Podle patologických dat neexistuje žádný zdravotní přínos, který by plynul ze snížení příjmu tuků pod 30 %. V tabulce 4 je uveden obsah SFA a PUFA v různých živočišných i rostlinných zdrojích.

**Tabulka 4: Celkový obsah tuku a procentuální zastoupení satureovaných a polynenasycených MK v potravinách<sup>35</sup>**

Potravina (100g)	Celkový obsah tuku (g)	Satureované MK (%)	Polynenasycené MK (%)
Rostlinné oleje	99	10	60
Ořechy	60	10	70
Maso vepřové, hovězí	30	30	10
Sýry	25	60	0
Drůbež	20	30	20
Vejce	10	30	10
Sójové boby	7	10	50
Ryby	Méně než 2-10 i více	20	30

Navýšení příjmu tuků je vhodné v případě sportovců s dlouhodobou výraznou fyzickou aktivitou, kteří by v případě snížené konzumace těchto živin hůře získávali kýženou energii<sup>36</sup>

Mnoho zemí stanovuje výživová doporučení, aby mohli odpovědět občanům na otázku: „Co máme jíst, abychom zůstali zdraví?“ Výživová doporučení platí pro většinu lidí věku dvou let a více. Slouží k prevenci civilizačních chorob, na kterých se správná výživa významně podílí.

V České republice vydalo první výživová doporučení pod názvem „*Směry výživy obyvatelstva ČR*“ předsednictvo Společnosti pro racionální výživu (nynějším

<sup>35</sup> MOUREK, Jindřich, et al. *Mastné kyseliny omega-3: Zdraví a vývoj*. 2. rozšířené vydání. Praha: Triton, 2009. Výživa a dosažitelnost mastných kyselin, s. 156.

<sup>36</sup> VELÍŠEK, Jan. *Chemie potravin*. Vydání první. Tábor: OSSIS, 1999. Tuky a jiné lipidy, s. 115.

nástupcem je Společnost pro výživu) v roce 1986 a v roce 1989 jejich inovovanou formu. V roce 1994 byla Radou výživy Ministerstva zdravotnictví České republiky vypracována doporučení o výživě zdravého obyvatelstva „*Jezte zdravě, žijte zdravě*“. Od té doby je to poslední inovace, která byla uskutečněna. Proto byla rozhodnutím správní rady Společnosti pro výživu ustavena v roce 2003 pracovní skupina pro vypracování nových doporučení.<sup>37</sup>

Základní předpoklad výživového doporučení je, že potraviny (ne doplňky) by měly poskytnout potřebné živiny, kdykoli je to možné. Jiné zaměření výživových doporučení je v omezování potencionálně škodlivých složek.

Zdravá strava je pečlivě volena tak, aby dodala ty druhy sacharidů, které tělo potřebuje, nabídla potřebné tuky a oleje a zároveň omezila nasycené tuky, *trans* mastné kyseliny a cholesterol.

S ohledem na téma mé bakalářské práce zde uvádím vždy jen část z výživového doporučení, týkající se problematiky tuků a olejů (celé znění výživových doporučení je součástí přílohy B).

*Ve výživových parametrech ČR by mělo být dosaženo následujících změn:*

- snížení příjmu tuku u dospělé populace tak, aby celkový podíl tuku v energetickém příjmu nepřekročil 30 % optimální energetické hodnoty (tzn. u lehce pracujících dospělých cca 70 g na den), u vyššího energetického výdeje 35 %
- dosažení podílu nasycených, monoenoových a polyenoových mastných kyselin <1:1,4:>0,6 v celkové dávce tuku, poměru mastných kyselin řady n-6:n-3 maximálně 5:1 a příjmu trans nenasycených mastných kyselin do 2 % celkového energetického příjmu
- snížení příjmu cholesterolu na max. 300 mg za den (s optimem 100 mg na 1000 kcal)

*K dosažení těchto cílů by mělo dojít ve spotřebě potravin k následujícím změnám:*

- snížení příjmu živočišných tuků a zvýšení podílu rostlinných olejů v celkové dávce tuku, z nich pak zejména oleje olivového a řepkového, pokud možno bez tepelné úpravy pro zajištění optimálního složení mastných kyselin přijímaného tuku

---

<sup>37</sup> DOSTÁLOVÁ, Jana, et al. *Vyzivaspol.cz* [online]. 2006/1 [cit. 2011-03-13]. Společnost pro výživu. Dostupné z WWW: <<http://www.vyzivaspol.cz/rubrika-dokumenty/zdrava-trinactka-strucna-vyzivova-doporuceni.html>>.

- zvýšení spotřeby zeleniny a ovoce včetně ořechů (vzhledem k vysokému obsahu tuku musí být příjem ořechů v souladu s příjmem ostatních zdrojů tuku, aby nedošlo k překročení celkového příjmu tuku) se zřetelem k přívodu ochranných látek, významných v prevenci nádorových i kardiovaskulárních onemocnění, ale též ve vztahu ke snižování přívodu energie a zvýšení obsahu vlákniny ve stravě.
- zvýšení spotřeby luštěnin jako bohatého zdroje kvalitních rostlinných bílkovin s nízkým obsahem tuku, nízkým glykemickým indexem a vysokým obsahem ochranných látek
- výrazné zvýšení spotřeby ryb a rybích výrobků, zejména mořských, se zřetelem k významnému postavení této potravinové komodity v intervenčních nutričních opatřeních v prevenci kardiovaskulárních chorob a chorob z nedostatku jodu
- snížení spotřeby živočišných potravin s vysokým podílem tuku (např. vepřový bok, plnotučné mléko a mléčné výrobky s vysokým obsahem tuku, uzeniny, lahůdkářské výrobky, některé cukrářské výrobky, trvanlivé a jemné pečivo apod.)
- snížení spotřeby vajec na cca 200 kusů ročně, tj. nejvýše 4 kusy týdně

*V kulinářské technologii je třeba se zaměřit:*

- na racionální přípravu stravy, zejména na snižování ztrát vitaminů a jiných ochranných látek. Preferovat vaření a dušení a zamezit tak zvýšenému příjmu toxických produktů vznikajících při smažení, pečení a grilování, zejména u potravin s vyšším podílem živočišných bílkovin (maso, ryby) a zvýšenému příjmu tuku ze smažených či fritovaných pokrmů
- na preferenci technologií s nižším množstvím přidaného tuku a volit vhodný druh tuku podle druhu technologického postupu
- na zvýšení spotřeby zeleninových salátů, zejména s přidavkem olivového nebo řepkového oleje a na rozšíření sortimentu zeleninových a luštěninových pokrmů.

*V oblasti výroby potravin je třeba:*

- snížit obsah *trans* mastných kyselin v jedlých tucích i ve výrobcích, kde se jedlé tuky používají

- udržet, eventuálně ještě rozšířit, nabídku mléčných výrobků s nízkým obsahem mléčného tuku, zejména zakysaných mléčných výrobků.<sup>38</sup>

Výživová doporučení pro obyvatele ČR v bodech stručně seznamují veřejnost se základy správné výživy. Tato doporučení vychází z nejnovějších vědeckých studií po celém světě. Průběžně jsou obnovována podle nových informací a technologických postupů.

Počátkem 80. let 20. století se zájem vědců mnoha vědeckých pracovišť zaměřil na podrobný rozbor mastných kyselin především na obsah TFA v různých potravinářských výrobcích a na jejich vliv na zdraví. Každý olej má své specifické zastoupení MK, proto bychom měli druhy olejů, které používáme k přípravě pokrmů, střídat, abychom se tak vyvarovali případnému deficitu či nadbytku některých MK. Podle doporučení Evropského úřadu pro potraviny (EFSA) bychom se měli zaměřit na co nejmenší příjem SFA a TFA a nestanovovat žádné referenční hodnoty pro *cis*-mononenasyčené mastné kyseliny ani *cis*-polynenasycených mastných kyselin či poměru n-3/n-6. SFA vyskytující se společně s nenasycenými mastnými kyselinami, jsou dobře stravitelné. Pakliže v naší stravě přetrvává nadbytek SFA, pak tento stav nepříznivě ovlivňuje cholesterolémii a hladinu lipoproteinů, které významně podporují rozvoj aterosklerózy.<sup>39</sup>

Nejen mořské, ale i sladkovodní ryby jsou zdrojem n-3 MK, EPA a DHA. Ze sladkovodních druhů je na obsah těchto MK bohatý především pstruh, lipan, candát, kapr, štika a úhoř. Pro zvýšení příjmu n-3 MK, se doporučuje zařadit do jídelníčku čerstvé ryby s vysokým obsahem EPA a DHA alespoň 2x týdně (každá porce o minimální hmotnosti 200g).<sup>40</sup>

Dalším stručným výživovým doporučením, určeném dospělému obyvatelstvu České republiky, vypracovaným Společností pro výživu ve spolupráci s Fórem zdravé

---

<sup>38</sup> DOSTÁLOVÁ, Jana, et al. *Vyzivaspol.cz* [online]. Listopad 2004 [cit. 2011-03-15]. Společnost pro výživu. Dostupné z WWW: <<http://www.vyzivaspol.cz/rubrika-dokumenty/konecne-zneni-vyzivovych-doporuceni.html>>.

<sup>39</sup> EFSA Journal. Vědecké stanovisko o dietních referenčních hodnotách tuků, včetně nasycených mastných kyselin, polynenasycených mastných kyselin, mononenasyčené mastné kyseliny, trans mastné kyseliny a cholesterol: Scientific Opinion on Dietary Reference Values for fats, including saturated fatty acids, polyunsaturated fatty acids, monounsaturated fatty acids, trans fatty acids, and cholesterol. *EFSA Journal* 2010 [online]. 25. března 2010, *EFSA Journal* 2010, 8 (3): [107 s.], [cit. 2011-03-17]. Dostupný z WWW: <<http://www.google.cz/translate?u=http%3a%2f%2fwww.efsa.europa.eu%2fen%2fefsajournal%2fpub%2f1461.htm&langpair=en%7Ccs&hl=cs&ie=UTF8>>.

<sup>40</sup> MOUREK, Jindřich, et al. *Mastné kyseliny omega-3 : Zdraví a vývoj*. 2. rozšířené vydání. Praha: Triton, 2009. Výživa a dosažitelnost mastných kyselin, s. 136, 157-160.



výživy, je projekt Zdravá 13. Při srovnání výživových doporučení vztahujících se k problematice tuku v rámci Zdravé 13 a více rozpracovaném Konečném znění výživových doporučení pro ČR, se ve Zdravé 13 více zaměřují na doporučený obsah tuku v mléčných výrobcích. V dalších bodech se tyto dvě verze doporučení výrazněji neliší. Celé znění Zdravé 13 je součástí příloh (příloha B).

Dále ve výživovém doporučení nalezneme upozornění na pravidelně a rovnoměrně rozložený příjem během celého dne. Následujícím dokumentem vydaným MZ ČR roku 2005 je Výživové doporučení MZ ČR pro návrhy postupů k implementaci globální strategie pro výživu, fyzickou aktivitu a zdraví, které rozpracovává cíle Globální strategie pro Českou republiku. V porovnání například s kanadskými výživovými doporučeními (Canada's food guide) jsou česká doporučení ochuzena o body, které by se týkaly konzumace jídla mimo domov, psychického vlivu spojeného s konzumací potravin ve společnosti přátel nebo příslušníků rodiny či doporučení na vyhrazení si dostatečně dlouhé doby a klidu na jídlo. Zároveň jsou všechna kanadská doporučení, která jsou pro přehlednost vypsána v bodech, níže podrobně rozepsána, včetně doporučení množství dané potraviny na 1 porci či například doporučení vhodné záměny nezdravé potraviny zdravou.<sup>41 42</sup>

Doporučení zdravé výživy, která jsou zaměřená na širokou veřejnost, by měla být jasná, názorná a snadno pochopitelná. Proto se osvědčil model výživové pyramidy. Základna pyramidy představuje stěžejní komponentu stravy, na kterou ve snižujícím se zastoupení nasedají další potravinové skupiny. V rámci místních stravovacích zvyklostí byla vypracována celá řada různých verzí tohoto modelu. Například je podstatný rozdíl mezi klasickou americkou pyramidou a novější kalifornskou - liší se svoji základnou, kdy kalifornská staví na ovoci a zelenině a americká na obilovinách. Kalifornská tak představuje vyšší obsah vlákniny v dietě a zejména vysoký obsah fytonutrientů, které společně s nižším zastoupením tuků (americká pyramida obsahuje 30 % tuku x

---

<sup>41</sup> *Hc-sc.gc.ca* [online]. Kanada: 2010-07-07 [cit. 2011-03-13]. Dostupné z WWW: <<http://www.hc-sc.gc.ca/fn-an/food-guide-aliment/maintain-adopt/limit-eng.php>>.

