

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra mikrobiologie, výživy a dietetiky



**Česká zemědělská
univerzita v Praze**

Tuky ve výživě člověka

Bakalářská práce

Autor práce: Lucie Jáchimová

Obor studia: Kvalita produkce

Vedoucí práce: doc Ing. Boris Hučko, CSc.

© 2020 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

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

V Praze dne 17. července 2020

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala svému vedoucímu práce panu doc. Ing. Borisi Hučkovi CSc. za odbornou pomoc, ochotu a trpělivost, kterou mi během zpracování bakalářské práce věnoval.

Tuky ve výživě člověka

Souhrn

Tato práce měla za cíl popsat tuky ve výživě lidí jak z pohledu pozitivního vlivu na lidský organismus, tak z pohledu negativního. V úvodu práce byly popsány nejdůležitější vlastnosti tuků a konzumace tuků v České republice. První část práce byla věnována chemickým vlastnostem tuků, jejich složení a výskytu. Dále jejich rozdělení dle skupenství na tuky tuhé, polotuhé a tekuté, dle původu na živočišné a rostlinné a v neposlední řadě dle struktury na homolipidy, heterolipidy a lipidy odvozené, kde jsou popsány důležité složky tuků, jako jsou acylglyceroly, cholesterol a lipoproteiny. Dalším tématem byly mastné kyseliny. Byly uvedeny nasycené mastné kyseliny, které by se měly konzumovat v přiměřeném množství, dále trans-nenasycené mastné kyseliny, které by bylo vhodné ze stravy zcela vyloučit. Poté byl popsán zdravotní benefit esenciálních mastných kyselin, hlavně z řady n-3 a n-6. Dále byly zmíněny lipofilní vitaminy A, D, E, K, které by se bez tuků ve stravě nedokázaly do organismu vstřebat. Jejich důležitost pro tělo, výskyt a doporučené denní množství. Následně byly uvedeny tuky vyskytující se v živočišných zdrojích, jako je maso, ryby a rybí tuk, vejce, mléko a mléčné výrobky a v rostlinných zdrojích, jako jsou oleje, skořápkové plody a avokádo. Poslední skupinou v této kategorii jsou smíšené tuky, mezi které se řadí například ztužený tuk, roztíratelný tuk, tuk emulgovaný a koncentrovaný. Zastoupení jednotlivých mastných kyselin, jejich zisk, úprava a uplatnění ve výživě. Následuje doporučení pro skladování tuků. Dalším krokem bylo rozčlenit tuky podle použití při přípravě pokrmů na tuky studené a teplé kuchyně. Práce pokračovala doporučeným příjmem tuků, cholesterolu, nasycených a jednotlivých nenasycených mastných kyselin. V závěru byly sepsány negativní vlastnosti tuků při jejich nesprávném příjmu, a s tím spojených civilizačních chorob, jako je obezita, hypertenze, hypercholesterolemie, ateroskleróza, kardiovaskulární onemocnění a rakovina. V úplném závěru práce bylo zmíněno doporučení pro dlouhodobé zdraví organismu člověka.

Klíčová slova: Tuky, energetická hodnota, potřeby příjmu, rizika vysokého příjmu, mastné kyseliny

Fats in human nutrition

Summary

The aim of this work was to describe fats in human nutrition both from the point of view of a positive effect on the human organism and from the point of view of a negative one. The most important properties of fats and fat consumption in the Czech Republic were described in the introduction. The first part of the work was devoted to the chemical properties of fats, their composition and occurrence. Furthermore, their division according to their state into solid, semi-solid and liquid fats, according to their origin into animal and vegetable fats and last but not least according to their structure into homolipids, heterolipids and lipids derived, where important fat components such as acylglycerols, cholesterol and lipoproteins are described. Another topic was fatty acids. Saturated fatty acids were mentioned, which should be consumed in adequate amounts, as well as trans-unsaturated fatty acids, which should be completely eliminated from the diet. Then, the beneficial effect of essential fatty acids, mainly from the n-3 and n-6 series, was described. Lipophilic vitamins A, D, E, K were also mentioned, which would not be able to be absorbed into the body without fats in the diet. Their importance for the body, incidence and recommended daily intake. Subsequently, fats found in animal sources such as meat, fish and fish oil, eggs, milk and dairy products, and in vegetable sources such as oils, nuts and avocados were reported. The last group in this category are mixed fats, which include, for example, hardened fat, spreadable fat, emulsified fat and concentrated fat. Representation of individual fatty acids, their gain, treatment and application in nutrition. The following are recommendations for storing fats. The next step was to break down the fats according to their use in the preparation of meals into cold and warm kitchen fats. The work continued with the recommended intake of fats, cholesterol, saturated and unsaturated fatty acids. In the end, the negative properties of fats due to their incorrect intake and associated diseases of civilization, such as obesity, hypertension, hypercholesterolemia, atherosclerosis, cardiovascular disease and cancer, were described. At the very end of the work, a recommendation for the long-term health of the human body was mentioned.

Keywords: Fats, energy value, income needs, high income risks, fatty acids

Obsah

1 Úvod	7
2 Cíl práce	8
3 Tuky	9
3.1 Vlastnosti tuků	9
3.2 Funkce tuků	9
3.3 Rozdělení tuků	10
3.4 Homolipidy	11
3.5 Heterolipidy	12
3.6 Komplexní lipidy	14
3.7 Mastné kyseliny	18
3.7.1 Nasyčené mastné kyseliny	19
3.7.2 Nenasycené mastné kyseliny	20
3.7.3 β -oxidace mastných kyselin.....	24
3.8 Lipofilní vitaminy	25
3.9 Tuky v potravinách	30
3.9.1 Živočišné tuky	30
3.9.2 Rostlinné tuky	36
3.9.3 Smíšené tuky.....	44
3.10 Skladování tuků	50
3.11 Použití tuků v kuchyni	51
3.12 Doporučený příjem	52
3.13 Náhrada tuků	56
3.14 Metabolismus tuků	56
4 Závěr	68
5 Literatura	69

1 Úvod

Lipidy jsou látky přírodního charakteru, mezi které se řadí tuky, oleje, vosky, lipofilní vitaminy a hormony. Chemicky jsou nazývány jako estery vyšších mastných kyselin a alkoholu. Lipidy jsou jednou ze tří hlavních živin patřící mezi nepostradatelné složky lidské výživy. Jsou důležitým zdrojem energie, přičemž se v organismu uplatňují jako hlavní zásobní zdroj. Díky tomu, že zaujímají 20 % tělesné hmotnosti člověka, má organismus dobrou tepelně izolační vlastnost. Nezbytná je mechanická a ochranná funkce tuků vůči vnitřním orgánům. V lidském organismu zajišťují tuky životně důležité pochody a syntézy látek. Jsou nepostradatelné při syntéze steroidních hormonů a žlučových kyselin. Tvoří složku biologických membrán, podílejí se na stavbě fosfolipidové dvojvrstvy, kde na sebe váží bílkoviny a mají vliv na její permeabilitu a fluiditu. Glykolipidy se zase podílejí na stavbě nervové tkáně. Lipidy jsou zdrojem antioxidantů a jsou nepostradatelné pro absorpci lipofilních vitaminů do organismu. Dodávají pokrmům jejich typickou konzistenci, strukturu, a hlavně slouží jako nosiči senzorických látek. Lipidy mají sytící schopnost, proto po požití potravin s vysokým obsahem tuku se ihned dostaví pocit plnosti. U tuků, stejně jako u ostatních složek výživy je potřeba dbát na konzumované množství. Při jejich nadbytku mohou být více škodlivé než užitečné a prospěšné. V oblasti lipidů je tato opatrnost ještě výraznější, jelikož jsou nejbohatším zdrojem energie, z hlediska nutričního významu.

Tato oblast výživy je náročná a běžný spotřebitel nemá dostatečné znalosti ani přehledné návody ke správné konzumaci a používání tuků a olejů. Vzhledem ke snadno dostupným informacím je společnost často ovlivňována sdělovacími prostředky v podobě reklam a ostatních marketingových kampaní, jejichž autoři nepatří mezi odborníky nýbrž mezi prodejce, a tím se tak k lidem dostávají ne vždy pravdivé informace o prospěšném vlivu lipidů na lidský organismus. Proto si mnozí lidé kupují výrobky s obsahem trans-nenasycených mastných kyselin, které nejsou dobré pro jejich zdraví, nebo si neumějí vybrat tuk vhodný k přípravě daného pokrmu, ale vyberou si ten, který jim doporučili v jedné z reklam.

V současné době, při dostatku až nadbytku potravin je příjem lipidů nadbytečný. Do toho množství jsou totiž započítány i lipidy přidané do potravin při jejich výrobě, ale také lipidy skryté, přirozeně se vyskytující v potravinách. V oblasti příjmu tuků se obyvatelé České republiky dělí do třech skupin. Stále převládá názor se tukům zcela vyhýbat, což je zásadní chyba. Spotřebitelé neznají výživová doporučení natož u jednotlivých tuků jejich složení mastných kyselin. Při konzumaci lipidů nezáleží pouze na kvantitativním hledisku, protože pokud dodržíte vyvážený poměr mezi příjmem a výdejem energie, tak toto hledisko není až tak důležité. Záleží hlavně na kvalitativním složení a na zdrojích přijímaných tuků. Další skupinou jsou lidé, kteří se v této oblasti orientují a přijímají tak správně množství tuku společně s jeho kvalitou. Do poslední skupiny lze zařadit jedince, kteří se nezajímají o svou stravu, a tak konzumují tuky v nadbytku se špatným složením mastných kyselin.