<sup>42</sup> Her Majesty the Queen in Right of Canada; Represented by the Minister of Health Canada. *Hc-sc.gc.ca* [online]. 2007 [cit. 2011-03-13]. Health Canada. Dostupné z WWW: <[http://www.hc-sc.gc.ca/fn-an/alt\\_formats/hpfb-dgpsa/pdf/food-guide-aliment/print\\_eatwell\\_bienmang-eng.pdf](http://www.hc-sc.gc.ca/fn-an/alt_formats/hpfb-dgpsa/pdf/food-guide-aliment/print_eatwell_bienmang-eng.pdf)>. ISBN 0-662-44467-1.

kalifornská pyramida 20 % tuku) představují prevenci chronických civilizačních chorob.<sup>43</sup>

### 1.2.8 POUŽITÍ TUKŮ PŘI PŘÍPRAVĚ POKRMŮ

Na trhu je veliké množství různých druhů tuků, které se od sebe více či méně liší svým složením mastných kyselin a doprovodných látek. Na základě obsahu MK v tucích pak rozlišujeme jejich vhodnost k různým kuchyňským úpravám. U všech tuků je jedním ze základních požadavků nízký obsah *trans*-nenasycených mastných kyselin společně s nízkým obsahem cholesterolu. V tabulce 5 jsou uvedeny oleje, které se v ČR nejvíce používají, včetně jejich průměrného procentuálního zastoupení nasycených, monoenoových a polyenoových mastných kyselin<sup>44</sup> a v tabulce 6 jsou uvedeny přibližné hodnoty obsahu některých mastných kyselin v běžných olejích (%).

**Tabulka 5: Nejpoužívanější rostlinné oleje a mastné kyseliny**

Rostlinné oleje:	Mastné kyseliny		
	Nasycené	Monoenové	Polyenové
Řepkový	8,5	59,5	32,0
Slunečnicový	13,3	23,5	64,1
Sojový	14,9	23,1	61,9
Olivový	20,8	64,3	14,8

**Tabulka 6: Přibližné hodnoty obsahu některých mastných kyselin v běžných olejích (%)**<sup>45</sup>

Kyselina:	Řepkový olej	Sójový olej	Lněný olej
Palmitová	1,5-6	10-13	3-8
Stearová	0,5-3	3-5,5	2-8
Olejová	8-30	18-25	11-35
Linolová	11-23	50-57	11-24
Linolenová	5-13	5,5-9,5	35-65

<sup>43</sup> SVAČINA, Štěpán, et al. *Klinická dietologie*. Vydání 1. Praha: Grada Publishing, a. s., 2008. Zásady zdravé výživy dospělých, s. 345.

<sup>44</sup> MOUREK, Jindřich, et al. *Mastné kyseliny omega-3 : Zdraví a vývoj*. 2. rozšířené vydání. Praha: Triton, 2009. Výživa a dosažitelnost mastných kyselin, s. 138.

<sup>45</sup> OPLETAL, Lubomír. *Přírodní látky a jejich biologická aktivita*. Vydání první. Praha: Karolinum, 2010. Systematika nutraceutik, s. 135.

Jedním z nejvíce zastoupených olejů v ČR je olej olivový, který sice představuje bohatý zdroj vitamínu E, přírodních antioxidantů a monoenových MK, avšak je poměrně chudý na esenciální MK, LA a ALA. Přesto patří společně s řepkovým olejem k nejvýznamnějším rostlinným olejům. Zastoupení esenciálních mastných kyselin, LA a ALA, v těchto dvou olejích je přiložen v tabulce 7.

**Tabulka 7: Kyselina linolová (LA) a kyselina alfa-linolenová (ALA) v olivovém a řepkovém oleji a jejich vzájemný podíl (mastné kyseliny jsou uváděny v procentuálním podílu, kdy celkový součet MK = 100%)**

Mastné kyseliny	Olivový olej	Řepkový olej
<b>K. linolová C 18:2 OMEGA-6 (LA)</b>	13,1	21,4
<b>K. <math>\alpha</math>-linolenová C 18:3 OMEGA-3 (ALA)</b>	1,7	10,6
<b>LA:ALA</b>	13,1:1,7 = 7,7:1	21,4:10,6 = 2,0:1

#### 1.2.8.1 Obecné zásady správného skladování

1. spotřebitel by si nikdy neměl dělat větší zásoby tuku
2. tuky by měly být skladovány v temnu a chladu (4 - 10°C)
3. tuky by se neměly nikdy zmrazovat, protože po rozmrazení rychleji žluknou
4. tuky, na kterých jsme již jednou smažili, skladujeme v lednici maximálně jeden týden
5. pakliže chceme při přípravě pokrmu použít více druhů tuků najednou, měly bychom je smíchat až před zpracováním
6. pokud dodržíme tyto podmínky, můžeme tuky skladovat až po dobu několika měsíců.

#### 1.2.8.2 Vliv oxidace tuků na zdravotní stav

Buňky lidského organismu jsou denně vystavovány oxidačním procesům. Odhaduje se, že DNA v každé naší buňce je denně vystaveno asi 10 000 oxidačních působení. Kyslík představuje nenahraditelnou součást v lidském životě, avšak jeho nadměrná konzumace působí toxicky. Za škodlivé účinky většinou není zodpovědná běžná molekula kyslíku, nýbrž tvorba a aktivita reaktivních kyslíkatých látek (ROS). Ty se pak chovají jako oxidanty, což jsou sloučeniny s tendencí předávat kyslík dalším látkám. Pokud nejsou inaktivovány, mohou poškodit jakýkoli typ buněčné molekuly. Většina těchto látek se nazývají volné radikály. Volné radikály mohou být atomy,

molekuly či ionty s jedním nebo více nepárovými elektrony. Typická je pro ně vysoká reaktivita a nestabilita. Výsledkem reakce volných radikálů s neradikály je tvorba nových volných radikálů. Jedná se o řetězovou reakci. Volné radikály jsou tvořeny běžně v těle během metabolismu, v němž představují nezbytný mezistupeň a jsou pro organismus prospěšné. Významně se také uplatňují v destrukci některých nežádoucích mikroorganismů pomocí fagocytů. Na druhou stranu ale mohou v případě oxidace proteinů snižovat enzymovou aktivitu a společně s oxidací lipidů poškozovat buněčné membrány. Dojde-li k oxidaci DNA, následuje poškození buňky, které může vyústit její mutací. Pakliže probíhá oxidace lipoproteinů, především LDL, výrazně se zvyšuje riziko aterosklerózy.

Volné radikály a jiné kyslíkaté sloučeniny jsou získávány z vnitřních nebo vnějších zdrojů. Vnitřní zdroje tvoří například metabolismus kyslíku, imunitní systém a lipidová peroxidace. K vnějším zdrojům patří solární radiace, ionizační radiace, těžké kovy, cigaretový kouř, ozon, polutanty z prostředí, pesticidy, některé léčebné přípravky a drogy.

Na základě obranného mechanismu dokáže lidský organismus volné radikály tolerovat. Nebýt této obrany, nastala by intoxikace organismu. Pokud náš obranný mechanismus volné radikály nezachytí, neopravená poškození se v organismu kumulují. Pro stav, kdy převyšuje tvorba radikálů schopnosti ochranného systému, se používá termín „oxidační stres“. Krátkodobým oxidačním stresem může probíhat ve tkáních, které jsou zasaženy ozářením, intoxikací, infekcí, spálením, opařením nebo v nadměrně zatěžovaných tkáních. Tyto tkáně pak produkují enzymy tvořící radikály, důsledkem je poškození tkáně. Dlouhodobý oxidační stres je jednou z příčin vzniku a rozvoje kardiovaskulárních chorob, diabetu, onkogeneze, Parkinsonovy choroby a očních chorob spojených s věkem.

*Lidské tělo má na výběr z několika variant, jak se volným radikálům bránit:*

1. systémem enzymů, které snižují koncentraci nejvíce nebezpečných oxidantů
2. nízkomolekulárními sloučeninami, chovajícími se jako antioxidanty (např. kyselina močová a další)
3. antioxidanty přijímanými potravou.

Přirozená obranyschopnost organismu před účinky volných radikálů je ale omezená. V dřívějších dobách byly konzumovány zejména tuky s nižším podílem

polyenových mastných kyselin (které se velmi snadno oxidují), jedlo se více zeleniny, jež je bohatá na přirozené antioxidanty a příroda nebyla tolik zasažena člověkem.

Lidé jsou stále více vystavováni psychickému stresu, více kouří, jezdí auty a lidský život se prodlužuje. V poslední době se ve stravě zvyšuje obsah nenasycených tuků a olejů. PUFA v nich obsažené jsou ale výrazně oxylabilní. Proto se doporučuje přijímat také více antioxidantů v podobě zeleniny, popřípadě cereálií s vyšším obsahem vlákniny. Oxidované tuky jsou ve většině případů hůře stravitelné a jsou také mírně toxické.<sup>46</sup>

### 1.2.8.3 Tuky pro teplou kuchyni

Teprve od roku 1993 se v českých zemích začalo rozlišovat užití oleje dle různých druhů kulinářských úprav. Do této doby se používalo stejného druhu tuku jak na teplou, tak i na studenou kuchyni. Nejvíce užívanými oleji v ČR jsou slunečnicový, řepkový, sojový a olivový olej. U tuků, které jsou určeny k tepelným úpravám pokrmů, se předpokládá nízká míra oxidace. To znamená, že by měly být nízký obsah SFA. Obsah PUFA může být vyšší. V tomto případě jsou vhodnými tuky například margaríny (počátek výroby margarínů se datuje od roku 1878, důvodem toho bylo nahradit máslo, které má tu vlastnost, že rychle podléhá zkáze) a pokrmové tuky (z části tvořené například sádlem).<sup>47</sup>

Rostlinné oleje jsou méně vhodné, ale použitelné. Při pečení musíme počítat s rizikem vyšší míry oxidace. Vhodnými tuky jsou fritovací oleje, sádlo, pokrmové a šlehané tuky. Tyto tuky obsahují převážně MUFA, mají dobré povrchové vlastnosti a snadno se s nimi manipuluje. Při smažení na pánvi dochází k rychlé oxidaci a přepalování tuku. Předpokládáme teploty kolem 130 – 190°C. I když část oxidačních produktů při smažení vytěká, míra oxidace je i nadále vysoká. Nutností je pečlivé předehtání tuku, za použití dostatečně vysoké teploty. Potravinu by se měla před smažením osušit, aby se snížilo množství vstřebaného tuku. Pakliže tuk během smažení pění, má hnědavou barvu, dochází k jeho přepalování a měl by se proto ihned vyměnit.

Z MK by v těchto tucích měla převažovat olejová kyselina, dále pak SFA, PUFA by měly být obsaženy jen velmi málo. Vhodné jsou fritovací oleje, šlehané a pokrmové tuky, částečně ztužené kapalně oleje, částečně ztužené tuhé tuky, včetně šlehaných, u

<sup>46</sup> PÁNEK, Jan, et al. *Základy výživy*. Vyd. 1. Praha: Svoboda Servis, 2002. 90-92 s.

<sup>47</sup> MOUREK, Jindřich, et al. *Mastné kyseliny omega-3: Zdraví a vývoj*. 2. rozšířené vydání. Praha: Triton, 2009. Výživa a dosažitelnost mastných kyselin, s. 137-138.

kterých je bod tání pod 35°C. Vhodný je i olivový a palmový olej, míra použití je ovšem limitována cenou. Pakliže smažíme jen velmi krátce, malé množství potravin, je možné použít i některý z rostlinných olejů. V tabulce 8 je uvedeno složení MK tuků určených na dlouhodobé smažení a pečení.

**Tabulka 8: Složení MK pokrmových jedlých tuků a tekutého rostlinného tuku určených na dlouhodobé smažení a pečení (vyjádřeno v % z celkového množství MK)<sup>48</sup>**

Výrobek	SAT.	MONOE.	PUFA		TMK	Obsah tuku %	Výrobce
			n-6	n-3			
<b>Cera</b>	25,85	27,0	18,16	0,15	28,82	100	Palma
<b>Cere soft</b>	22,85	39,21	12,25	2,54	22,34	100	STZ+
<b>Omega</b>	33,93	32,79	6,63	1,17	25,1	100	STZ+
<b>Rama Culinesse</b>	10,1	62,1	18,4	9,1	0,2	82	PTZ++

#### 1.2.8.4 Tuky pro studenou kuchyni

Výrobky studené kuchyně se vyrábí a skladují při nízké teplotě, tudíž mají nízkou míru oxidace, ale zároveň i omezenou skladovatelnost. Při jejich výrobě se mohou použít tuky s vysokým obsahem PUFA, které mají nízký podíl *trans*-nenasycených mastných kyselin a cholesterolu.