Lidé by se měli zajímat o své zdraví a s tím je spojen i příjem důležitých živin. Pro dodržování správné a zdravé výživy je třeba dodržovat doporučený obsah nenasycených mastných kyselin, esenciálních mastných kyselin, cholesterolu i triacylglycerolů a nejlépe se zcela vyhnout trans-nenasyceným mastným kyselinám. Tento příjem je důležitý pro prevenci chronických onemocnění a civilizačních chorob, které jsou čím dál, tím více rozšířené.

2 Cíl práce

Tuky jsou jednou ze základních makroživin v lidské stravě. Je kladen stále větší důraz na složení mastných kyselin přijímaných ve stravě. Cílem této bakalářské práce bylo na základě české a zahraniční odborné i vědecké literatury popsat jednotlivé zdroje tuků v lidské výživě a shrnout tak poznatky týkající se pozitivních a negativních účinků tuků na lidské zdraví.

3 Tuky

Tuky patří společně s bílkovinami a sacharidy mezi významnou složku potravy. Jsou nezbytné pro správný vývoj organismu a jeho celkové zdraví. Většinou je jejich definice určena jako přírodní látky obsahující vázané mastné kyseliny. Tuky obsahují širokou škálu chemicky odlišných sloučenin, které spojuje rozpustnost v organických rozpouštědlech a nerozpustnost ve vodě. Potravinové lipidy se mezi sebou liší fyzickým stavem dle okolních teplot jako tuky-pevné látky, nebo oleje-kapalné látky (Velíšek & Hajšlová 2009; Fennema et al. 2017).

Ve snaze vymezit lipidy dle jejich chemických vlastností je lze rozdělit na dvě hlavní skupiny. Mezi první skupinu patří tzv. zmýdelnitelné lipidy, do které lze zahrnout estery vyšších mastných kyselin a alkoholů, nebo jejich derivátů, což jsou lipidy. Je to nejpočetněji zastoupená skupina přírodních látek nerozpustných ve vodě. Druhou skupinou jsou nezmýdelnitelné lipidy, kam se řadí odvozené lipidy. Je mnoho dalších sloučenin, které nejsou zařazené ani do jedné z těchto skupin. Jsou to většinou látky méně významné a rozšířené (Velíšek & Hajšlová 2009).

Potravinové tuky hrají velmi důležitou roli ve kvalitě potravin, jelikož přispívají k vlastnostem jako je textura, chuť a kalorická hodnota. Jejich obsah se v jednotlivých potravinách liší. (Fennema et al. 2017)

3.1 Vlastnosti tuků

Obecně jsou tuky definovány jako organické látky, které jsou nerozpustné ve vodě, a naopak dobře rozpustné v organických rozpouštědlech. Mezi organická rozpouštědla se řadí ether, aceton a chloroform (Medeiros & Wildman 2012).

Tuky jsou velmi heterogenní skupina látek. Shodným prvkem můžeme označit přítomnost vyšších mastných kyselin a alkoholů. Jsou organickou sloučeninou obsahující kyslík, uhlík a vodík. Na rozdíl od sacharidů obsahují lipidy větší množství uhlíku a vodíku v porovnání s kyslíkem (Kodíček et al. 2015).

V organismu plní mnoho nenahraditelných funkcí, mezi něž patří ochrana vnitřních orgánů proti tlaku a nárazu, slouží jako izolační prostředí pro elektrickou izolaci, důležitou roli hrají jako zásobárny energie, které se u živočichů vyskytují ve formě podkožního tuku, u rostlin v semenech a plodech ve formě olejů. Tuky jsou nosičem vitamínů A, D, E a K rozpustných v tucích. Některé tuky jsou důležitými složkami buněčných membrán (Odstrčil 2005; Kodíček et al. 2015).

3.2 Funkce tuků

Tuky jsou významným zdrojem energie. Lipidy mají vysokou kalorickou hodnotu také největší podíl energie z ostatních makroživin. Na 1 gram tuku připadá 38 kJ, ve srovnání se 17 kJ na 1 gram sacharidů či bílkovin (Zimmerman & Snow 2012; Brát 2018).

Tuky obsahují sloučeniny dodávající potravinám jejich vůni, chuť a texturu. Tuk přispívá k sytosti a pocitu plnosti. Při spolknutí tučných potravin umožňuje tělo zpomalit pohyb potravin podél trávicího traktu a tím podporuje celkový pocit plnosti (Brát 2018).

Přebytečná energie z potravy je trávena a začleněna do tukové tkáně. Tuky primárně slouží jako energetická rezerva, jelikož neobsahují žádnou vodu, ukládají se v mnohem větším množství na menší prostor. Tato energie je potřebná k pohybu svalů pro veškerou fyzickou aktivitu. Tuková tkáň tvoří více než 20 % hmotnosti. Část z toho je tvořena viscerálním tukem obklopující orgány jako je srdce, ledviny a játra. Viscerální tuk tedy chrání orgány před nárazem a poškozením. Podkožní tuk je vrstva tkáně izolující tělo od extrémních teplot a pomáhá udržovat vnitřní teplotu pod kontrolou. Na hýždích a ostatních částech těla, které přicházejí do styku s tvrdými povrchy slouží jako výplň a zabraňující před nárazy. Tukové buňky mohou ukládat lipidy v neomezeném množství na rozdíl od ostatních tělesných buněk. Při nadměrném ukládání vzniká obezita a s ní zvýšené riziko kardiovaskulárních chorob (Zimmerman & Snow 2012).

Tuky přijímané ve stravě se rozkládají v zažívacím traktu a tím zahajují transport důležitých makroživin. Přenosem živin rozpustných v tucích se usnadňuje jejich střevní absorpce. Tento proces se označuje jako biologická dostupnost. Živiny rozpustné v tucích jsou důležité pro správné zdraví. Jsou to hlavně lipofilní vitaminy, jako je vitamin A, D, E, K a také fytochemikálie, například beta-karoten. Dále jsou také nositeli ochranných látek, jako jsou například antioxidanty nebo rostlinné steroly (Zimmerman & Snow 2012).

Tuky jsou součástí buněčných membrán, tudíž by bez nich žádná buňka nemohla existovat. Membrány jsou důležité k zajištění látkové výměny živin mezi buňkou a okolním prostředím. Kvůli tomu musí být membrány pružné, to zajišťují fosfolipidy, polynenasycené mastné kyseliny a cholesterol. Bez lipidů nemůže správně existovat ani mozek obsahující 60 % lipidů se specifickým složením mastných kyselin. Nejvýznamnější jsou mastné kyseliny ze skupiny n-3, což je například kyselina dokosahexaenová, která je obsažena také v sítnici oka (Zimmerman & Snow 2012).

Pro organismus nezbytné neboli esenciální mastné kyseliny hrají významnou roli při správném fungování imunitního systému, jsou důležité pro vznik některých hormonů a mají protizánětlivé účinky (Brát 2018).

3.3 Rozdělení tuků

1) Podle struktury

- Homolipidy
 - Acylglyceroly
 - Vosky
- Heterolipidy
 - Fosfolipidy
 - Glykolipidy
 - Lipoproteiny
- Odvozené lipidy
 - Steroly
 - Žlučové kyseliny
 - Steroidní hormony

2) Podle původu:

- Rostlinné

- Živočišné

3) Podle skupenství:

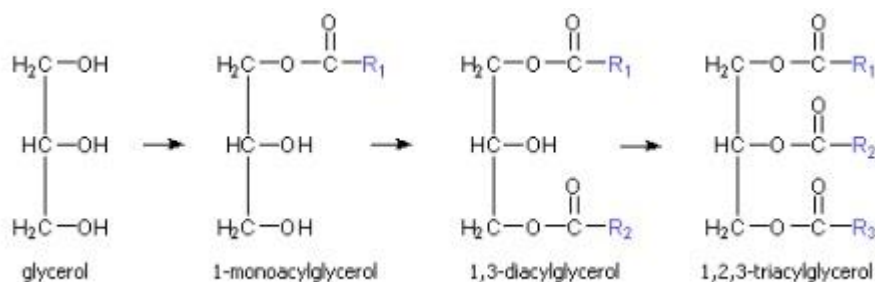
- Tuhé
- Polotuhé
- Kapalné

3.4 Homolipidy

1) Acylglyceroly

Acylglyceroly jsou látky složené z glycerolu, který na svém uhlíku připojuje pomocí esterové vazby mastnou kyselinu. Po biochemické stránce se tedy jedná o estery vyšších karboxylových kyselin a alkoholu glycerolu (Whitney & Rolfes 2011).

Pokud je mastná kyselina připojena pouze na jeden uhlík, jedná se o monoacylglyceroly, pokud na dva uhlíky, jde o diacylglyceroly, nejvýznamnější jsou triacylglyceroly obsahující na každém svém uhlíku jednu mastnou kyselinu. Jednotlivé sloučeniny jsou uvedeny na Obrázku 1. Díky těmto vlastnostem jsou označovány jako estery glycerolu a vyšších mastných kyselin. Přirozeně je více než 99 % mastných kyselin estericky navázáno na glycerol. Jsou doprovázeny hydrofobními látkami, jako jsou fosfolipidy, steroly, karotenoidy a alifatickými alkoholy (Whitney & Rolfes 2011; Fennema et al. 2017).



Obrázek 1: Strukturální vzorec cholesterolu, monoacylglycerolu, diacylglycerolu a triacylglycerolu (AF MENDELU 2020)

Zda jsou triacylglyceroly při pokojové teplotě pevné nebo kapalné, závisí na navázaných mastných kyselinách. Ty, co obsahují více nasycených mastných kyselin jsou v pevném skupenství a nazývají se tuky. Naopak triacylglyceroly, u kterých je navázáno více nenasycených mastných kyselin jsou ve skupenství tekutém známé jako oleje (Whitney & Rolfes 2011; Fennema et al. 2017).