K tukům využívaných pro studenou kuchyni se řadí tuky pomazánkové, které by měly mít výtečnou chuť a roztíratelnost za studena, obsah SFA do 30 %, obsah PUFA do 25 %. Vhodnou formou jsou měkké margaríny, které mohou být z části doplněny mléčným tukem. Dále se do této kategorie řadí oleje salátové, které by měly mít nízký obsah SFA – do 20 % a vysoký obsah PUFA (20 – 70 %). Měly by být čiré a mít výbornou chuť, typickou pro oleje nebo neutrální. Mohou být jak nerafinované – panenské nebo rafinované. Vhodný je olej slunečnicový, řepkový, sojový, podzemnicový, olivový, dále pak u nás méně častý olej avokádový, sezamový, světlicový, bavlníkový nebo klíčkový.<sup>49</sup>

#### 1.2.9 DOPLŇKY STRAVY

<sup>48</sup> MOUREK, Jindřich, et al. *Mastné kyseliny omega-3: Zdraví a vývoj*. 2. rozšířené vydání. Praha: Triton, 2009. Výživa a dosažitelnost mastných kyselin, s. 145.

<sup>49</sup> PÁNEK, Jan, et al. *Základy výživy*. Vyd. 1. Praha: Svoboda Servis, 2002. 80-81 s.

Doplňek stravy je potravinu, jejímž účelem je doplnění běžné stravy a která je koncentrovaným zdrojem vitaminů a minerálních látek nebo dalších látek s nutričním nebo fyziologickým účinkem, obsažených v potravině samostatně nebo v kombinaci, určená k přímé spotřebě v malých odměřených množstvích. Při označování doplňků stravy nesmí být doplňkům stravy přisuzovány vlastnosti týkající se prevence, léčby nebo vyléčení lidských onemocnění nebo na tyto vlastnosti odkazovat.

Výrobce doplňku stravy má tzv. notifikační povinnost. Před uvedením výrobku na trh musí podat oznámení na Ministerstvo zdravotnictví. V notifikačním formuláři se uvádí text etikety a seznam zdravotních tvrzení používaných na obalu a v reklamě. Účinnost přípravku a zajištění kvality nejsou při schvalování doplňků stravy posuzovány. Nepravdivá tvrzení o účinku přípravku nesmí být výrobcem deklarována, deklarované účinky musí být schopen výrobce kdykoliv doložit.<sup>50</sup>

V současné době je na trhu řada přípravků obsahujících vysoké množství PUFA n-3 MK a dalších, které jsou běžně k zakoupení nejen v lékárnách, specializovaných prodejnách, drogeriích, ale i v obchodních řetězcích.

#### 1.2.10 FUNKČNÍ POTRAVINY

Funkční potraviny jsou potraviny vyrobené z přirozeně se vyskytujících složek tak, aby měly kromě prosté výživové hodnoty i příznivý účinek na zdraví konzumenta. Tyto potraviny obsahují větší množství biologicky aktivních látek, než se nachází v jejich standardní podobě. Jednu z nejčastěji obohacovaných skupin v České republice představují roztíratelné tuky. Jako příklad lze uvést margarín Flora pro. active, který je přímo určen lidem, trpícím vyšším cholesterolem. Zvýšený obsah rostlinných sterolů ve výrobku při dlouhodobé konzumaci výrazně napomáhá jeho snížení v krvi (rostlinné steroly omezují vstřebávání cholesterolu z trávicího traktu do krve). Další funkční potravinou jsou omega-vejce, jejichž žloutky obsahují kromě řady vitaminů a minerálních látek také vyšší podíl n-3 MK. Vyšší zastoupení n-3 MK v takto obohacených vejcích dokládá Tabulka 9, v rámci které jsou srovnávány poměry n-3:n-6 MK „Omega-vajec“ s ostatními druhy vajec.

---

<sup>50</sup> *Portal.gov.cz* [online]. 2003 [cit. 2011-03-31]. Dostupné z WWW: <[http://portal.gov.cz/wps/portal/\\_s.155/701/cmd/ad/.c/313/.ce/10821/.p/8411/\\_s.155/701?PC\\_8411\\_number1=225/2008&PC\\_8411\\_p=3&PC\\_8411\\_l=225/2008&PC\\_8411\\_ps=10#10821](http://portal.gov.cz/wps/portal/_s.155/701/cmd/ad/.c/313/.ce/10821/.p/8411/_s.155/701?PC_8411_number1=225/2008&PC_8411_p=3&PC_8411_l=225/2008&PC_8411_ps=10#10821)>.

Obohacením masa a vajec n-3 MK je možné dosáhnout za pomoci různých metod, včetně genetické modifikace. Jinou možností je obohacování krmení hospodářských zvířat o zdroje n-3 MK, kterými jsou například mořské produkty nebo lněné semínko.

**Tabulka 9 Poměr n-3:n-6 v různých druzích vajec (maximální povolená (horní) mez pro tento druh vajec je 3:1. Zdravotní účinky se projevují při poměru 10:1 a méně)<sup>51</sup>**

Druh vejce:	n-6:n-3
Omega vejce	2,15:1
Bio-vejce	9,5:1
Běžná vejce	6:1 – 14:1
Běžná vejce původem ze Španělska	22:1

Existuje řada faktorů, které by měly být vzaty v úvahu před samotným začátkem obohacování masa či vajec. Nejdůležitějším z nich je pečlivé zhodnocení potřebné dávky oleje nebo jiného zdroje n-3 MK, pro dosažení významného navýšení obsahu těchto MK v konečném výrobku. Dobrou strategií, jak nejlépe docílit navýšení obsahu n-3 MK ve vejcích a v mase, je kombinace přísad rybích a rostlinných olejů a semen v krmných směsích zvířat. Ne všechna zvířata ale reagují na výživové změny stejně. Nicméně tento typ obohacování má několik nevýhod, jako je např. zvýšená náchylnost k oxidaci a celkovému poklesu sensorických vlastností. Další nevýhodou je fakt, že některé sloučeniny, nakumulované ve tkáních ryb, mohou takto zvyšovat zdravotní riziko jak zvířat, tak lidí. Protože poptávka po potravinách s vyšší nutriční hodnotou stále roste, mnozí výrobci potravin snižují celkové množství tuku a změnu lipidového profilu v jejich produktech za účelem uspokojení spotřebitele.<sup>52</sup>

<sup>51</sup> ČARŇANSKÝ, Ondřej. Je zdravější omega, bio, či obyčejné vejce?. *MF DNES* [online]. 14. 3. 2008, č. 3, [cit. 2011-03-26]. Dostupný z WWW: <[http://ekonomika.idnes.cz/je-zdravejsi-omega-bio-ci-obycejne-vejce-fct-/test.aspx?c=A080314\\_934454\\_test\\_kam](http://ekonomika.idnes.cz/je-zdravejsi-omega-bio-ci-obycejne-vejce-fct-/test.aspx?c=A080314_934454_test_kam)>.

<sup>52</sup> BOU, Ricard; GUARDIOLA, Francesc; CODONI, Rafael. Enrichment of meats and eggs in n-3 PUFA through dietary manipulation: quality and safety drawbacks. *MISP* [online]. 27. října 2010, 2011, [cit. 2011-03-16]. Dostupný z WWW: <<http://www.foodsciencecentral.com/fsc/ixid16014>>.



## 2 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

### 2.1 POUŽITÉ CHEMIKÁLIE A MATERIÁL

1. Methanol p. a., Penta, CZ
2. Bortrifluorid (~10 % v methanolu), Fluka, CH
3. n-Hexan, pro organickou stopovou analýzu, SupraSolv, MERCK, D
4. Hydroxid sodný p. a., Penta, CZ
5. Síran sodný bezvodý p. a., Penta, CZ
6. Chlorid sodný p. a., Lach-Ner s.r.o., CZ
7. Standardy mastných kyselin, Supelco 37 Component FAME mix, Supelco, USA

### 2.2 PŘÍSTROJE A ZAŘÍZENÍ

#### 2.2.1 PLYNOVÝ CHROMATOGRAF

Analýzy methylesterů mastných kyselin plynovou chromatografií byly prováděny na přístroji Hewlett-Packard 6890 Plus (Palo Alto, California, U. S. A.), který byl vybaven plamenovým ionizačním detektorem (FID). K dělení byla použita kolona SP 2560, 100 m x 0,25 mm, s tloušťkou filmu 0,20 μm (Supelco, U. S. A.). Teplota nástřiku a detektoru byla 220 °C, přičemž teplota kolony byla programována 30 minut při 175 °C a následně od 175 do 220 °C po 1 °C/min. Průtok nosného plynu helia kolonou byl 0,5 ml/min a objem nastříkovaného vzorku byl 1 μl. Dělicí poměr v nástřiku byl 70 : 1.

#### 2.2.2 DALŠÍ POUŽITÉ PŘÍSTROJE

1. Digitální analytické váhy, Mettler Toledo AB204-S Classic, CH
2. Elektrické topné hnízdo, LTHS 50, Brněnská Drutěva, CZ

#### 2.2.3 POUŽITÝ SOFTWARE

Textová část diplomové práce byla vypracována pomocí programu Microsoft Word 2007 (Microsoft Corporation, USA), výpočty byly prováděny programem Microsoft Excel 2007. Chromatogramy byly vyhodnocovány za použití programu Clarity (Data Apex s.r.o., Praha, CZ)

### 2.3 ANALYZOVANÉ VZORKY

Bylo analyzováno 20 vzorků doplňků stravy (tabulka 10) s obsahem n-3 mastných kyselin, zakoupených v lednu 2011 v lékárnách, drogeriích a obchodních centrech v Praze.

**Tabulka 10: Seznam analyzovaných doplňků stravy**

1	Naturline Mega Omega 3	<i>Výrobce</i>	Walmart, a. s. Třinec
		<i>Spotřeba do</i>	06. 2013
		<i>Obsah oleje v 1 kapsli, počet dávek, dávkování</i>	500 mg, 30 tobolek, 3 tobolky denně
		<i>Druh oleje, komu je určen</i>	Rybí olej, ne pro děti do 3 let
2	NutriCare Omega kapsle	<i>Výrobce</i>	T Care, s. r. o. Praha
		<i>Spotřeba do</i>	01. 2013
		<i>Obsah oleje v 1 kapsli, počet dávek, dávkování</i>	1 000 mg, 30 kapslí, 1-3 tobolky denně
		<i>Druh oleje, komu je určen</i>	Rybí olej, ne pro děti do 3 let
3	GS Omega 3	<i>Výrobce</i>	Green-Swan, a. s., Pharmaceuticals CR
		<i>Spotřeba do</i>	07. 2013
		<i>Obsah oleje v 1 kapsli, počet dávek, dávkování</i>	1 000 mg, 60 kapslí, až 3 kapsle denně
		<i>Druh oleje, komu je určen</i>	Rybí olej, ne pro děti do 10 let
4	Méd'a OMEGA 3	<i>Výrobce</i>	Valosun, a. s. Brno
		<i>Spotřeba do</i>	02. 2012
		<i>Obsah oleje v 1 kapsli, počet dávek, dávkování</i>	1 medvídek, 20 medvídků, 1-2 medvídci
		<i>Druh oleje, komu je určen</i>	Lněný olej, pro děti od 3 let
5	Rybí olej ze 3 druhů ryb: lososů, makrel a sardinek	<i>Výrobce</i>	TEVA Pharmaceutical Works, Maďarsko
		<i>Spotřeba do</i>	04. 2011
		<i>Obsah oleje v 1 kapsli, počet dávek, dávkování</i>	500 mg, 60 tobolek, 3 x 1-2
		<i>Druh oleje, komu je určen</i>	Rybí olej, ne pro děti do 3 let
6	HEMA FORTE RYBÍ TUK 500	<i>Výrobce</i>	Pharmachem A/S Denmark Dánsko
		<i>Spotřeba do</i>	04. 2013
		<i>Obsah oleje v 1 kapsli, počet dávek, dávkování</i>	500 mg, 30 kapslí, 1-2 x 1
		<i>Druh oleje, komu je určen</i>	Rybí olej, ne pro děti do 3 let

7	Blue Care RYBÍ OLEJ	Výrobce	pro VitaHarmony, s. r. o., Brno (z USA)
		Spotřeba do	31. 03. 2013
		Obsah oleje v 1 kapsli, počet dávek, dávkování	1 000 mg, 150 tobolek, 1 x 1
		Druh oleje, komu je určen	Rybí olej, ne pro děti do 3 let
8	VITA X Cholesterol Srdce a cévy	Výrobce	distributor v ČR: Solvent Praha
		Spotřeba do	08. 2012
		Obsah oleje v 1 kapsli, počet dávek, dávkování	1 000 mg, 30 kapslí, 1 x 1
		Druh oleje, komu je určen	Rybí olej, ne pro děti do 10 let
9	MaxiVita Omega 3 - rybí olej	Výrobce	Vitar Zlín, s. r. o.
		Spotřeba do	10. 2012
		Obsah oleje v 1 kapsli, počet dávek, dávkování	430 mg, 30 kapslí, 1-2 2x-3x denně
		Druh oleje, komu je určen	oleum jecoris aselli, ne pro děti do 3 let
10	Nutrilite omega-3 complex	Výrobce	Access Business Group USA
		Spotřeba do	8. 2011
		Obsah oleje v 1 kapsli, počet dávek, dávkování	680 mg, 90 kapslí, 1x1
		Druh oleje, komu je určen	Rybí tuk, ne pro děti do 3 let
11	Iskial olej ze žraločích jater	Výrobce	Naturell AB Švédsko, prodávající: Biomen Praha
		Spotřeba do	1. 1. 2013
		Obsah oleje v 1 kapsli, počet dávek, dávkování	250 mg, 120 kapslí, 1-2x denně
		Druh oleje, komu je určen	Olej z jater žraloka, děti od 3 let
12	Omega-3	Výrobce	Naturell AB, Švédsko; prodávající: Biomen
		Spotřeba do	1. 1. 2013
		Obsah oleje v 1 kapsli, počet dávek, dávkování	650 mg, 120 kapslí, děti 1-2, dospělí 2-5 kapslí denně
		Druh oleje, komu je určen	Rybí olej, ne pro děti do 3 let
13	Haliborange Omega-3 pro děti s vitaminy A,D,E a C	Výrobce	Seven seas healthcare Anglie, distributor Merck Praha
		Spotřeba do	06. 2012
		Obsah oleje v 1 kapsli, počet dávek, dávkování	200 mg, 30 tobolek, nad 3 roky 2 tobolky za den
		Druh oleje, komu je určen	Rybí a rostlinný olej, ne děti do 3 let
14	Harmony Line Rybí tuk Baby	Výrobce	Alfa Vita, s. r. o. Praha 5
		Spotřeba do	31. 5. 2013
		Obsah oleje v 1 kapsli, počet dávek, dávkování	70 mg, 60 tobolek, 1 denně

		<i>Druh oleje, komu je určen</i>	Rybí olej, pro děti od 3 let
15	Liftea Rybí tuk Omega-3	<i>Výrobce</i>	Swiss Caps AG, Švýcarsko; dovozce: Liftec CZ
		<i>Spotřeba do</i>	03. 2013
		<i>Obsah oleje v 1 kapsli, počet dávek, dávkování</i>	250 mg, 30 pastilek, děti 1, dospělí 1-2 denně
		<i>Druh oleje, komu je určen</i>	Rybí olej, pro děti od 3 let
16	Biomín Omega 3 Man&Women	<i>Výrobce</i>	Biomín, a. s. Cífer, Slovensko
		<i>Spotřeba do</i>	04. 2012
		<i>Obsah oleje v 1 kapsli, počet dávek, dávkování</i>	1 000 mg, 30 kapslí, 1 denně
		<i>Druh oleje, komu je určen</i>	Rybí olej, pro ženy, pro muže
17	Nefdesanté Omega 3	<i>Výrobce</i>	Nef de Santé, Praha 6
		<i>Spotřeba do</i>	08. 2013
		<i>Obsah oleje v 1 kapsli, počet dávek, dávkování</i>	1 000 mg, 90 kapslí, 1-3 denně
		<i>Druh oleje, komu je určen</i>	Rybí olej, ne pro děti do 3 let
18	Royal Plus Omega-3 rybí tuk	<i>Výrobce</i>	Dovozce Unifarma, s. r. o. Praha
		<i>Spotřeba do</i>	07. 2012
		<i>Obsah oleje v 1 kapsli, počet dávek, dávkování</i>	500 mg, 30 kapslí, děti 2 kapsle, dospělí 2-8 kapslí
		<i>Druh oleje, komu je určen</i>	Rybí olej, ne děti do 3 let
19	3-omega Rybí olej	<i>Výrobce</i>	Generica Piešťany SR, spol. s r. o.
		<i>Spotřeba do</i>	3. 2. 2013
		<i>Obsah oleje v 1 kapsli, počet dávek, dávkování</i>	500 mg, 60 kapslí, 2 kapsle denně
		<i>Druh oleje, komu je určen</i>	Rybí olej, ne pro děti do 3 let
20	Omega-3 1000 mg	<i>Výrobce</i>	Noventis Zlín, s. r. o.
		<i>Spotřeba do</i>	06. 2012
		<i>Obsah oleje v 1 kapsli, počet dávek, dávkování</i>	1 000 mg, 30 kapslí, děti 1, dospělí 2 kapsle denně
		<i>Druh oleje, komu je určen</i>	Rybí olej, ne pro děti do 3 let

## 2.4 PRACOVNÍ POSTUPY A METODY

### 2.4.1 PŘÍPRAVA METHYLESTERŮ MASTNÝCH KYSELIN

Bylo naváženo přibližně 0,5 g tuku do 50 ml destilační baňky. K navážce bylo přidáno 5 ml methanolu a 2 ml 0,5 M hydroxidu sodného v methanolu. Roztok byl zahříván po dobu 10 min k varu pod zpětným chladičem. Poté byl přidán 0,5 ml 10 %

roztoku fluoridu boritého v methanolu a var probíhal dalších 10 min. Po odstavení vzorku a jeho ochlazení (cca 10 min.) bylo přidáno odměrným válcem přes zpětný chladič 5 ml hexanu. Po 2 min bylo do baňky přidáno 20 ml nasyceného roztoku chloridu sodného. Celý obsah byl minutu třepán a poté byla baňka doplněna po hrdlo nasyceným roztokem chloridu sodného. Do vialky s malým množstvím bezvodého síranu sodného byla odebrána vrchní část hexanové fáze. Analýza methylesterů mastných kyselin byla provedena metodou plynové chromatografie (GC/FID). Pro identifikaci jednotlivých mastných kyselin byl použit standard Supelco 37 Component FAME mix. Obsah mastných kyselin byl vyhodnocen jako procentuální zastoupení plochy píku daného methylesteru mastné kyseliny k celkové ploše všech mastných kyselin v chromatogramu.

### 3 VÝSLEDKY A DISKUSE

Předmětem experimentální práce byl screening doplňků stravy, deklarovaných jako zdroje mastných kyselin řady n-3. Cílem bylo porovnat kvalitu celkem 20 výrobků zakoupených v tržní síti České republiky. Zastoupení mastných kyselin bylo stanoveno po jejich esterifikaci na methylestery metodou kapilární plynové chromatografie na polární stacionární fázi.

Rybí olej použitý jako zdroj n-3 mastných kyselin do doplňků stravy běžně dostupných na trhu, je převážně získáván z tučných ryb chladných vod. Odstraněním nasycených a nenasycených mastných kyseliny (vyjma mastných kyselin řady n-3) se získávají koncentrované výrobky n-3 mastných kyselin.

V práci bylo analyzováno dvacet produktů, z nichž v sedmnácti případech výrobce deklaroval buď celkový obsah n-3 MK nebo obsah EPA a DHA. Dva vzorky obsahovaly více než 45 % mastných kyselin řady n-3 (vzorky 15 a 6). U šestnácti výrobků (vzorky 1, 2, 3, 5, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 20) se obsah n-3 mastných kyselin pohyboval v rozmezí 28 - 44 % a u zbylých dvou (vzorky 4 a 11) byl velice nízký, 14,7 % a 16,2 % (obrázek 9).

Obsah dvou významných mastných kyselin řady n-3 (EPA a DHA) kolísal u těchto výrobků v rozmezí od 0 % do 60 % (obrázek 10). Pouze jeden výrobek obsahoval více než 50 % MK řady n-3 (vzorek 6), dva výrobky obsahovaly více než 40 % (vzorek 13, 15), dalších patnáct výrobků mělo obsah n-3 MK v rozmezí 19-35 % (vzorky 1, 2, 3, 5, 7, 8, 9, 10, 12, 14, 16, 17, 18, 19, 20), u vzorku 11 byl obsah n-3 MK extrémně nízký (pouze 5,91 %) a ve vzorku 4 nebyly EPA a DHA obsaženy vůbec.

Doporučený denní příjem EPA a DHA v množství 300-500 mg/den pokryjí, až na šest vzorků (4, 10, 11, 13, 14 a 15), všechny testované doplňky. Z toho osm z nich (vzorky 2, 3, 6, 7, 8, 16, 17, 20) pokryjí denní doporučený příjem v rámci 1 kapsle (tabulka 13). Např. u vzorku 14 by namísto 1 kapsle bylo potřebné k dosažení denní doporučené dávky pro dospělé (300 mg) 16 kapslí a v případě vzorku 11 by byl nutný příjem dokonce 20 tobolek, avšak výrobce doporučuje denní příjem jedné až dvou tobolek. Vzorek číslo 4 není vhodný pro doplnění stravy o mastné kyseliny EPA a DHA, jelikož je vyroben z lněného oleje, nikoli z rybího tuku (přesné zastoupení MK je uvedeno v tabulce 11 a tabulce 12).

Poměr mastných kyselin řady n-6/n-3 byl u sedmnácti výrobků nižší než 0,3 (obrázek 11). U třech výrobků (vzorky 4, 9 a 13) odpovídala hodnota příjmu mastných

kyselin řady n-6/n-3 poměru 1:5 a lépe. U pěti vzorků (vzorky 6, 12, 17, 18 a 20) byla hodnota poměru dokonce rovna 0,1 a méně.

Obsah *trans*-nenasycených mastných kyselin ve vzorcích byl zanedbatelný (0,04-0,48 %, obrázek 12).

**Tabulka 11: Zastoupení mastných kyselin**

<b>Mastné kyseliny</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
<b>Nasycené MK (%)</b>										
<b>C 8:0</b>	0,38	0,24	0,29	2,20	0,38	0,41	0,04	0,22	0,13	0,01
<b>C 10:0</b>	0,28	0,14	0,21	2,46	0,26	0,29	0,02	0,16	0,10	0,01
<b>C 12:0</b>	0,14	0,11	0,17	38,41	0,14	0,01	0,09	0,13	0,03	0,08
<b>C 14:0</b>	7,80	7,52	7,49	13,79	7,16	0,46	6,77	7,07	4,06	5,99
<b>C 15:0</b>	0,60	0,59	0,61	0,02	0,60	0,05	0,48	0,60	0,34	0,38
<b>C 16:0</b>	17,36	16,26	16,91	7,71	16,57	2,90	16,18	16,54	11,22	13,14
<b>C 17:0</b>	0,43	0,47	0,50	0,03	0,49	0,16	0,40	0,46	0,24	0,34
<b>C 18:0</b>	3,29	3,45	3,41	9,70	3,60	3,28	3,22	3,43	2,56	3,33
<b>C 20:0</b>	0,00	0,00	0,00	0,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>C 22:0</b>	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Nenasycené MK (%)</b>										
<b>C 14:1 (n-5)</b>	0,05	0,07	0,04	0,00	0,04	0,00	0,05	0,04	0,07	0,05
<b>C 16:1 (n-9)</b>	0,24	0,34	0,43	0,01	0,41	0,04	0,30	0,35	0,30	0,34
<b>C 16:1 (n-7)</b>	8,55	9,23	8,96	0,01	8,23	1,27	8,47	9,07	6,62	7,81
<b>C 16:1 (n-5)</b>	0,47	0,42	0,34	0,00	0,36	0,15	0,36	0,35	0,50	0,40
<b>C 16:2 (n-4)</b>	1,31	1,30	1,09	0,00	1,11	0,24	1,21	1,15	0,43	1,27
<b>C 16:3 (n-4)</b>	1,66	1,67	1,22	0,00	1,15	0,21	1,64	1,29	0,18	1,80
<b>C 16:4 (n-4)</b>	2,53	2,37	2,19	0,00	2,10	0,40	2,49	2,16	0,34	2,19
<b>C 18:1 směs trans</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>C 18:1 (n-9)</b>	9,13	9,43	8,49	5,31	10,19	7,00	10,36	9,39	18,19	10,23
<b>C 18:1 (n-7)</b>	2,98	3,37	3,13	0,18	3,29	2,74	3,06	3,17	4,39	3,31
<b>C 18:1 c isomery</b>	0,37	0,31	0,15	0,01	0,13	0,10	0,13	0,16	0,40	0,13
<b>C 18:2 (n-6) trans isomer</b>	0,19	0,13	0,21	0,00	0,18	0,13	0,48	0,21	0,04	0,14
<b>C 18:2 cis &amp; trans</b>	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>C 18:2 (n-6) LA</b>	1,31	1,35	1,19	5,07	1,36	0,88	1,10	1,34	1,38	1,22
<b>C 18:3 cis &amp; trans</b>	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>C 18:3 (n-6) GLA</b>	0,26	0,30	0,26	0,00	0,25	0,15	0,26	0,26	0,14	0,28
<b>C 18:3 (n-3) ALA</b>	0,84	0,88	1,04	14,72	1,01	0,65	0,72	1,05	1,54	0,75
<b>C 18:4 (n-3)</b>	3,72	2,91	3,84	0,00	3,21	2,12	3,25	3,68	2,14	2,68
<b>C 20:1 (n-9)</b>	0,44	1,01	1,65	0,00	1,54	1,70	0,70	1,31	11,48	0,86
<b>C 20:2 Δ8c, 14c (n-6)</b>	0,04	0,04	0,04	0,00	0,04	0,07	0,03	0,05	0,02	0,04
<b>C 20:2 Δ11c, 14c (n-6)</b>	0,24	0,23	0,27	0,00	0,27	0,21	0,25	0,24	0,12	0,29
<b>C 20:3 (n-6)</b>	0,11	0,16	0,16	0,00	0,15	0,25	0,15	0,16	0,08	0,16
<b>C 20:3 (n-3)</b>	0,10	0,11	0,15	0,00	0,16	0,21	0,07	0,13	3,47	0,13
<b>C 20:4 (n-6)</b>	1,33	1,83	2,30	0,00	1,23	3,46	1,60	1,66	6,48	2,22
<b>C 20:4 (n-3)</b>	0,83	0,85	1,07	0,00	1,00	1,47	0,86	0,99	0,74	0,88
<b>C 20:5 (n-3) EPA</b>	18,40	18,54	18,29	0,00	18,45	37,38	19,48	18,61	8,62	21,46
<b>C 22:4 (n-6)</b>	0,41	0,51	0,60	0,00	0,61	1,16	0,51	0,56	0,52	0,93
<b>C 22:5 (n-6)</b>	0,40	0,60	0,39	0,00	0,43	1,07	0,44	0,40	0,29	0,50
<b>C 22:5 (n-3)</b>	2,05	2,24	1,99	0,00	2,42	6,79	2,41	2,00	1,25	3,12