Živočiškové přijímají živočišné i rostlinné tuky v potravě, ale jsou schopni vstřebat pouze určitou část, zbytek potřebných lipidů se v těle syntetizuje z již přijatého množství. V organismu slouží jako zásoba energie, pokud tedy organismus potřebuje energii, převádí triacylglyceroly ve formě hydrofilních lipoproteinů k buňkám, kde se metabolizují. Triacylglyceroly slouží jako hlavní složky rezervního tuku, který tvoří až 90 % tukových zásob živočichů a rostlin (Vodrážka 1996).

2) Vosky

Vosky se označují jako estery mastných kyselin a jednosytných primárních alkoholů. Kromě běžných mastných kyselin jsou přítomny ve struktuře také další sloučeniny, například vyšší uhlovodíky, ketony a volné alkoholy. Jsou nerozpustné ve vodě a omezeně rozpustné v organických rozpouštědlech.

Obvykle se jedná o chemicky stálé a tvrdé látky, jejichž teplota tání se pohybuje mezi 60–100 °C. Lidský organismus je v těle nedokáže odbourat, proto nemají ve výživě žádný význam (Velíšek & Hajšlová 2009).

Jejich hlavní význam je ochranná funkce, jelikož tvoří hydrofobní vrstvu na povrchu organismů. U živočichů se vylučují na pokožce, srsti, peří či vlasech. U rostlin na povrchu listů, slupkách ovoce, semenech a pylových zrnech. Tudíž je možné vosky rozdělit do dvou skupin, a to na živočišné a rostlinné vosky. Nejčastějšími mastnými kyselinami obsažených ve voscích jsou kyselina palmitová, stearová, laurová a myristová (Velíšek & Hajšlová 2009).

Voskem živočišného původu je spermacetový vosk, tzv. vorvaňovina z lebeční dutiny vorvaně. Lanolin, vyskytující se na vlně ovcí a sloužící hlavně v kosmetickém a farmaceutickém průmyslu. Dále včelí vosk, který je vylučován žlázami včel a tvoří buňky plástů, v nichž včely uchovávají med (Kodíček et al. 2015). Z rostlinných vosků je průmyslově důležitý čínský vosk, vylučující se při poranění hmyzem z jasanu čínského, dále karnaubský vosk, který se vylučuje na povrchu listech palmy kopernicie. Všechny tyto vosky se používají v parfumerii, při výrobě svíček, krémů a mýdel (Vodrážka 1996; Velíšek & Hajšlová 2009).

3.5 Heterolipidy

Heterolipidy na rozdíl od homolipidů obsahují nejen vázané mastné kyseliny a alkoholy, ale i další složky, podle této složky se rozdělují na fosfolipidy, glykolipidy a sulfolipidy. Navázanou složkou může být například kyselina fosforečná, sacharid, ale také jejich deriváty. Tyto látky jsou amfifilního charakteru skládající se ze dvou složek. Jádro je tvořeno hydrofobní (nepolární) částí obsahující delší uhlíkatý řetězec představující kyselinu fosforečnou nebo sacharid. Obal je tvořený hydrofilní (polární) částí mající iontový charakter a schopnost rozpouštět se ve vodě. Ve vodním prostředí spolu tvoří micely nebo vytváří dvojvrstvy. Proto se uplatňují při stavbě a funkci buněčných membrán (Benešová & Satrapová 2002; Velíšek & Hajšlová 2009).

1) Fosfolipidy

Nejsou pro lidskou potravu nezbytnou součástí, protože se v lidském těle mohou syntetizovat. Na druhé straně je ale výhodné, když strava obsahuje alespoň malé množství, aby měl organismus dostatek štěpných produktů při jejich opakované syntéze (Velíšek & Hajšlová 2009).

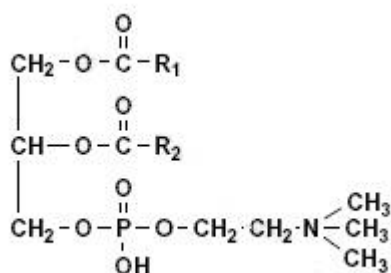
Jsou důležitými složkami buněčných membrán. Jelikož jsou fosfolipidy dobře rozpustné v tucích i ve vodě, slouží k transportu lipidů a látek rozpustných v tucích, jako jsou vitamíny a hormony přes buněčné membrány dovnitř a ven (Whitney & Rolfes 2011).

Fosfolipidy jsou obsaženy prakticky ve všech rostlinných i živočišných tkání. Nejbohatší na fosfolipidy je nervová tkáň a vaječný žloutek, který obsahuje kolem 28 % fosfolipidů a je vhodný pro farmaceutický průmysl. V níže uvedené tabulce je uveden obsah fosfolipidů v potravinách (Velíšek & Hajšlová 2009; Havlík & Marounek 2012).

Tabulka 1: Obsah fosfolipidů v daných potravinách (Velíšek & Hajšlová 2009)

Potravina	Obsah v % sušiny	Potravina	Obsah v % sušiny
živočišné materiály		sádlo	0,01-0,1
mozek	5-6	máslo	0,6-1,4
játra	3-4	rostlinné materiály	
srdce	2,6-3,0	rostlinné oleje	0,02 (rafinované)
ledviny	1,6-3,0		0,6-3,2 (nerafinované)
vaječný žloutek	28	ovoce, zelenina, obilí	0,5-1,5

Nejznámější a nejpočetnější skupinou jsou fosfatidylcholin (lecitiny). Jsou to bezbarvé látky, které při přístupu vzduchu hnědnou. Obsahují 30-50 % homolipidů, volné mastné kyseliny, barviva, steroly, a kromě fosfolipidů také glykolipidy. Strukturální vzorec je vidět na Obrázku 2. Vznikají při rafinaci olejů odpařením vody z hydratačního kalu za sníženého tlaku. Jsou součástí mozkových a nervových tkání, hojně jsou obsaženy ve vaječném žloutku, podmáslí a sóje. Lecitiny se uplatňují ve farmaceutickém a potravinářském průmyslu jako emulgátory při výrobě majonéz, emulgovaných tuků a při výrobě čokoládové hmoty. Nejbohatší zdroje lecitinu jsou vejce, játra, arašidy a pšeničné klíčky (Vodrážka 1996; Velíšek & Hajšlová 2009; Whitney & Rolfes 2011).



Obrázek 2: Strukturální vzorec lecithinu (AF MENDELU 2020)

2) Glykolipidy

Glykolipidy se označují deriváty mastných kyselin, které mají ve svém řetězci na glycerol glykosidicky navázaný monosacharidový nebo oligosacharidový zbytek. Nejčastějším cukrem je D-galaktóza, méně pak D-glukóza a D-fruktóza. Pokud ve svém řetězci mají navázaný navíc glycerol, nazývají se glyceroglykolipidy. Pokud obsahují sfingosiny, označují se jako sfingoglykolipidy (Vodrážka & Hajšlová 2009).

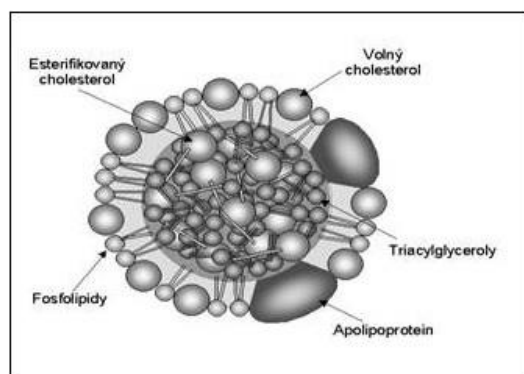
Jsou součástí buněčných membrán společně s fosfolipidy a jsou vázány v lipoproteinech. Ve velkém množství jsou obsaženy v nervových tkáních. Glykolipidy jsou stejně jako fosfolipidy tráveny ve střevě a vstřebávány enterocyty (Odstrčil 2010).

Přítomny jsou jak v rostlinných, tak živočišných buňkách. Hojně obsaženy jsou ve vejcích, mléčných výrobcích, obilovinách a sóje. V živočišných produktech jsou zastoupeny z 42 %, z toho 24 % je obsaženo ve vejcích a mléčných výrobcích. Téměř 30 % pochází z ovoce a zeleniny a zbylých 28 % z obilovin (Leray 2015).

3.6 Komplexní lipidy

1) Lipoproteiny

Jelikož jsou lipidy nerozpustné ve vodě, jsou v organismu přenášeny ve formě lipoproteinových částic. Lipoproteiny jsou kulovité částice složené z jádra a obalu. Lipoproteinové jádro obsahuje hydrofobní esterifikovaný cholesterol a nepolární triacylglyceroly. Obal se skládá z hydrofilních fosfolipidů a volného cholesterolu. Každá částice obsahuje také bíkovinnou složku, tzv. apolipoproteiny. Jejich složení je vidět na Obrázku 3 (Orehov et al. 2014; Pan & Segrest 2016).



Obrázek 3: Složení lipoproteinů (Soška 2009)

Dle složení apolipoproteinů se lipoproteiny dělí do dvou tříd. První skupinou jsou lipoproteiny bohaté na apoA, nazývané jako HDL lipoproteiny a ty, které obsahují více apoB, označovány jako LDL (Wasan & Cassidy 2000).

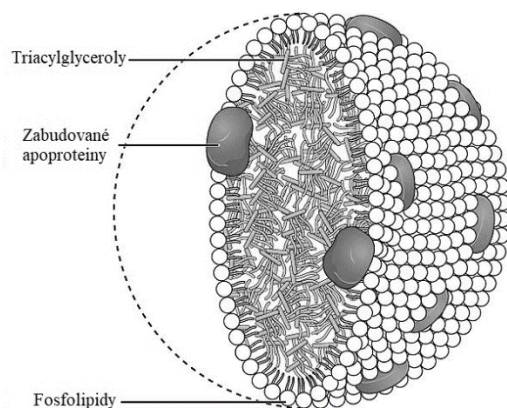
Nejčastěji se lipoproteiny rozdělují dle jejich hustoty, kdy se rozlišují chylomikrony, lipoproteiny s velmi nízkou hustotou (VLDL), lipoproteiny o střední hustotě (IDL), lipoproteiny s nízkou hustotou (LDL) a lipoproteiny s vysokou hustotou (HDL). Složení jednotlivých lipoproteinových částic je patrné z Tabulky 2 (Wasan & Cassidy 2000).

Tabulka 2: Chemické složení lipoproteinů v % hmotnosti (Wasan & Cassidy 2000)

	Hustota [g/ml]	Proteiny	Triacylglyceroly	Cholesterol	Fosfolipidy
Chylomikrony	<0,95	1-2	86	5	7
VLDL	0,95-1,006	8	55	19	18
IDL	1,006-1,019	19	23	38	20
LDL	1,019-1,063	22	6	50	22
HDL	1,063-1,210	47	4	19	30

Chylomikrony

Chylomikrony jsou největšími lipoproteinovými částicemi tvořené triacylglyceroly, fosfolipidy a menším množstvím apolipoproteinů nacházejících se na povrchu. Jelikož obsahují až 90 % triacylglycerolů, jejich hustota je velmi nízká. Na Obrázku 4 je zobrazen průřez chylomikronu (Elliott & Elliott 2009).



Obrázek 4: Struktura chilomikronu (Elliott & Elliott 2009)

Vytvářejí se v enterocytech a slouží k transportu lipidů přijatých ve stravě ze střeva do periferních tkání a cholesterolu do jater. Exocytózou se chylomikrony transportují do lymfy, kde dochází k navázání lipoproteinů. V plazmě jsou pomocí účinky lipoproteinové lipázy degradovány na menší částice bohaté na cholesterol, které se vracejí do krve a jsou chytány receptory v játrech, díky kterým poskytují játrům exogenní cholesterol (Elliott & Elliott 2009; Holčápek et al. 2015).

Dle Racka (2006) bývá chylomikron nejvíce přítomno 3 hodiny po jídle a přibližně do 9 hodin po jídle jsou plně odbourány. V případě, že se vyskytují v krvi i na lačno, jedná se buďto o nedodržení doby lačnění před odběrem, požitím alkoholu před odběrem, nebo dekompenzovaný diabetes mellitus.

VLDL

Lipoproteiny o velmi nízké hustotě obsahují velké množství triacylglycerolů. Triacylglyceroly jsou součástí hydrofobního jádra VLDL lipoproteinů. Obal je tvořen vrstvou fosfolipidů. (Elliott & Elliott 2009; Holčápek et al. 2015).

Jsou syntetizovány v játrech z chylomikronových zbytků. Jejich biologický čas je velmi krátký a to kolem 30 minut. Uvolněné VLDL postupně odbourávají triacylglyceroly působením lipoproteinové lipázy. Nejvíce převažuje cholesterol, který zvyšuje hustotu lipoproteinů. Obsah cholesterolu společně s jeho estery stoupne, tím dojde ke zvýšení hustoty a částice se zmenší. Koncentrace VLDL se během dne liší v závislosti na příjmu a složení stravy (Elliott & Elliott 2009; Holčápek et al. 2015).

IDL

Lipoproteiny o střední hustotě jsou meziproducty vznikající při syntéze LDL z VLDL. Jejich velikost a hustota je mezi VLDL a LDL. Z méně, než poloviny jsou složeny z triacylglycerolů. Jejich jádro je nepolární a složené z téměř srovnatelného množství triacylglycerolů a esterů cholesterolu. Postupně od sebe odštěpují apolipoproteiny a cholesterol. Mají krátký biologický poločas, což nepředstavuje dlouhodobě zvýšenou hladinu, a tudíž také riziko vzniku kardiovaskulárních chorob (Whitney & Rolfes 2011; Zimmerman & Snow 2012).

LDL

Lipoproteiny o nízké hustotě (LDL) jsou složeny z malého množství triacylglycerolů, ale obsahují více než 60 % cholesterolu a esterů cholesterolu. Triacylglyceroly, cholesterol a fosfolipidy slouží k vytváření nových membrán nebo k tvorbě hormonů (Pánek 2002; Whitney & Rolfes 2011; Zimmerman & Snow 2012).

LDL částice se od sebe různí zejména velikostí a hustotou. Díky těmto vlastnostem se dělí na velké částice LDL₁, intermediální LDL₂ a malé částice LDL₃. Malé částice LDL₃ snadněji pronikají arterií, jsou hůře zachytávány LDL receptory a kvůli tomu snadněji podléhají oxidaci. Jelikož mají dlouhý biologický poločas, může k oxidaci docházet i u ostatních LDL lipoproteinů. Tyto přeměněné částice jsou chyceny receptory na povrchu makrofágů. Tento komplex obsahuje esterifikovaný cholesterol, který nemůže opustit cévy, tím se do stěny cév ukládá a tvoří základ aterosklerotického plátu (Soška 2001; Češka 2012).

HDL

Lipoproteiny o vysoké hustotě jsou nejmenšími lipoproteinovými částicemi obsahující volný cholesterol, fosfolipidy a apolipoproteiny. Obsažené lipidy se pohybují okolo 50 %, největší podíl zde mají bílkoviny. Větší část HDL je tvořena ze zbytků chylomikronů a VLDL, zbytek vytváří hepatocyty v játrech. Během dne je jejich koncentrace konstantní. Vlastnosti HDL lipoproteinů jsou antiseptické a antioxidační, tedy jejich zvýšená hladina je prospěšná pro vznik aterosklerózy a ostatních kardiovaskulárních onemocnění (Elliott & Elliott 2009; Holčapek et al. 2015).

3) Steroidy

Mnoho sloučenin klasifikovaných jako steroidy mají odlišné vlastnosti, ale spojuje je společná struktura složená ze tří šestičlenných kruhů a jednoho pětičlenného. Spousty důležitých látek jsou steroidy, jako například pohlavní hormony, žlučové kyseliny a cholesterol (Campbell & Farrell 2015).

Steroly

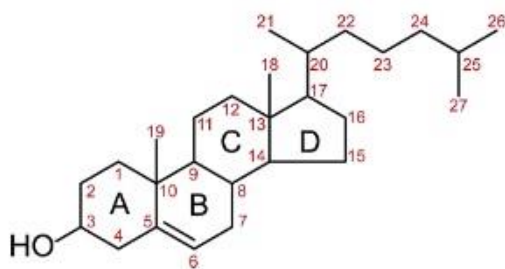
Steroly jsou tuhé krystalické látky s vysokou teplotou tání, nerozpustné ve vodě, ale dobře rozpustné v organických rozpouštědlech. V organismech slouží jako nezbytná složka lipoproteinů a tukových membrán (Vodrážka & Hajšlová 2009).

Steroly jsou velmi důležitými složkami u eukaryotických organismů. Mohou regulovat propustnost membrán a účastnit se metabolických procesů v membráně. Hrají roli při syntéze sekundárních metabolitů v organismu (Akoh 2017).

Nejhojněji zastoupeným zoosterolem, jak je nazýván sterol v živočišných tucích, je cholesterol. U rostlinných olejů se vyskytující steroly nazývají fytosteroly. Velice známý je ergosterol neboli provitamin D vznikající z cholesterolu, který je obsažen v houbách a kvasinkách. Cholesterol se přirozeně vyskytuje i v rostlinných olejích, ale v tak malém množství, že ve výživě nemá žádný význam (Vodrážka & Hajšlová 2009).

Cholesterol

Cholesterol je přírodní látkou a organickou sloučeninou, která patří do skupiny steroidů. Jde o nejznámější sterol. V surovém stavu se jedná o bílou krystalickou látku bez zápachu. Jeho strukturní vzorec je zobrazen na Obrázku 5 (Encyclopaedia Britannica 2016).



Obrázek 5: Strukturní vzorec cholesterolu s očíslovanými atomy uhlíků (Li et al. 2019)

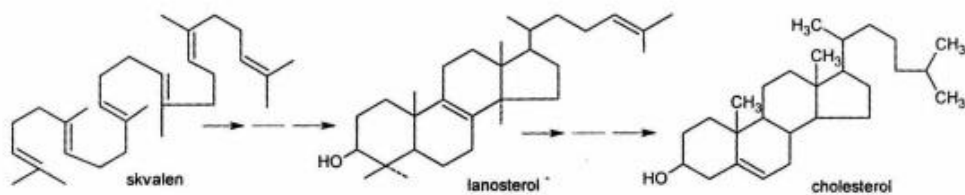
V lidském organismu zastupuje mnoho důležitých funkcí. Je potřebný na stavbu buněčných membrán, slouží jako izolace nervových buněk. Je významný také z biochemického hlediska, jelikož je prekursorem velkého počtu steroidů, mezi něž patří žlučové kyseliny, pohlavní hormony, hormony kůry nadledvin a vitamín D (Murray 2002; Vodrážka & Hajšlová 2009).

Cholesterol a jeho estery se vyskytují v krevních lipidech a membránách. Mozeček představuje potravinu s nejvyšším obsahem cholesterolu. Mezi dalšími významnými zdroji jsou tuky živočišného původu jako je sádlo, máslo, mléko a svalovina. U různých druhů masa je jeho obsah podobný, nižší je zpravidla u ryb. U výrobků masného původu obsah cholesterolu nesouvisí s obsahem tuku, kdežto u mléčných výrobků souvisí. V potravinách neexistuje žádný „dobrý“ nebo „špatný“ cholesterol. Jde o to, jakým způsobem ho tělo transportuje v krvi (Murray 2002; Vodrážka & Hajšlová 2009; Whitney & Rolfes 2011).