<b>C 22:6 (n-3) DHA</b>	11,71	11,03	10,89	0,00	11,46	22,57	12,42	11,59	10,91	13,26
<b>Ostatní MK (%)</b>	0,04	0,05	0,05	0,10	0,04	0,00	0,04	0,04	0,68	0,30

stopy = méně než 0,01 %

<b>Mastné kyseliny</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
<b>Nasycené MK (%)</b>										
<b>C 8:0</b>	0,68	0,31	0,19	0,01	0,36	0,23	0,19	0,20	0,28	0,03
<b>C 10:0</b>	0,42	0,19	0,09	0,01	0,24	0,14	0,07	0,15	0,18	0,01
<b>C 12:0</b>	0,06	0,11	0,06	0,19	0,05	0,12	0,14	0,11	0,11	0,10
<b>C 14:0</b>	1,86	6,95	0,49	8,52	2,46	7,79	6,70	7,71	7,01	7,54
<b>C 15:0</b>	0,32	0,61	0,04	0,49	0,67	0,61	0,58	0,52	0,56	0,62
<b>C 16:0</b>	14,56	16,06	19,13	17,36	12,63	16,42	16,42	16,85	16,12	16,13
<b>C 17:0</b>	0,23	0,50	0,19	0,35	0,68	0,48	0,48	0,38	0,43	0,46
<b>C 18:0</b>	1,76	3,53	4,12	3,29	10,86	3,43	3,32	3,31	3,26	3,33
<b>C 20:0</b>	0,00	0,00	0,59	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>C 22:0</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Nenasycené MK (%)</b>										
<b>C 14:1 (n-5)</b>	0,25	0,05	0,00	0,04	0,05	0,06	0,04	0,06	0,05	0,05
<b>C 16:1 (n-9)</b>	0,44	0,35	0,02	0,44	0,19	0,35	0,27	0,38	0,36	0,36
<b>C 16:1 (n-7)</b>	5,83	8,62	0,28	9,10	2,64	9,34	8,81	8,61	8,17	8,99
<b>C 16:1 (n-5)</b>	0,22	0,38	0,06	0,27	0,40	0,44	0,25	0,41	0,39	0,35
<b>C 16:2 (n-4)</b>	0,00	1,18	0,00	1,30	0,00	1,32	1,08	1,32	1,20	1,18
<b>C 16:3 (n-4)</b>	0,00	1,21	0,00	1,50	0,00	1,45	1,31	1,61	1,45	1,38
<b>C 16:4 (n-4)</b>	0,00	2,35	0,00	2,63	0,00	2,37	2,07	2,49	2,50	2,63
<b>C 18:1 směs trans</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>C 18:1 (n-9)</b>	30,83	8,82	16,79	10,31	8,43	9,11	9,29	10,62	9,95	9,17
<b>C 18:1 (n-7)</b>	3,93	3,42	0,99	3,22	1,38	3,42	2,95	3,00	3,10	3,39
<b>C 18:1 c isomery</b>	0,25	0,14	0,07	0,10	0,16	0,14	0,18	0,14	0,15	0,16
<b>C 18:2 (n-6) trans isomer</b>	0,07	0,22	0,28	0,17	0,25	0,19	0,22	0,18	0,22	0,28
<b>C 18:2 cis &amp; trans</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>C 18:2 (n-6) LA</b>	0,92	1,37	4,55	1,94	1,17	1,31	1,47	1,20	1,54	1,13
<b>C 18:3 cis &amp; trans</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>C 18:3 (n-6) GLA</b>	0,03	0,30	0,04	0,25	0,15	0,29	0,15	0,24	0,25	0,24
<b>C 18:3 (n-3) ALA</b>	1,70	1,05	0,78	0,81	0,68	0,87	1,13	0,73	1,08	0,76
<b>C 18:4 (n-3)</b>	0,37	3,24	0,32	3,08	1,10	2,92	4,22	2,73	3,36	2,79
<b>C 20:1 (n-9)</b>	10,65	1,13	0,99	1,48	1,33	1,00	1,54	0,92	0,98	0,72
<b>C 20:2 Δ8c, 14c (n-6)</b>	0,01	0,04	0,01	0,03	0,00	0,02	0,05	0,03	0,03	0,03
<b>C 20:2 Δ11c, 14c (n-6)</b>	0,02	0,23	0,01	0,35	0,01	0,23	0,27	0,25	0,29	0,25
<b>C 20:3 (n-6)</b>	0,06	0,14	0,09	0,30	0,23	0,13	0,14	0,11	0,14	0,14
<b>C 20:3 (n-3)</b>	6,53	0,94	0,41	0,47	0,58	0,81	1,58	0,98	0,91	0,83
<b>C 20:4 (n-6)</b>	4,23	0,74	2,08	1,37	2,84	0,98	0,47	0,88	0,58	0,81
<b>C 20:4 (n-3)</b>	0,36	0,96	0,42	1,03	0,35	0,86	1,07	0,71	0,84	0,84
<b>C 20:5 (n-3) EPA</b>	1,12	19,26	5,91	19,07	6,30	18,69	18,96	19,00	18,67	19,29
<b>C 22:4 (n-6)</b>	2,71	0,61	1,23	0,53	1,04	0,51	0,57	0,46	0,83	0,52
<b>C 22:5 (n-6)</b>	0,26	0,44	2,96	0,32	2,35	0,39	0,38	0,37	0,40	0,46
<b>C 22:5 (n-3)</b>	1,35	2,40	1,67	2,33	1,73	2,29	1,87	2,21	2,32	2,58
<b>C 22:6 (n-3) DHA</b>	4,80	11,94	35,00	7,29	38,62	11,11	11,49	10,98	12,07	12,22
<b>Ostatní MK (%)</b>	3,18	0,24	0,17	0,08	0,13	0,22	0,30	0,18	0,24	0,23



**Tabulka 12: Zastoupení skupin mastných kyselin**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Nasycené MK (%)	30,32	28,80	29,62	74,56	29,25	7,55	27,22	28,65	18,69	23,29
Nenasycené MK (%)	69,68	71,20	70,38	25,39	70,75	92,45	72,78	71,35	81,32	76,71
Poměr nenas. ku nas. MK	2,30	2,47	2,38	0,34	2,42	12,24	2,67	2,49	4,35	3,29
Monoenové MK (%)	22,23	24,17	23,19	5,51	24,19	13,01	23,42	23,84	42,63	23,40
Polynenové MK (%)	47,44	47,03	47,20	19,88	46,56	79,44	49,36	47,51	38,69	53,31
Trans isomery MK (%)	0,19	0,13	0,21	0,08	0,18	0,13	0,48	0,21	0,04	0,14
n-6 MK (%)	4,27	5,14	5,42	5,08	4,50	7,39	4,83	4,85	9,07	5,78
n-3 MK (%)	37,67	36,55	37,27	14,72	37,71	71,19	39,20	38,06	28,67	42,28
Poměr MK n-6/n-3	0,11	0,14	0,15	0,34	0,12	0,10	0,12	0,13	0,32	0,14
Součet EPA a DHA (%)	30,12	29,56	29,18	0,00	29,91	59,95	31,89	30,21	19,53	34,71

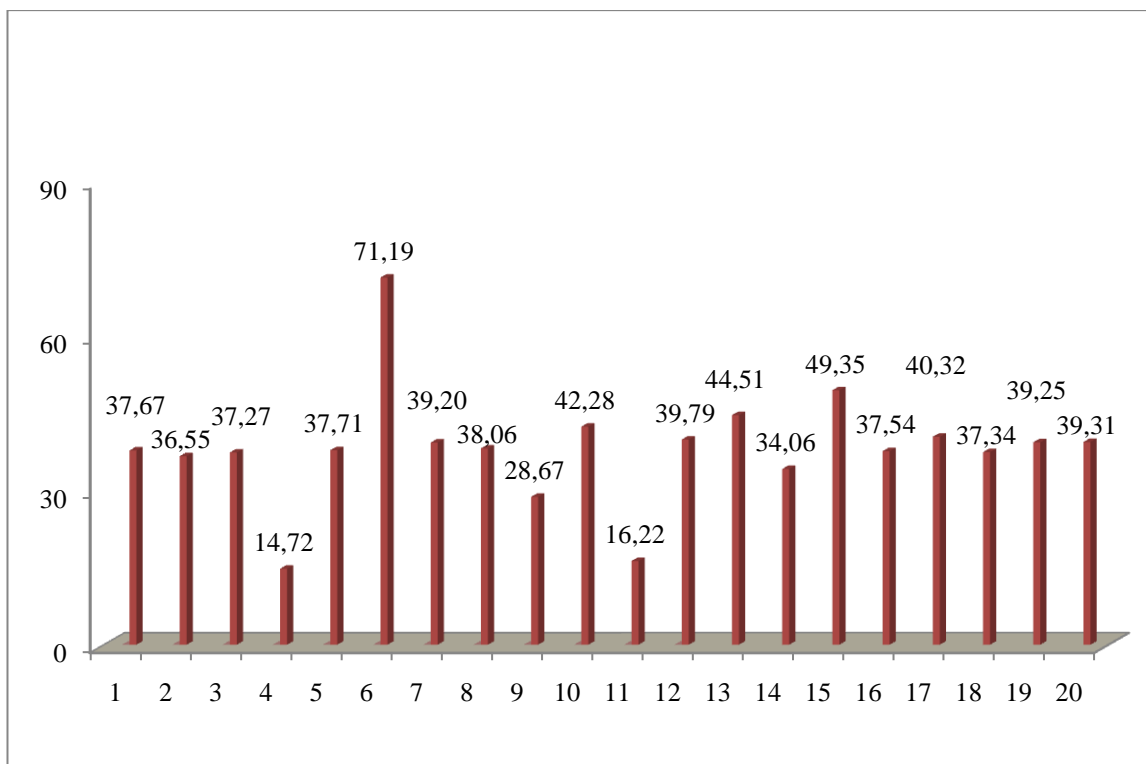
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Nasycené MK (%)	19,89	28,29	24,90	30,24	27,95	29,25	27,94	29,26	27,99	28,26
Nenasycené MK (%)	80,12	71,71	75,11	69,76	72,05	70,75	72,07	70,74	72,02	71,74
Poměr nenas. ku nas. MK	4,03	2,53	3,02	2,31	2,58	2,42	2,58	2,42	2,57	2,54
Monoenové MK (%)	55,58	23,10	19,36	25,00	14,68	24,03	23,57	24,27	23,35	23,37
Polynenové MK (%)	24,53	48,61	55,74	44,76	57,38	46,72	48,49	46,47	48,67	48,37
Trans isomery MK (%)	0,07	0,22	0,28	0,17	0,25	0,19	0,22	0,18	0,22	0,28
n-6 MK (%)	8,32	4,08	11,23	5,27	8,03	4,04	3,72	3,71	4,28	3,87
n-3 MK (%)	16,22	39,79	44,51	34,06	49,35	37,54	40,32	37,34	39,25	39,31
Poměr MK n-6/n-3	0,51	0,10	0,25	0,15	0,16	0,11	0,09	0,10	0,11	0,10
Součet EPA a DHA (%)	5,91	31,21	40,91	26,36	44,92	29,79	30,44	29,98	30,74	31,52