Syntéza cholesterolu

Cholesterol je jediný sterol, který mohou syntetizovat savci, tudíž i lidé. U dospělého člověka se denně syntetizuje 700 až 1000 miligramů cholesterolu. Většina denní produkce probíhá v játrech. Dále se syntetizuje ve střevech, nadledvinových žlázách a v reprodukčních orgánech. Organismus tedy syntetizuje větší množství, než je přijímáno ve stravě. Cholesterol přijímaný v potravě je snadno vstřebáván, ale při větším přijímaném množství, klesá jeho syntetizované množství. Jeho škodlivé účinky nastávají při přijímání většího množství, než je denní optimum (Chow 2008; Vodrážka & Hajšlová 2009).

Cholesterol je syntetizován primárně z acetyl-CoA hydroxymethylglutaryl-CoA reduktázovou. Syntézu lze rozdělit do několika fází. První fází je syntéza mevalonátu probíhající v cytoplasmě a endoplazmatickém retikulu. Její výchozí látkou je acetyl-CoA. Důležitá je syntéza hydroxymethylglutaryl CoA, který je konvertován pomocí enzymu hydroxymethylglutaryl-CoA reduktázou (HMG-CoA reduktáza) na mevalonát. Toto místo je důležité pro zpětnou vazbu regulace syntézy cholesterolu. Na blokaci toho enzymu je založen účinek léků statinů. U druhé fáze vzniká aktivní izopren a jeho přeměna na skvalen probíhající při anaerobních podmínkách v cytoplasmě pomocí skvalen syntázy. Při třetí fázi podléhá skvalen oxidaci kvůli působení skvalen epoxidázy, čímž dojde ke vzniku lanosterolu. Z lanosterolu se po deseti enzymatických reakcích odstraní tři methylové skupiny a vznikne cholesterol (viz Obrázek 6) (Bloch 1965; Chow 2008; Chen et al. 2015).



Obrázek 6: Přeměna skvalenu na cholesterol (Klouda 2005)

Žlučové kyseliny

Žlučové kyseliny jsou steroidní karboxylové kyseliny obsaženy ve žluči. Dělí se do dvou skupin, a to na primární žlučové kyseliny a sekundární žlučové kyseliny (Chiang 2009).

První skupinou jsou tedy primární žlučové kyseliny, z nichž nejvýznamnější je kyselina cholová a kyselina chenodeoxycholová. Druhá skupina nazývána sekundární žlučové kyseliny mezi sebe řadí kyselinu deoxycholovou a kyselinu lithocholovou (Chiang 2009).

Jejich funkce spočívá v emulgaci tuků, poté ve vylučování cholesterolu a fosfolipidů z lidského organismu. Spolu s lipidy a lipofilními vitaminy tvoří micely, a tím napomáhají k jejich absorpci ve střevech. Tyto vzniklé micely též zabraňují vzniku žlučových kamenů. Mezi jejich další funkci patří vaznost kationtů těžkých kovů, které jsou z organismu vylučovány žlučí (Chiang 2017).

Skladovány jsou ve žlučníku a poté se uvolňují do tenkého střeva. Část se jich zpětně vstřebá a část je vyloučena stolicí. Jejich syntéza probíhá v játrech a u živočichů jsou konečnými produkty metabolismu cholesterolu. Primární žlučové kyseliny jsou syntetizovány z cholesterolu v játrech. Sekundární žlučové kyseliny se získávají z primárních žlučových kyselin bakteriálními enzymy ve střevě. Jejich počet je ovlivněn stravou, střevní mikroflórou, hormony a léky. S těmito faktory souvisí také rychlost a regulace syntézy žlučových kyselin (Vodrážka 1996; Chiang 2017).

Steroidní hormony

Jsou to steroidní látky s hormonální aktivitou. Syntetizují se v těle z cholesterolu. Mezi nejdůležitější skupinu patří adrenokortikoidní hormony, které jsou vylučovány kůrou nadledvin. Do této skupiny se řadí glukokortikoidy, z nichž nejznámější je kortizol a mineralokortikoidy, do nichž patří aldosteron. A gonadální neboli pohlavní hormony (estrogen, progesteron a testosteron). Neukládají se do zásoby, ale v případě nedostatku se zvyšuje jejich syntéza v organismu (Vodrážka 1996).

3.7 Mastné kyseliny

Délka řetězce mastných kyselin ovlivňuje její rozpustnost, tudíž čím je uhlíkatý řetězec delší, tím je horší rozpustnost při pokojové teplotě. Čím více obsahuje mastná kyselina dvojných vazeb, tím je větší její polarita a také vyšší rozpustnost při pokojové teplotě (Medeiros & Wildman 2012).

Přítomností mastných kyselin v lipidech je lze rozdělit do skupin dle skupenství. Převahou nenasyčených mastných kyselin se tuhé skupenství mění na skupenství kapalné (Odstrčil 2005).

Mastné kyseliny se vyznačují přítomností atomu uhlíku v molekule, počtem jednoduchých a dvojných vazeb a jejich konfigurací. Dle toho se mastné kyseliny dělí na nasycené – obsahující pouze jednoduché vazby, nenasycené monoenové-obsahující jednu dvojnou vazbu a nenasycené polyenové-obsahující dvě a více dvojných vazeb. Existují i mastné kyseliny s trojnými vazbami, které mohou být rozvětvené, cyklické, s kyslíkatými nebo dusíkatými funkčními skupinami (Medeiros & Wildman 2012).

Mastné kyseliny lze získat hydrolyzou přírodních lipidů. Některé mastné kyseliny obsažené v lipidech mohou být však i alicyklického či dokonce aromatického charakteru. Jsou nejdůležitější a nejvýznamnější složkou obsaženou v lipidech. Přehled nejznámějších mastných kyselin a jejich zařazení do skupin je uveden v Tabulce 3 (Vodrážka & Hajšlová 2009).

Tabulka 3: Nejznámější mastné kyseliny a jejich zařazení do skupin (Brát 2018).

Mastná kyselina	Počet atomů uhlíku	Isomer	Zařazení do skupiny
máselná	4		nasycené
kapronová	6		nasycené
kaprylová	8		nasycené
kaprinová	10		nasycené
laurová	12		nasycené
myristová	14		nasycené
palmitová	16		nasycené
stearová	18		nasycené
olejová	18	cis	mononenasycené
elaidová	18	trans	trans-nenasycené
linolová	18	cis	polynenasycené ω 6
α-linolenová	18	cis	polynenasycené ω 3
γ-linolenová	18	cis	polynenasycené ω 6
arachidonová	20	cis	polynenasycené ω 6
eikosapentaenová (EPA)	20	cis	polynenasycené ω 3
eruková	22	cis	mononenasycené
dokosaheptaenová (DHA)	22	cis	polynenasycené ω 3

3.7.1 Nasycené mastné kyseliny

Nasycené mastné kyseliny označované též jako satureované neboli SFA jsou běžnou součástí přírodních lipidů. Uhlíkaté řetězce těchto mastných kyselin neobsahují žádnou dvojnou vazbu a všechny uhlíky jsou tedy spojené vazbou jednoduchou (-C-C-). Všechny přírodně se vyskytující se nasycené mastné kyseliny mají téměř vždy sudý počet atomů uhlíku a lineární řetězec (Vodrážka & Hajšlová 2009).

Všechny tyto jednoduché vazby se vyznačují úplným nasycením. Řetězce SFA obsahují maximální počet uhlíků i vodíkových atomů. Proto je lidské tělo může samo syntetizovat z glukózy, nemusí být přijímány jen v potravě a tvoří tak největší podíl v tukových zásobách (Mann & Truswell 2012).

Nasycené mastné kyseliny se v lidském organismu chovají různě, proto není vhodné řadit je do jedné skupiny. Rozdělují se podle počtu atomů uhlíku. První skupinou jsou nasycené mastné kyseliny s krátkým řetězcem, které obsahují 4 až 10 atomů uhlíku. Jde například o kyselinu máselnou, které je přítomna v másle. Tyto mastné kyseliny jsou rozpustné ve vodě, mají dobrou vstřebatelnost, proto se do

střevní stěny dostávají prostou difúzí. Netvoří se z nich tuky a přecházejí rovnou do jater, kde se přeměňují na vodu a oxid uhličitý za tvorby značné energie (ForActiv 2012).

Druhá skupina obsahuje nasycené mastné kyseliny s 12 až 16 atomy uhlíků. Řadí se sem kyselina kaprylová, kaprinová a laurová vyskytující se v palmovém a kokosovém oleji a v menší míře také v mléčném tuku. Kyselina laurová má negativní vliv na hladinu celkového a LDL cholesterolu. Přebytečné molekuly LDL cholesterolu se volně pohybují v krvi a zvyšují tak riziko vzniku aterosklerózy a kardiovaskulárních chorob. Na HDL cholesterol nemá vliv žádný. (Pokorný 2005; ForActiv 2012)

Dále sem patří kyselina palmitová, která se vyskytuje v malém množství ve všech rostlinných a živočišných lipidech. Co se týče vlivu na cholesterol, podílí se na zvyšování obou frakcí, a tím i hladinu celkového cholesterolu. Může také regulovat hladiny některých hormonů, ovlivňuje imunitní frakce a zvyšuje inzulinovou rezistenci, proto by se měli diabetici vyvarovat většímu příjmu této kyseliny (Pokorný 2005; ForActiv 2012).

Do této skupiny se řadí také kyselina stearová, která na rozdíl od výše uvedených mastných kyselin má pozitivní vliv na hladinu LDL cholesterolu. Kyselina stearová mírně snižuje hladinu LDL cholesterolu, na HDL cholesterol však nemá žádný vliv. Snižuje také poměr celkového cholesterolu ku HDL cholesterolu, což je příznivý účinek (Pokorný 2005; ForActiv 2012).

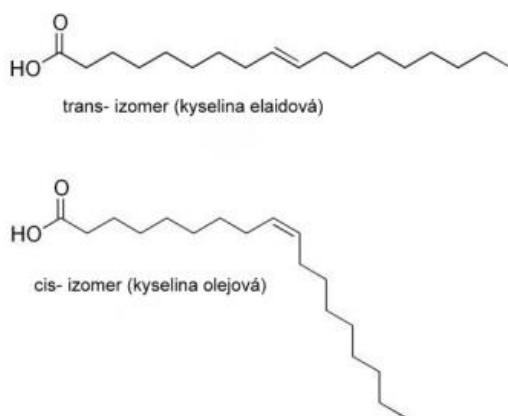
Kromě nasycených mastných kyselin s lineárním řetězcem jsou s rozvětveným řetězcem, které jsou přítomny v mléčném tuku přežvýkavců. Vzhledem k nízkým koncentracím nehrají velkou energetickou roli (Leray 2015).

Nejběžnějšími nasycenými mastnými kyselinami je kyselina palmitová (16:0) a kyselina stearová (18:0) vyskytující se ve všech rostlinných i živočišných lipidech. Většina olejů z rostlinných semen obsahuje 5-30 % kyseliny palmitové, lipidy z tkání živočichů obsahují kolem 20-30 % a v palmovém oleji jí je více než 40 %. Kyselina stearová se ve velkém množství nalézá v lipidech přežvýkavců, u rostlinných lipidů se vyskytuje v kakaovém másle (Vodrážka & Hajšlová 2009).

3.7.2 Nenasycené mastné kyseliny

Nenasycené mastné kyseliny mohou obsahovat jednu nebo více dvojných vazeb ($-C=C-$). Právě proto se dělí na mononenasycené (MUFA) a polynenasycené (PUFA) (Chow 2008).

Nenasycené MK tvoří v závislosti na orientaci atomů vodíků a dvojně vazby geometrické izomery. Pokud je jsou vodíkové atomy na stejné straně vůči ose dvojně vazby jde o cis uspořádání, pokud jsou naopak atomy vodíku na opačných stranách osy dvojně vazby jedná se o uspořádání trans (viz Obrázek 7) (Medeiros & Wildman 2012).



Obrázek 7: Trans-izomer kyseliny olejové (nahore), cis-izomer kyseliny olejové (dole) (Murray 2002).

Přírodní nenasycené mastné kyseliny se obvykle vyskytují s uspořádáním cis a se sudým počtem atomů uhlíku. Kyseliny s uspořádáním trans se nacházejí hlavně ve formě depotního tuku přežvýkavců, kam se dostávají z bachoru činností mikroorganismů a při zpracování tuků, například při neúplné hydrogenaci. Některé nenasycené mastné kyseliny si tělo dokáže syntetizovat z nasycených mastných kyselin, jiné však nikoliv, proto se označují jako tzv. esenciální. Patří sem kyselina linolová a kyselina linolenová (Vodrážka & Hajšlová 2009; Whitney & Rolfes 2011).

1) Mononenasycené mastné kyseliny

Mononenasycené mastné kyseliny (také monoenové či MUFA z anglického *monounsaturated fatty acids*) ve svém řetězci obsahují pouze jednu dvojnou vazbu (Gandy et al. 2015).

Mononenasycené mastné kyseliny se navzájem liší počtem atomů uhlíků, polohou dvojných vazby a prostorovou konfigurací dvojných vazby. Monoenové mastné kyseliny si lidský organismus dokáže sám syntetizovat, a to ze stejně dlouhých nasycených mastných kyselin (Roubík et al. 2018).

Nejrozšířenější monoenovou mastnou kyselinou je kyselina olejová, obsažená například v olivovém oleji. Tuková tkáň živočichů obsahuje 20-80 % kyseliny olejové a potravinářské oleje do 78 %. Je obsažena také v lipidech ořechů, jako jsou pekanové, pistáciové a makadamové ořechy (Vodrážka & Hajšlová 2009).

2) Polynenasycené mastné kyseliny

Polynenasycené mastné kyseliny (také polyenové či PUFA z anglického *polyunsaturated fatty acids*) obsahují ve svém řetězci dvě nebo více dvojných vazeb. Polynenasycené mastné kyseliny se dělí dle umístění dvojných vazeb na n-3 a n-6 mastné kyseliny (Vodrážka & Hajšlová 2009; Roubík et al. 2018).

Nejběžnější polyenovou mastnou kyselinou je linolová kyselina, vyskytující se ve všech rostlinných a živočišných lipidech, ale pouze v malém množství. Nejhojněji je zastoupena ve slunečnicovém a řepkovém oleji a to kolem 50-60 %. V lipidech živočichů je její množství výrazně menší a to kolem 15-25 % (Vodrážka & Hajšlová 2009).

Esenciální mastné kyseliny

Esenciální mastné kyseliny jsou látky, které musí být přijímány v potravě, jelikož lidský organismus dokáže desaturovat mastné kyseliny jen do 9. uhlíku od karboxylové skupiny. Lidský organismus je schopen ze základní esenciální mastné kyseliny vytvořit ostatní mastné kyseliny této skupiny. Mezi esenciální mastné kyseliny patří kyselina linolová (n-6) a kyselina linolenová (n-3) (Pánek et al. 2002; Fennema et al. 2017).

Úlohou esenciálních mastných kyselin v organismu je tvorba buněčných membrán, intracelulárních membrán a membrán pokožky. Důležitou roli hrají také ve výstavbě nervových tkání při reprodukci. Jsou důležitou součástí správného vývoje lidského organismu. Nedostatek se projevuje v poruchách reprodukce, tvorbou ekzémů a větší náchylností k infekcím (Pánek et al. 2002; Pokorný & Dostálová 2002; Fennema et al. 2017).

1) N-3 mastné kyseliny

N-3 mastné kyseliny dříve také označované jako omega-3 mastné kyseliny patří do skupiny polynenasycených mastných kyselin, jejichž první dvojná vazba leží za třetím uhlíkem od methylového konce (Whitney & Rolfes 2011; Mann & Truswell 2012).

Prekurzorem n-3 mastných kyselin je kyselina linolenová, někdy též označována jako kyselina alfa-linolenová. Z kyseliny α -linolenové mohou vznikat díky elongaci a desaturaci kyseliny eikosapentaenová (EPA) a dokosahexaenová (DHA). Lidský organismus má omezenou schopnost měnit kyselinu α -linolenovou na EPA a DHA. Přeměna kyseliny α -linolenové na EPA je u mužů z 0,3-8 % a u žen až z 21 %, přeměna na DHA je u mužů menší než 4 % a u žen okolo 9 %. Proto se tyto dvě kyseliny doporučuje přijímat společně se stravou (Kasper 2015; Eufic 2019).

Linolenová kyselina je obsažena ve větším množství v rostlinných olejích, například v řepkovém a sójovém. Bohaté jsou na kyselinu linolenovou i ořechy, semena, luštěniny a zrna obilnin. Kyselina eikosapentaenová a dokosahexaenová jsou přítomné nejvíce v mořských rybách, jako je makrela, sled a losos. Také se nachází v mořských plodech a rybím tuku a lněném oleji (Pánek 2002).

N-3 mastné kyseliny jsou molekuly nezbytné pro správnou funkci mozku a sítnice již u plodu dítěte. Pravidelný příjem n-3 mastných kyselin, a to hlavně EPA a DHA pomáhá předcházet krevním sraženinám, vysokému krevnímu tlaku. Podporují také imunitní systém a mají protizánětlivé účinky. Nedostatečný příjem kyseliny dokosahexaenové je spojován s kardiovaskulárním onemocněním, záněty, mentálními a psychickými poruchami. Kyselina eikosapentaenová slouží k léčbě depresí jako podpůrný prostředek. Jak je již uvedeno výše, ryby jsou významným zdrojem n-3 mastných kyselina to zejména ty tučné, jako makrela či losos. Dle Americké kardiovaskulární asociace by ryby měly tvořit alespoň dvě porce za týden. N-3 jsou dostupné i v kapslích jako doplňky stravy (Pánek 2002; Eufic 2019).

Spotřeba n-3 mastných kyselin v dnešní době je nedostatečná a je mnoho potravinářských společností, které se snaží hladinu těchto mastných kyselin zvýšit buďto přímo ve svých potravinových produktech, nebo v krmivu pro hospodářská zvířata (Fennema et al. 2017).

2) N-6 mastné kyseliny

N-6 mastných kyselin se vyznačuje skupina látek, jejichž první dvojná vazba leží za šestým uhlíkem (Whitney & Rolfes 2011; Mann & Truswell 2012).

Základní polynenasycenou mastnou kyselinou skupiny n-6 je kyselina linolová (LA). Musí se konzumovat ve stravě, jelikož patří mezi esenciální mastné kyseliny (Whitney & Rolfes 2011; Eufic 2019).