**Tabulka 13: Obsah EPA a DHA v jedné kapsli (mg)**

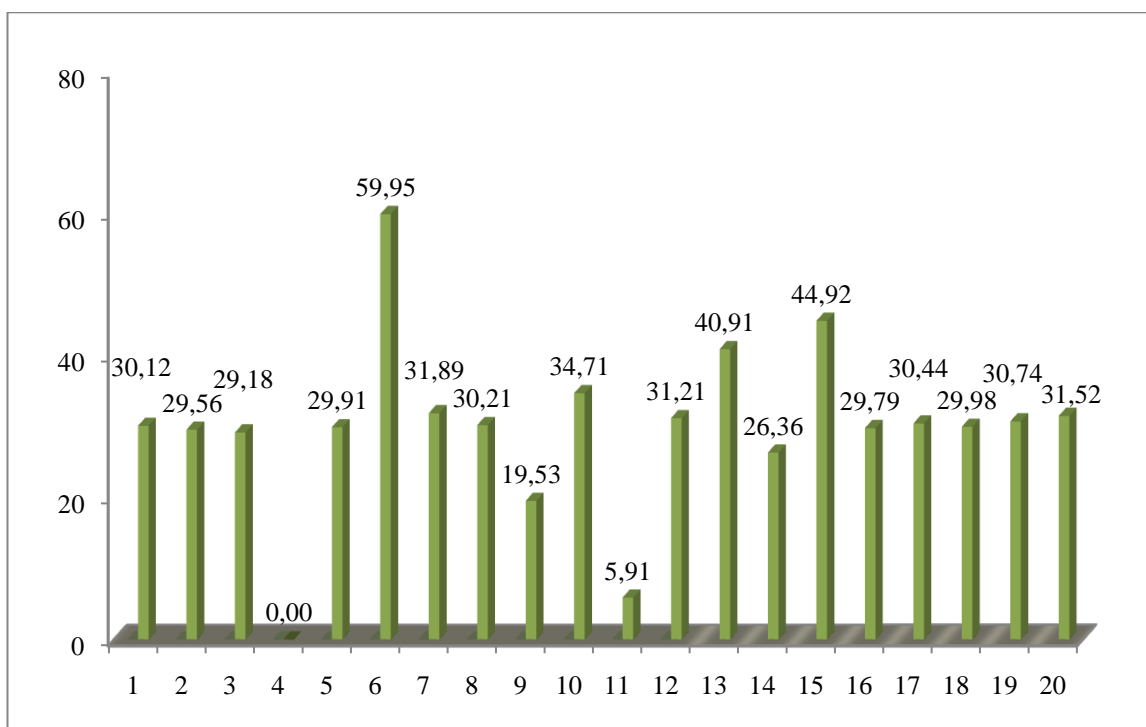
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
EPA + DHA (%)	30,12	29,56	29,18	00,00	29,91	59,95	31,89	30,21	19,53	34,71
Obsah tuku v jedné tobolce (mg)	500	1000	1000	1600	500	500	1000	1000	430	500
EPA + DHA (mg)	150,6	295,6	291,8	0	149,5	299,7	318,9	302,1	83,9	173,5

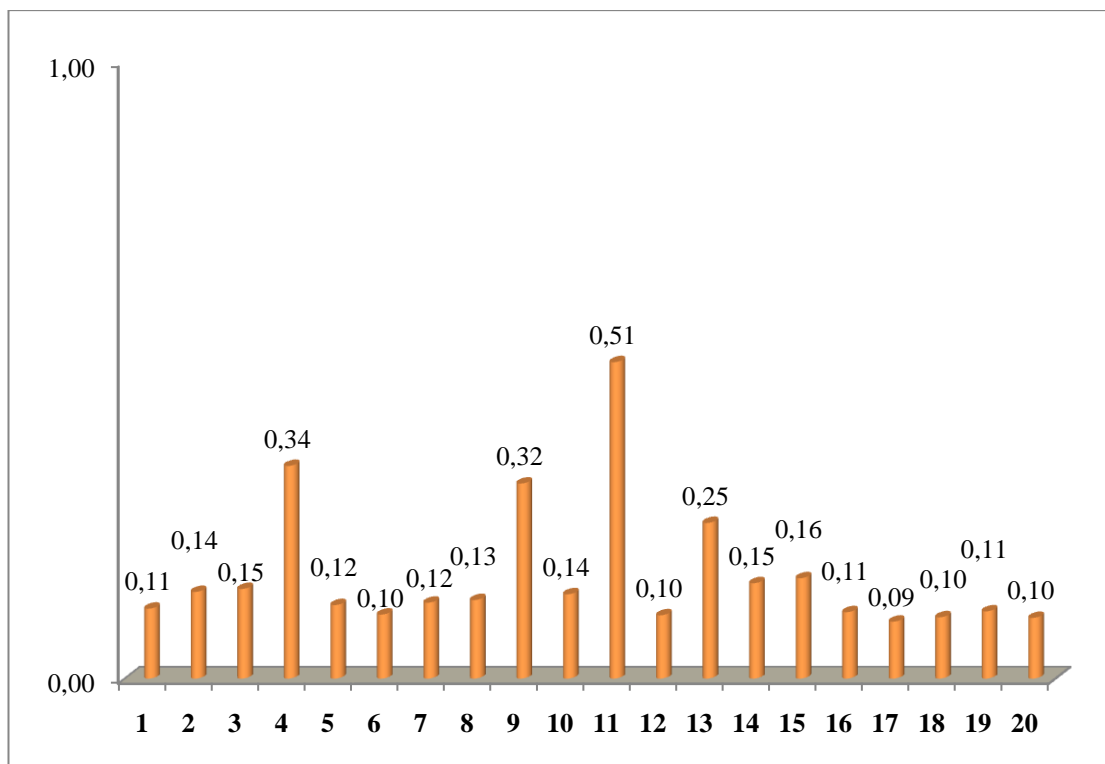
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
EPA + DHA (%)	5,91	31,21	40,91	26,36	44,92	29,79	30,44	29,98	30,74	31,52
Obsah tuku v jedné tobolce (mg)	250	650	200	70	250	1000	1000	500	500	1000
EPA + DHA (mg)	14,7	202,8	81,8	18,4	112,3	297,9	304,4	149,9	153,7	315,2



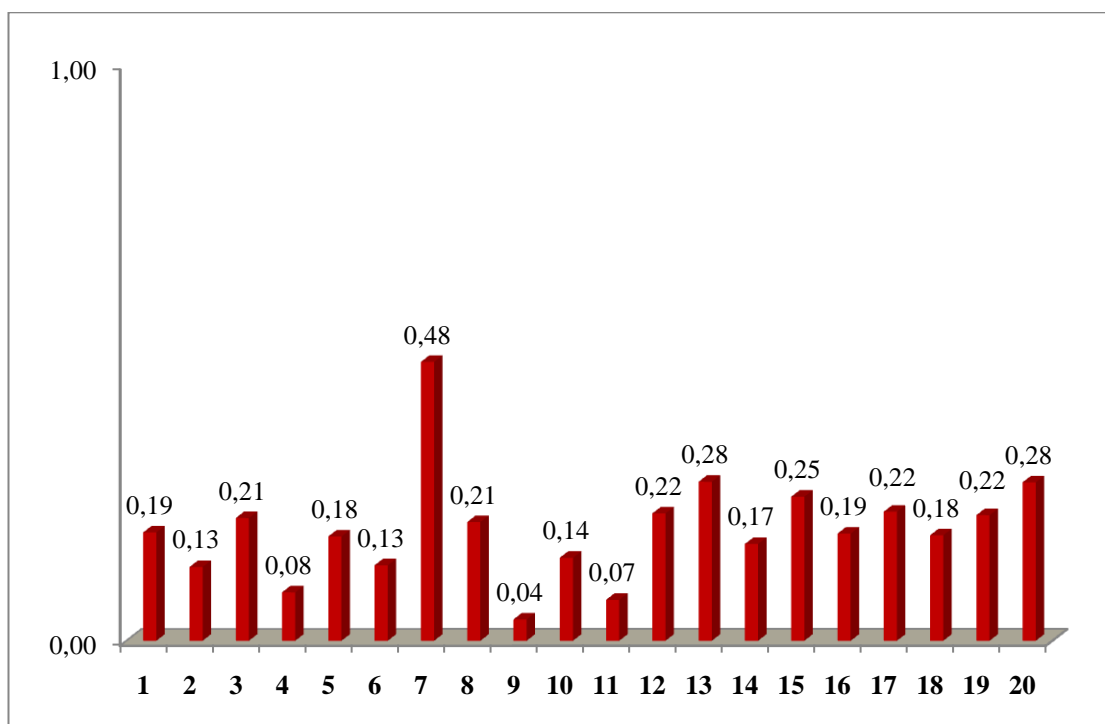
**Obrázek 8: Obsah mastných kyselin řady n-3 (% z celkového obsahu mastných kyselin)**



**Obrázek 9: Obsah mastných kyselin EPA a DHA (% z celkového obsahu mastných kyselin)**



**Obrázek 10: Poměr mastných kyselin řady n-6/n-3**



**Obrázek 11: Obsah trans isomerů mastných kyselin (% z celkového obsahu mastných kyselin)**

## 4 ZÁVĚR

Kvalita tuků v potravinách je z pohledu zdravotního závislá především na zastoupení MK. Současná výživová doporučení směřují ke snižování obsahu nasycených a *trans*-nenasycených MK, a to především pro jejich negativní vliv na hladinu LDL cholesterolu. Naopak příznivě je hodnocen příjem polyenových MK, při zachování poměru řad n-6 ku n-3 do hodnoty 5:1 a při zachování celkového příjmu energie z tuků v rozmezí 20 - 35 %. Významných zdrojů MK řady n-3 není mnoho, z rostlinných olejů je to především řepkový, lněný či sojový olej obsahující linolenovou kyselinu. Nejbohatším zdrojem vysoce nenasycených mastných kyselin řady n-3 jsou tučné mořské ryby žijící v chladných vodách. Alternativním zdrojem mohou být doplňky stravy s obsahem těchto látek.

Vysoce nenasyčené MK řady n-3, zvláště timnodonová kyselina (eikosapentaenová, EPA) a cervonová kyselina (dokosaheptaenová, DHA), jsou velmi ceněné pro své příznivé účinky na zdraví člověka, kdy prokazatelně:

1. snižují hladinu LDL cholesterolu a zvyšují HDL cholesterol
2. působí na snížení sérových hladin TAG
3. pozitivně působí na kardiovaskulární systém a snižují rizika srdečních onemocnění
4. snižují riziko vzniku karcinomu prsu
5. významně ovlivňují hypertenzi, hypercholesterolemii, ulcerózní kolitidu a revmatoidní artritidu
6. protizánětlivý účinek při léčbě některých kožních (např. autoimunitních) onemocněních
7. jsou nezastupitelné při zajištění normálních funkcí neuronů, mají vliv na strukturu sítnice, proces vidění, kvalitu učení a paměti
8. zlepšují mentální vývoj předčasně narozených dětí.

Experimentální část této práce byla proto zaměřena na kvalitu doplňků stravy deklarovaných jako zdroj n-3 MK. Testované vzorky 20 výrobků s deklarovaným obsahem n-3 mastných kyselin ve většině případů (18) pocházely z rybího tuku, nejčastěji z lososů, makrel a sardinek. Zdrojem oleje ve vzorku 11 byl žralok, stejně tak jako v případě vzorku 10, ve kterém byla část tuku ze žraločích jater, a v případě vzorku 9 to byl olej z tresčích jater. Vzorek 4 byl vyroben z lněného oleje, ve vzorku 13 tvořil základ kromě rybího oleje ještě olej rostlinný.