V těle je kyselina linolová (LA) syntetizována na kyseliny γ -linolenovou a poté až na kyselinu arachidonovou využívající se k výrobě eikosanoidů. Pokud se ve stravě sníží příjem kyseliny linolové, sníží se i obsah syntetizované kyseliny arachidonové. Linolová kyselina se vyskytuje ve značném množství ve všech rostlinných olejích, například lněném či slunečnicovém. γ -linolenová kyselina se v přírodě nalézá pouze v omezeném množství, a to například v pupalkovém oleji. Ve svalovém neboli skrytém tuku se nachází malé množství arachidonové kyseliny, dále je obsažena ve vaječném žloutku a vnitřnostech. Arachidonová kyselina je prekurzorem pro biosyntézu dalších bioaktivních látek, jako jsou prostaglandy a prostacykliny (Pánek 2002; Roubík et al. 2018).

Trans-nenasycené mastné kyseliny

Většina nenasycených mastných kyselin má dvojnou vazbu v konfiguraci cis, což znamená, že oba vodíky navázané na atomech uhlíků, mezi kterými se tato dvojná vazba nachází, jsou na stejné straně molekuly mastné kyseliny. Naproti tomu se v některých přírodních a zejména průmyslově zpracovaných potravinách nacházejí nenasycené mastné kyseliny s dvojnými vazbami v konfiguraci trans, což znamená, že atomy vodíku na atomech uhlíků, mezi kterými se vyskytuje dvojná vazba, jsou na opačných stranách molekuly mastné kyseliny (Leray 2015).

Trans-nenasycené mastné kyseliny (označované též jako TFA z anglického trans fatty acids) existují jak v přírodní, tak v průmyslově vyrobené formě. Trans-nenasycené mastné kyseliny přírodního původu jsou převážně mononenasycené a jsou to nejčastěji izomery od kyseliny olejové. V přírodní formě nemají žádné negativní účinky na organismus, jelikož jsou v těchto potravinách obsaženy pouze v malém množství. Například konjugovaná kyselina linolová má naopak prospěšné účinky na lidské zdraví. Konjugovaná kyselina linolová (CLA) se přirozeně vyskytuje jen v několika málo případech. Je obsažena v semenech pupalky, brutnáku a v semenech černého rybízu. Malé množství se nachází v depotním a mléčném tuku přežvýkavců a omezené množství obsahuje i lidské mléko. Jsou známy její antioxidační účinky, brání vzniku některých nádorů, snižuje hladinu cholesterolu a oddaluje aterosklerózu (Mozaffarian et al. 2009; Bedsen et al. 2011; Akoh 2017).

Trans-mastné kyseliny se přirozeně vyskytují v bacheru přežvýkavců. V bacheru vznikají vlivem mikrobiální hydrogenace nenasycených mastných kyselin, vlivem této činnosti se v malém množství nalézají i v jejich mase a mléce. Záleží také na stravě přežvýkavců, pokud jsou krmeni pouze přirozenou stravou, tedy zelenou pící, je obsah TFA kolem 7-9 %. Pokud jsou však primárně krmeni jinými krmivy a pastva slouží pouze k dokrmování, pohybuje se obsah TFA pouze mezi 2-3 % (Murray 2002; Roubík et al. 2018).

Dříve se TFA vyskytovaly ve velkém množství ve ztužených tucích, kvůli jejich získávání pomocí parciální katalytické hydrogenace. Jejich obsah se v margarínech a roztíratelných tucích pohyboval až kolem 20 % z celkového tuku. Pokrmové tuky určené na smažení obsahovaly více než 30 % TFA. Díky

jejich nízké ceně však trans-nenasycené mastné kyseliny z potravin úplně nevymizely. V dnešní době jsou největším zdrojem TFA smažené bramborové lupínky a hranolky, polotovary, nekvalitní čokoládové polevy. Trans-nenasycené mastné kyseliny vznikají také při výrobě majonézy a salátových zálievek. Nejrizikovější jsou pekárenské výrobky s obsahem ztužených tuků, jako jsou koblíhy, koláče, croissanty, sušenky, dorty a trvanlivé pečivo, kde se jejich obsah pohybuje okolo 1 % (Havlík & Marounek 2012; Roubík et al. 2018).

I když se v současné době výrobci snaží omezit či úplně snížit obsah trans-nenasycených mastných kyselin, stále se ve spoustě potravinách najde určité množství TFA. Česká legislativa však upravuje jejich obsah na obalu potravin. Nařízení pro Českou republiku a Evropskou unii je 1 % TFA ve 100 g výrobku (DACH 2019).

Vysoký podíl TFA ve stravě je pro zdraví daleko škodlivější než nasycené mastné kyseliny. TFA snadno pronikají do stěn cév, kde podléhají oxidaci, čímž narušují cévní stěnu. Nasycené mastné kyseliny také pronikají do stěn cév, ale nepodléhají oxidaci, jelikož neobsahují ve svém řetězci dvojnou vazbu. Cis konfigurace dvojných vazem u mononenasycených a polynenasycených mastných kyselin do stěn cév vůbec nepronikají, a tudíž je nemožné žádným způsobem poškodit (Bendsen et al. 2011; Vilikus et al. 2012).

Nadměrný příjem TFA zvyšuje hladinu LDL cholesterolu a triacylglycerolů v krvi a zároveň snižuje koncentraci HDL cholesterolu. Dochází k urychlení vzniku aterosklerózy a vyššímu riziku rozvoje kardiovaskulárních onemocnění, vzniku diabetu a pravděpodobně také vzniku nádorového onemocnění (Vilikus et al. 2012; Ginter & Simko 2016).

3.7.3 β -oxidace mastných kyselin

V lidském organismu probíhá β -oxidace v mitochondriích za aerobních podmínek. β -oxidace mastných kyselin je opakující se děj, při kterém se řetězec mastných kyselin postupně zkracuje o dva atomy uhlíku od karboxylového konce, než se nerozloží poslední atom uhlíku acyl-CoA na dvě molekuly acetyl-CoA. Jedna otočka lze zapsat jako:

$\text{Acyl-CoA} + \text{FAD} + \text{NAD}^+ + \text{HS-CoA} \rightarrow \text{acyl-CoA (o 2 uhlíky kratší)} + \text{FADH}_2 + \text{NADH} + \text{H}^+ + \text{AcCoA}$
(Schönfeld & Wojtczak 2016).

Než začne samotný proces β -oxidace, je zapotřebí aktivovat mastné kyseliny. Mastné kyseliny jsou v organismu transportovány jako volné mastné kyseliny neboli neesterifikované. V plazmě jsou však navázány na albumin a v buňce na vazebný protein, tudíž doslova volné nejsou. Tyto mastné kyseliny jsou málo reaktivní, proto do všech metabolických pochodů vstupují až poté, co se v cytosolu naváží na CoA pomocí acyl-CoA-ligázy v přítomnosti ATP. Tímto procesem vznikne aktivní forma mastné kyseliny neboli acyl-CoA za spotřeby jedné fosfátové vazby. Kompletní přeměnu zajišťují anorganické pyrofosfatázy rozkládající další vazbu v difosfátu. Na aktivaci jedné molekuly mastné kyseliny jsou spotřebovány dva fosfáty (Schönfeld & Wojtczak 2016).

Jakým způsobem a drahou se mastné kyseliny odbourávají, závisí na jejich typu. Mastné kyseliny s krátkým ($\text{C}_4\text{-C}_6$) a středně dlouhým ($\text{C}_8\text{-C}_{10}$) řetězcem prochází do mitochondrií, kde se v jejím matrix aktivují na acyl-CoA. Mastné kyseliny s dlouhým ($\text{C}_{12}\text{-C}_{18}$) řetězcem se dostávají na zevní mitochondriální membránu. Jelikož neproniknou až do mitochondrií, nemohou být oxidovány, pokud nejsou převedeny acylkarnitiny. Díky enzymu karni-tinpalmitoyltransferasa I, který se vyskytuje

právě na vnější mitochondriální membráně, vytváří z acyl-CoA s dlouhým řetězcem acylkarnitiny, které už mohou pronikat do matrix mitochondrií a zapojit se tak do β -oxidace. Acylová skupina je přenesena na molekulu CoA a výsledný karnitin je vrácen zpět do cytosolu (Schönfeld & Wojtczak 2016).

Prvním krokem β -oxidace je katalyzace vzniku dvojné vazby mezi 2. (α) a 3. (β) atomem uhlíku v řetězci mastné kyseliny flavozyem acyl-CoA-dehydrogenázou. Při této reakci vzniká trans-enoyl-CoA a elektrony přijímá FAD. Druhým krokem je hydratace dvojné vazby enoyl-CoA-hydratázou za vzniku 3-L-hydroxyacyl-CoA, kde elektrony přijímá koenzym NAD⁺. Dalším krokem je dehydrogenace β -hydroxyacyl-CoA 3-L-hydroxyacyl-CoA-dehydrogenázou, při čemž vzniká β -oxoacyl-CoA. Posledním krokem je thiolytické štěpení vazby C _{α} -C _{β} katalyzované β -oxoacyl-CoA-thiolázou za vzniku acetyl-CoA a nového acyl-CoA obsahujícího o dva atomy uhlíku méně než původní acyl-CoA. Při aerobním odbourávání kyseliny palmitové získá buňka 129 molekul ATP, který ji poskytne až 4200 kJ/mol. Tak vysoký energetický zisk dělá z tuků výborný zdroj energie (Murray 2002; Voet et al. 2016).

Odbourávání nenasyčených mastných kyselin v β -oxidaci probíhá stejně jako u nasycených, dokud se vazba nedostane do kontaktu s enoyl-CoA-hydratázou. Jelikož je většina dvojných vazeb nenasyčených mastných kyselin v potravě ve formě cis a enoyl-CoA-hydratáza vyžaduje trans izomery, je nutné převést konfiguraci cis na konfiguraci trans pomocí izomerázy. Volné mastné kyseliny jsou využity při resyntéze ATP při aerobním, déle trvajícím výkonu nižší intenzity (Murray 2002; Voet et al. 2016).