Sledované parametry ve vzorcích se pohybovaly v širokém rozmezí hodnot. Výsledky lze shrnout do několika bodů:

1. celkový obsah n-3 mastných kyselin:
  - vysoký obsah (nad 45 %) u 2 vzorků
  - nízký obsah (pod 17 %) u 2 vzorků
2. obsah EPA a DHA:
  - vysoký obsah (nad 50 %) u 1 vzorku
  - nízký obsah (pod 6 %) u 2 vzorků
3. poměr mastných kyselin řad n-6/n-3:
  - vhodné zastoupení mastných kyselin (hodnota nižší než 0,3) u 17 vzorků
  - velmi dobré zastoupení mastných kyselin (hodnota poměru rovna 0,1 a méně) u 5 vzorků
4. obsah *trans* mastných kyselin:
  - u všech vzorků zanedbatelný (s ohledem na množství tuku v doplňcích stravy).

Kvalita výrobků posuzovaná obsahem dvou nejvýznamnějších vysoce nenasycených mastných kyselin řady n-3, timnodonové (eikosapentaenové, EPA) a cervonové (dokosahexaenové, DHA), byla v rámci celku značně rozdílná. Doporučený příjem EPA a DHA, v rozmezí 300 - 500 mg/den pro dospělé a 150 - 200 mg/den pro děti, při dodržení dávkování udaného výrobcem není dosažen u 6 výrobků z celkových 20. V případě dvou vzorků byl tento obsah extrémně nízký (5,9 % ve vzorku 11 a 0 % ve vzorku 4, jehož základem byl lněný olej). Pro uživatele komfortnější příjem jen jedné kapsle za den, které je dosaženo použitím koncentrátů mastných kyselin řady n-3 namísto neupraveného rybího tuku, stačí pro pokrytí doporučeného denního příjmu u 8 vzorků.

## LITERATURA

1. BOU, Ricard; GUARDIOLA, Francesc; CODONI, Rafael. Enrichment of meats and eggs in n-3 PUFA through dietary manipulation: quality and safety drawbacks. *MISP* [online]. 27. října 2010, 2011, [cit. 2011-03-16]. Dostupný z WWW: <http://www.foodsciencecentral.com/fsc/ixid16014>
2. ČARŇANSKÝ, Ondřej. Je zdravější omega, bio, či obyčejné vejce?. *MF DNES* [online]. 14. 3. 2008, č. 3, [cit. 2011-03-26]. Dostupný z WWW: [http://ekonomika.idnes.cz/je-zdravejsi-omega-bio-ci-obycejne-vejce-fct-/test.aspx?c=A080314\\_934454\\_test\\_kam](http://ekonomika.idnes.cz/je-zdravejsi-omega-bio-ci-obycejne-vejce-fct-/test.aspx?c=A080314_934454_test_kam)
3. DOSTÁLOVÁ, Jana, et al. *Vyzivaspol.cz* [online]. 2006/1 [cit. 2011-03-13]. Společnost pro výživu. Dostupné z WWW: <http://www.vyzivaspol.cz/rubrika-dokumenty/zdrava-trinactka-strucna-vyzivova-doporuceni.html>
4. EFSA Journal 2010, 8 (3): [cit. 2011-03-17]. Dostupný z WWW: <http://www.google.cz/translate?u=http%3a%2f%2fwww.efsa.europa.eu%2fen%2fefsajournal%2fpub%2f1461.htm&langpair=en%7Ccs&hl=cs&ie=UTF8>
5. *EFSA Journal* [online]. 2010, 8 (5), [cit. 2011-03-19]. Dostupný z WWW: <http://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/doc/1507.pdf>
6. *Hc-sc.gc.ca* [online]. Kanada: 2010-07-07 [cit. 2011-03-13]. Dostupné z WWW: <http://www.hc-sc.gc.ca/fn-an/food-guide-aliment/maintain-adopt/limit-eng.php>.
7. Her Majesty the Queen in Right of Canada; Represented by the Minister of Health Canada. *Hc-sc.gc.ca* [online]. 2007 [cit. 2011-03-13]. Health Canada. Dostupné z WWW: [http://www.hc-sc.gc.ca/fn-an/alt\\_formats/hpfb-dgpsa/pdf/food-guide-aliment/print\\_eatwell\\_bienmang-eng.pdf](http://www.hc-sc.gc.ca/fn-an/alt_formats/hpfb-dgpsa/pdf/food-guide-aliment/print_eatwell_bienmang-eng.pdf). ISBN 0-662-44467-1
8. MOUREK, Jindřich, et al. *Mastné kyseliny omega-3*. 2. rozšířené vydání. Praha: Triton, 2009
9. NAVRÁTILOVÁ, Miroslava; ČEŠKOVÁ, Eva; SOBOTKA, Luboš. *Klinická výživa v psychiatrii*. Praha: MAXDORF s. r. o., nakladatelství odborné literatury, 2000
10. OPLETAL, Lubomír. *Přírodní látky a jejich biologická aktivita*. Vydání první. Praha: Karolinum, 2010
11. PÁNEK, Jan, et al. *Základy výživy*. Vyd. 1. Praha: Svoboda Servis, 2002

12. *Portal.gov.cz* [online]. 2003 [cit. 2011-03-31]. Dostupné z WWW:  
[http://portal.gov.cz/wps/portal/\\_s.155/701/.cmd/ad/.c/313/.ce/10821/.p/8411/\\_s.155/701?PC\\_8411\\_number1=225/2008&PC\\_8411\\_p=3&PC\\_8411\\_l=225/2008&PC\\_8411\\_ps=10#10821](http://portal.gov.cz/wps/portal/_s.155/701/.cmd/ad/.c/313/.ce/10821/.p/8411/_s.155/701?PC_8411_number1=225/2008&PC_8411_p=3&PC_8411_l=225/2008&PC_8411_ps=10#10821)
13. SOFROVÁ, Danuše, et al. *Biochemie Základní kurz*. Praha: Karolinum, 2005
14. ŠTERN, Petr, et al. *Obecná a klinická biochemie*. Praha: Karolinum, Praha 1, Ovocný trh 3, 2007
15. VELÍŠEK, Jan. *Chemie potravin*. Vydání 1, Tábor: OSSIS, 1999

## SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

AA	arachidonová kyselina
ALA	$\alpha$ -linolenová kyselina
C 8:0	kaprylová kyselina
C 10:0	kaprinová kyselina
C 11:0	undekanová kyselina
C 12:0	laurová kyselina
C 13:0	tridekanová kyselina
C 14:0	myristová kyselina
C 15:0	pentadekanová kyselina
C 16:0	palmitová kyselina
C 17:0	heptadekanová kyselina
C 18:0	stearová kyselina
C 20:0	arachová kyselina
C 22:0	behenová kyselina
C 14:1 (n-5)	myristoolejová kys., C 14:1 $\Delta^9$ <i>cis</i>
C 16:1 (n-5)	hexadecenová kys., C 16:1 $\Delta^{11}$ <i>cis</i>
C 16:1 (n-7)	palmitoolejová kys., C 16:1 $\Delta^9$ <i>cis</i>
C 16:1 (n-9)	hexadecenová kys., C 16:1 $\Delta^7$ <i>cis</i>
C 16:2 (n-4)	hexadekadienová kys., C 16:2 $\Delta^9, 12$ - <i>all cis</i>
C 16:3 (n-4)	hexadekatrienová kys., C 16:3 $\Delta^6, 9, 12$ - <i>all cis</i>
C 16:4 (n-4)	hexadekatetraenová kys., C 16:4 $\Delta^3, 6, 9, 12$ - <i>all cis</i>
C 17:1 (n-7)	heptadecenová kys., C 17:1 $\Delta^{10}$ <i>cis</i>
C 18:1 <i>cis</i> isomery	<i>cis</i> isomery oktadecenové kyseliny
C 18:1 <i>trans</i> isomery	<i>trans</i> isomery oktadecenové kyseliny
C 18:1 (n-7)	asklepová kys., C 18:1 $\Delta^{11}$ <i>cis</i>
C 18:1 (n-9)	olejová kys., C 18:1 $\Delta^9$ <i>cis</i>
C 18:2 <i>cis</i> & <i>trans</i>	<i>cis</i> a <i>trans</i> isomery oktadekadienové kyseliny
C 18:2 (n-6)	linolová kys., C 18:2 $\Delta^9, 12$ - <i>all cis</i> , LA
C 18:2 (n-6) <i>trans</i>	oktadekadienová kys., C 18:2 $\Delta^9, 12$ - <i>all trans</i>
C 18:3 <i>cis</i> & <i>trans</i>	<i>cis</i> a <i>trans</i> isomery oktadekatrienové kyseliny
C 18:3 (n-3)	$\alpha$ -linolenová kys., C 18:3 $\Delta^9, 12, 15$ - <i>all cis</i> , ALA
C 18:3 (n-6)	$\gamma$ -linolenová kys., C 18:3 $\Delta^6, 9, 12$ - <i>all cis</i> , GLA
C 18:4 (n-3)	stearidonová kys., C 18:4 $\Delta^6, 9, 12, 15$ - <i>all cis</i>
C 20:1 (n-9)	ikosenová kys., C 20:1 $\Delta^{11}$ <i>cis</i>
C 20:2 $\Delta^{8c}, 14c$ (n-6)	ikosadienová kys., C 20:2 $\Delta^8, 14$ - <i>all cis</i>
C 20:2 $\Delta^{11c}, 14c$ (n-6)	ikosadienová kys., C 20:2 $\Delta^{11}, 14$ - <i>all cis</i>
C 20:3 (n-3)	ikosatrienová kys., C 20:3 $\Delta^{11}, 14, 17$ - <i>all cis</i>
C 20:3 (n-6)	ikosatrienová kys., C 20:3 $\Delta^8, 11, 14$ - <i>all cis</i>
C 20:4 (n-3)	ikosatetraenová kys., C 20:4 $\Delta^8, 11, 14, 17$ - <i>all cis</i>
C 20:4 (n-6)	arachidonová kys., C 20:4 $\Delta^5, 8, 11, 14$ - <i>all cis</i> , AA
C 20:5 (n-3)	timnodonová kys., C 20:5 $\Delta^5, 8, 11, 14, 17$ - <i>all cis</i> , EPA
C 22:4 (n-6)	dokosatetraenová kys., C 22:4 $\Delta^7, 10, 13, 16$ - <i>all cis</i>



C 22:5 (n-3)	klupadonová kys., C 22:5 $\Delta$ 7, 10, 13, 16, 19- <i>all cis</i> , DPA
C 22:5 (n-6)	dokosapentaenová kys., C 22:5 $\Delta$ 4, 7, 10, 13, 16- <i>all cis</i>
C 22:6 (n-3)	cervonová kys., C 22:6 $\Delta$ 4, 7, 10, 13, 16, 19- <i>all cis</i> , DHA
DHA	cervonová kyselina
EPA	timnodonová kyselina
GLA	$\gamma$ -linolenová kyselina
LA	linolová kys.
PUFA	polyenové mastné kyseliny (polyunsaturated fatty acids)
MK	mastná kys.
MUFA	monoenuové mastné kyseliny (monounsaturated fatty acids)
SFA	nasycené mastné kyseliny (saturated fatty acids)
TFA	<i>trans</i> -mastné kys. (trans-fatty acids)
AFSSA	the French Food Safety Agency
ROS	reaktivní kyslíkaté látky
DM2	diabetes mellitus 2.typu
TAG	triacylglycerol
CCK	cholecystokinin
GLP-1	hormon GLP-1 (tzv. glucagon-like peptid 1) působí tak, že navozuje pocit sytosti, zpomaluje vyprazdňování žaludku, a tím zlepšuje schopnost těla zpracovat vstřebaný cukr. Zvyšuje také citlivost $\beta$ -buněk na stimulaci vysokou hladinou cukru v krvi

## PŘÍLOHY

Analyzované vzorky jsou dokumentovány v příloze A. Podrobný popis vzorků je uveden v kapitole 2.3.

### **Příloha A: Fotopříloha analyzovaných vzorků**

			
Vzorek č. 1	Vzorek č. 2	Vzorek č. 3	Vzorek č. 4
			
Vzorek č. 5	Vzorek č. 6	Vzorek č. 7	Vzorek č. 8
			
Vzorek č. 9	Vzorek č. 10	Vzorek č. 11	Vzorek č. 12
			
Vzorek č. 13	Vzorek č. 14	Vzorek č. 15	Vzorek č. 16

			
Vzorek č. 17	Vzorek č. 18	Vzorek č. 19	Vzorek č. 20

## **Konečné znění Výživových doporučení pro obyvatelstvo ČR**

Ve většině průmyslově vyspělých zemích jsou již po desetiletí vydávána výživová doporučení pro obyvatelstvo, která jsou průběžně inovována.

V České republice vydalo první výživová doporučení pod názvem „Směry výživy obyvatelstva ČSR“ předsednictvo Společnosti pro racionální výživu (v současné době fungující pod názvem Společnost pro výživu) v roce 1986 a v roce 1989 jejich inovovanou formu. V roce 1994 byla Radou výživy Ministerstva zdravotnictví České republiky vypracována doporučení o výživě zdravého obyvatelstva „Jezte zdravě, žijte zdravě“. Od té doby další inovace uskutečněna nebyla.

Společnost pro výživu nyní předkládá inovovaná výživová doporučení pro obyvatelstvo České republiky. Jedná se o dokument ve formě určené pro pracovníky, kteří se zabývají prevencí neinfekčních onemocnění hromadného výskytu výživou a propagací správných stravovacích návyků. Následně budou tato výživová doporučení zpracována do formy vhodné pro nejširší veřejnost.

### **Výživová doporučení pro obyvatelstvo České republiky**

V současné době přetrvává v České republice vysoký, v řadě případů předčasný, výskyt neinfekčních onemocnění hromadného výskytu, a to zejména aterosklerózy s různými orgánovými komplikacemi, hypertenze, nádorů, především plic a tlustého střeva, obezity, diabetu II. typu, dny, osteoporózy a dalších chorob, které zvyšují nemocnost a zejména pak úmrtnost naší populace proti jiným zemím. V řadě příčin, které vedou k tomuto stavu, má největší význam nesprávná výživa.

**V nutričních parametrech by mělo být, v souladu s výživovými cíli pro Evropu, které stanovil Regionální úřad pro Evropu WHO, dosaženo následujících změn:**

- upravení příjmu celkové energetické dávky u jednotlivých populačních skupin v souvislosti s pohybovým režimem tak, aby bylo dosaženo rovnováhy mezi jejím příjmem a výdejem pro udržení optimální tělesné hmotnosti v rozmezí BMI 20-25
- snížení příjmu tuku u dospělé populace tak, aby celkový podíl tuku v

energetickém příjmu nepřekročil 30 % optimální energetické hodnoty (tzn. u lehce pracujících dospělých cca 70 g na den), u vyššího energetického výdeje 35 %

- dosažení podílu nasycených, monoenoových a polyenoových mastných kyselin <1:1,4:>0,6 v celkové dávce tuku, poměru mastných kyselin řady n-6:n-3 maximálně 5:1 a příjmu *trans* nenasycených mastných kyselin do 2 % celkového energetického příjmu
- snížení příjmu cholesterolu na max. 300 mg za den (s optimem 100 mg na 1000 kcal)
- snížení spotřeby jednoduchých cukrů na maximálně 10 % celkové energetické dávky (tzn. u dospělých lehce pracujících cca 60 g na den), při zvýšení podílu polysacharidů
- snížení spotřeby kuchyňské soli (NaCl) na 5–7 g za den a preferenci používání soli obohacené jodem
- zvýšení příjmu kyseliny askorbové (vitaminu C) na 100 mg denně
- zvýšení příjmu vlákniny na 30 g za den
- zvýšení příjmu dalších ochranných látek jak minerálních, tak vitaminové povahy a dalších přírodních nutrientů, které by zajistily odpovídající antioxidační aktivitu a další ochranné procesy v organismu (zejména Zn, Se, Ca, J, Cr, karotenů, vitaminu E, ochranných látek obsažených v zelenině, apod.).

**K dosažení těchto cílů by mělo dojít ve spotřebě potravin k následujícím změnám:**

- snížení příjmu živočišných tuků a zvýšení podílu rostlinných olejů v celkové dávce tuku, z nich pak zejména oleje olivového a řepkového, pokud možno bez tepelné úpravy pro zajištění optimálního složení mastných kyselin přijímaného tuku
- zvýšení spotřeby zeleniny a ovoce včetně ořechů (vzhledem k vysokému obsahu tuku musí být příjem ořechů v souladu s příjmem ostatních zdrojů tuku, aby nedošlo k překročení celkového příjmu tuku) se zřetelem k přívodu ochranných látek, významných v prevenci nádorových i kardiovaskulárních onemocnění, ale též ve vztahu ke snižování přívodu energie a zvýšení obsahu vlákniny ve stravě. Denní příjem zeleniny a ovoce by měl dosahovat až 600 g, včetně zeleniny tepelně upravené, přičemž poměr zeleniny a ovoce by měl být cca 2:1

- zvýšení spotřeby luštěnin jako bohatého zdroje kvalitních rostlinných bílkovin s nízkým obsahem tuku, nízkým glykemickým indexem a vysokým obsahem ochranných látek
- zvýšení spotřeby výrobků z obilovin s vyšším podílem složek celého zrna z důvodů snížení příjmu energie a zvýšení příjmu ochranných látek
- výrazné zvýšení spotřeby ryb a rybích výrobků, zejména mořských, se zřetelem k významnému postavení této potravinové komodity v intervenčních nutričních opatřeních v prevenci kardiovaskulárních chorob a chorob z nedostatku jodu
- snížení spotřeby živočišných potravin s vysokým podílem tuku (např. vepřový bok, plnotučné mléko a mléčné výrobky s vysokým obsahem tuku, uzeniny, lahůdkářské výrobky, některé cukrářské výrobky, trvanlivé a jemné pečivo apod.)
- snížení spotřeby vajec na cca 200 kusů ročně, tj. nejvýše 4 kusy týdně
- zajištění správného pitného režimu, zejména u dětí a starých osob, tzn. denní příjem minimálně 1,5 až 2 litrů vhodných druhů nápojů (při zvýšené fyzické námaze nebo zvýšené teplotě okolí přiměřeně více), přednostně neslazených cukrem, nejlépe s přirozenou ovocnou složkou.
- alkoholické nápoje je nutno konzumovat umírněně, aby denní příjem alkoholu nepřekročil u mužů 30 g (přibližně 300 ml vína nebo 0,8 l piva nebo 70 ml lihoviny), u žen 20 g (přibližně 200 ml vína nebo 0,5 l piva nebo 50 ml lihoviny)

**V kulinářské technologii je třeba se zaměřit:**

- na racionální přípravu stravy, zejména na snižování ztrát vitaminů a jiných ochranných látek. Preferovat vaření a dušení a zamezit tak zvýšenému příjmu toxických produktů vznikajících při smažení, pečení a grilování, zejména u potravin s vyšším podílem živočišných bílkovin (maso, ryby) a zvýšenému příjmu tuku ze smažených či fritovaných pokrmů
- na preferenci technologií s nižším množstvím přidaného tuku a volit vhodný druh tuku podle druhu technologického postupu
- na zachování dostatečného podílu syrové stravy, zejména zeleniny a ovoce
- na zvýšení spotřeby zeleninových salátů, zejména s přídavkem olivového nebo řepkového oleje a na rozšíření sortimentu zeleninových a luštěninových pokrmů
- na doplňování stravy vhodnými doplňky nebo obohacenými potravinami (např. používat sůl s jodem) při zjištění výrazného nedostatku některých nutričních

faktorů.

**V oblasti výroby potravin je třeba:**

- snížit obsah *trans* mastných kyselin v jedlých tucích i ve výrobcích, kde se jedlé tuky používají
- snížit obsah cukru v nápojích a některých potravinách např. v džemech, kompotech, ale i v některých druzích pečiva, cukrářských výrobcích a zmrzlině
- rozšířit sortiment výrobků z obilovin s vyšším podílem složek celého zrna
- udržet, eventuálně ještě rozšířit, nabídku mléčných výrobků s nízkým obsahem mléčného tuku, zejména zakysaných mléčných výrobků
- rozšířit nabídku zeleninových salátů, zejména čerstvých
- rozšířit nabídku luštěnin, zejména připravených pro rychlou kulinární úpravu
- rozšířit výběr potravin s nižším obsahem soli
- k výrobě potravin používat sůl s jodem
- zajistit odpovídající označování potravin se všemi informacemi, které jsou rozhodující pro spotřebitele k usměrňování jeho výživy.

**Základním požadavkem je samozřejmě dosažení všech parametrů zdravotní nezávadnosti potravin a pokrmů při zachování principů bezpečnosti potravin. Je nutno dodržovat správný stravovací režim:**

Jíst pravidelně - tři hlavní denní jídla s maximálním energetickým obsahem pro snídani 20 %, oběd 35 % a večeři 30 % a dopolední a odpolední svačinu s maximálně 5-10 energetickými % a pauzou přibližně 3 hodiny mezi jednotlivými denními jídly.

**Při tvorbě jídelníčku je třeba věnovat pozornost jak výběru potravin, tak jejich úpravě. Strava by měla být dostatečně pestrá a přiměřená věku, fyzickému zatížení a zdravotnímu stavu.**

*Za Společnost pro výživu předkládá autorský kolektiv: doc. Ing. Jana Dostálová, CSc., prof. MUDr. Stanislav Hrubý, DrSc. a MUDr. Bohumil Turek, CSc.*

*Ke konečné formulaci Výživových doporučení pro obyvatelstvo ČR přispěli svými připomínkami: Fórum zdravé výživy, MUDr. Lydie Ryšavá, PhD., doc. MUDr. Miroslav Stránský, prof. MUDr. Josef Šimek, DrSc. a MUDr. Vladimír Zikmund, CSc.*



*Znění Výživových doporučení pro obyvatelstvo ČR bylo projednáno a schváleno  
presidiem a správní radou Společnosti pro výživu*

*Praha, listopad 2004*

## Zdravá 13

1. Udržujte si přiměřenou stálou tělesnou hmotnost charakterizovanou BMI (18,5-25,0) kg/m<sup>2</sup> a obvodem pasu pod 94 cm u mužů a pod 80 cm u žen.
2. Denně se pohybujte alespoň 30 minut např. rychlou chůzí nebo cvičením.
3. Jezte pestrou stravu, rozdělenou do 4-5 denních jídel, nevynechávejte snídani.
4. Konzumujte dostatečné množství zeleniny (syrové i vařené) a ovoce, denně alespoň 500 g (zeleniny 2x více než ovoce), rozdělené do více porcí; občas konzumujte menší množství ořechů.
5. Jezte výrobky z obilovin (tmavý chléb a pečivo, nejlépe celozrnné, těstoviny, rýži) nebo brambory nejvýše 4x denně, nezapomínejte na luštěniny (alespoň 1 x týdně).
6. Jezte ryby a rybí výrobky alespoň 2x týdně.
7. Denně zařazujte mléko a mléčné výrobky, zejména zakysané; vybírejte si přednostně polotučné a nízkotučné.
8. Sledujte příjem tuku, omezte množství tuku jak ve skryté formě (tučné maso, tučné masné a mléčné výrobky, jemné a trvanlivé pečivo s vyšším obsahem tuku, chipsy, čokoládové výrobky), tak jako pomazánky na chléb a pečivo a při přípravě pokrmů. Pokud je to možné nahrazujte tuky živočišné rostlinnými oleji a tuky.
9. Snižujte příjem cukru, zejména ve formě slazených nápojů, sladkostí, kompotů a zmrzliny.
10. Omezujte příjem kuchyňské soli a potravin s vyšším obsahem soli (chipsy, solené tyčinky a ořechy, slané uzeniny a sýry), nepřisolujte hotové pokrmy.
11. Předcházejte nákazám a otravám z potravin správným zacházením s potravinami při nákupu, uskladnění a přípravě pokrmů; při tepelném zpracování dávejte přednost šetrným způsobům, omezte smažení a grilování.
12. Nezapomínejte na pitný režim, denně vypijte minimálně 1,5 l tekutin (voda, minerální vody, slabý čaj, ovocné čaje a šťávy, nejlépe neslazené).

13. Pokud pijete alkoholické nápoje, nepřekračujte denní příjem alkoholu 20 g (200 ml vína, 0,5l piva, 50 ml lihoviny).

# Univerzita Karlova v Praze, 1. lékařská fakulta

## Kateřinská 32, Praha 2

### Prohlášení zájemce o nahlédnutí

#### do závěrečné práce absolventa studijního programu

#### uskutečňovaného na 1. lékařské fakultě Univerzity Karlovy v Praze

Jsem si vědoma, že závěrečná práce je autorským dílem a že informace získané nahlédnutím do zpřístupněné závěrečné práce nemohou být použity k výdělečným účelům, ani nemohou být vydávány za studijní, vědeckou nebo jinou tvůrčí činnost jiné osoby než autora.

Byla jsem seznámena se skutečností, že si mohu pořizovat výpisy, opisy nebo kopie závěrečné práce, jsem však povinen/a s nimi nakládat jako s autorským dílem a zachovávat pravidla uvedená v předchozím odstavci.

<b>Příjmení, jméno (hůlkovým písmem)</b>	<b>Číslo dokladu totožnosti vypůjčitele (např. OP, cestovní pas)</b>	<b>Signatura závěrečné práce</b>	<b>Datum</b>	<b>Podpis</b>