3.8 Lipofilní vitaminy

Vitaminy rozpustné v tucích neboli lipofilní vitaminy jsou nepolární hydrofobní látky a všechny jsou deriváty isoprenu. Lipofilní vitaminy jsou celkem čtyři a to A, D, E a K. Je to skupina esenciálních látek vykonávající různou funkci v lidském organismu. Jsou syntetizovány v organismu, ale v nedostatečném množství, proto je jejich nutný příjem ve stravě. V Tabulce 4 je uvedena potřebná denní dávka lipofilních vitaminů pro správnou funkci organismu. Absorbovány jsou pouze v případě nenarušení vstřebávání lipidů. Při narušení jsou znatelné projevy jejich nedostatku (Murray 2002; Benvenuto 2015).

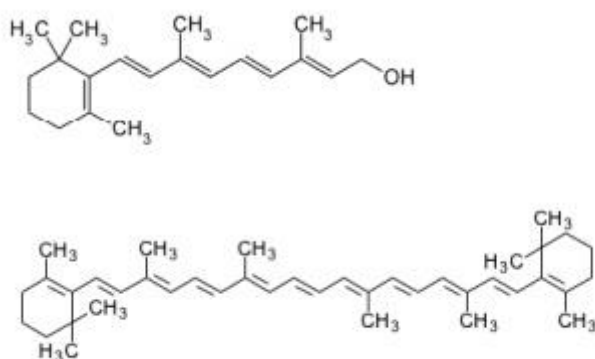
Při jejich dlouhodobém nedostatku se v lidském organismu mohou projevovat různé negativní příznaky. Rozdělují se na primární, způsobené nedostatečným příjmem daného vitamínu a sekundární, kdy se snižuje schopnost vstřebávat určité živiny. Při úplném nedostatku vzniká avitaminóza, u které se projevují poruchy tělesných funkcí nebo vážné nemoci. Častější je však hypovitaminóza, která je lehčí formou avitaminózy. Jedná se o krátkodobý nedostatek daného vitamínu. Opačným stavem je hypervitaminóza, ke které dochází nadměrným působením vitaminů. Vede k negativním účinkům až k patologickým projevům v organismu. Při nadměrné konzumaci právě lipofilních vitaminů dochází k jejich ukládání do tuků a při velmi vysokém nadbytku mohou působit až toxicky, to se týká zejména jater. K hypervitaminóze se nelze dostat konzumací běžné stravy, stává se tak u nadměrné suplementace vitaminů (Roubík et al. 2018).

Tabulka 4: Doporučené denní dávky vitamínu pro dospělou populaci České republiky (Roubík et al. 2018)

Vitamin	Jednotka	Doporučená denní dávka
Vitamin A	μg	800
Vitamin D	μg	5
Vitamin E	mg	12
Vitamin K	μg	75

Vitamin A

Vitamin A označuje skupinu látek včetně retinolu a určitých karotenoidů. Retinoidy jsou první skupinou, která zahrnuje obecný pojem vitamin A. V potravinách se vyskytují ve formě retinolu, retinalu, kyseliny retinové a retinolových esterů. (Velíšek & Hašlová 2009). Druhou skupinou jsou karotenoidy mající efekt provitaminu. Mezi tyto provitaminy patří lutein, lykopen, α-karoten, β-karoten a zeaxantin. Strukturální vzorce retinolu a β-karotenu jsou uvedeny na Obrázku 8. Absorpce není vždy kvantitativní. Záleží na složení potravy, přítomnosti tuků a způsobu přípravy pokrmů. Například množství β-karotenu potřebného pro vznik 1 μg retinolu je u provitaminu přítomného v mléce či margarínu 4 μg. Až 12 μg, pokud je karotka vařená ve vodě. Provitamin je ze syrové karotky prakticky nevyužitelný (Leray 2015; Akoh 2017; Fanali et al.2017).



Obrázek 8: Strukturální vzorec retinolu (nahore), strukturální vzorec β-karotenu (dole)(The Healthy Heart 2015)

Vitamin A je důležitý pro zrak, v lidském organismu se retinal v sítnici oka podílí na barevném vidění. Dále se uplatňuje při správném fungování imunitního systému a genové exprese během vývoje plodu (Velíšek & Hašlová 2009; Leray 2015).

Nachází se v rybím oleji, vejcích, mléce a mléčných produktech, másle a tučném mase. Nejvíce vitamínu A je obsaženo v játrech savců a drůbeže. Karotenoidy, které slouží jako provitaminy jsou obsaženy v ovoci a zelenině (Skibsted et al. 2010).

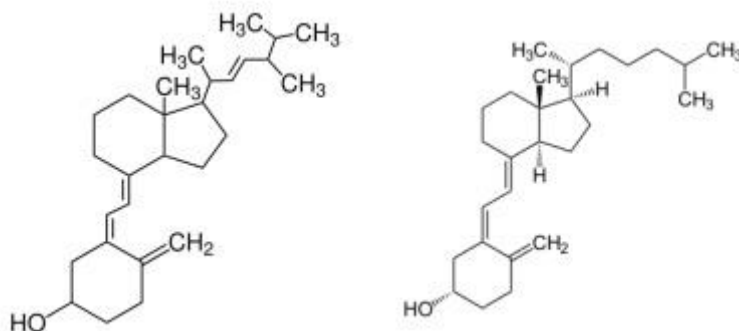
Doporučená denní dávka je u dospělé osoby 800 miligramů vitamínu A. Potřeba vitamínu A je pokryta z 50 % provitaminy z rostlinné stravy, a to ze 40 % ze zeleniny a z 8 % z ovoce. Další 20 % potřeby pokrývají provitaminy z masa, 15 % provitaminy z mléka a 6 % retinol a provitaminy z vajec. Při nadměrné konzumaci vitamínu A nastává hypervitaminóza, k jejímž příznakům patří ospalost, bolesti hlavy a svalů. Také se může projevit přechodným zbarvením kůže do žluté barvy, právě díky karotenoidům. Avitaminóza neboli nedostatek vitamínu A se projevuje poruchami vidění, zvýšenou lámavostí nehtů a vlasů, inhibicí růstu, špatnou sekrecí hlenu ve střevě, deformací kostí a pohlavních orgánů (Vodrážka & Hašlová 2009; Leray 2015).

Ke ztrátám vitamínu A dochází při UHT pasteraci mléka a to do 6 % z původního obsahu. Při vystavení světlu a vzduchu dochází za hodinu ke ztrátám 20 až 30 %. V sušeném mléce je vitamin velmi stabilní, a to platí i pro běžné zpracování masa. U konzervovaného ovoce a zeleniny dochází po roce ke ztrátám 85 až 100 %. Karotenoidní látky v sušeném ovoci snadno oxidují a při skladování dochází ke ztrátě až 50 % (Vodrážka & Hajšlová 2009).

Vitamin A se považuje za labilní vitamin. Nejméně stabilní formou oproti retinolovým esterům je retinol. Je citlivý na světlo, teplo a přístup kyslíku. Kvůli labilitě ke kyslíku se do vitaminových doplňků obsahující vitamin A přidávají antioxidanty (Skibsted et al. 2010).

Vitamin D

Do této skupiny vitaminů se řadí sekosteroidy, které pomáhají vstřebávat železo, vápník, hořčík a zinek v trávicím traktu. Vitamin D je proto často srovnávám s hormonem, jeho aktivní forma syntetizována v ledvinách a poté transportována krví do střevní sliznice. Nejvýznamnější je vitamin D₃ označovaný jako cholekalciferol a vitamin D₂ pojmenován jako ergokalciferol (viz Obrázek 9). Lidský organismus ho je schopen syntetizovat v pokožce, kde dochází k přeměně dehydrocholesterolu na vitamin D₃ za pomoci slunečního záření (Vodrážka & Hajšlová 2009; Leray 2015; EFSA 2016).



Obrázek 9: Strukturální vzorec ergokalciferolu (vlevo), cholekalciferolu (vpravo) (EFSA 2016)

Hlavní funkcí vitamínu D je metabolismus minerálních látek, což je udržování hladiny vápníku a fosforu v organismu a jejich resorpce ze střeva. Důležitou roli hraje i ve správném fungování imunitního systému, má vliv na remodelaci kostí a nervosvalové funkce (Schwalfenberg 2011; EFSA 2016).

Cholekalciferol se přirozeně vyskytuje v potravinách živočišného původu. Vyšší obsah se nachází v játrech a masu tučných ryb, jako je úhoř, losos, sled' či sardinky. Menší množství obsahuje maso a vnitřnosti hospodářských zvířat, mléko a vaječný žloutek. V masu ryb je jeho obsah 100krát větší než v játrech či másle. Potravin s přirozeným výskytem vitamínu D je pouze malé množství, většina potravin je jím obohacena, jako jsou mléčné výrobky, margaríny, cereálie a také kojenecká výživa. (Lamberg-Allardt 2006)

Významným zdrojem ergokalciferolu z rostlinných zdrojů jsou vyšší houby, například pečárka dvouvýtrusá neboli žampion (*Agaricus bisporus*). Dalším zdrojem vitamínu D₂ jsou kakaové boby z kakaovníku pravého (*Theobroma cacao L.*) (Lamberg-Allardt 2006; Kühn et al. 2018).

Dávkou 10-20 µg denně se může zabránit nedostatku vitamínu D, avšak jeho příjem je výrazně nižší. Pro kojence se doporučuje dávka 5-10 µg. Pro děti a dospělé je správný příjem 5-15 µg, stejné množství je vhodné také pro těhotné ženy. Nedostatek neboli hypovitaminosa se projevuje deformací

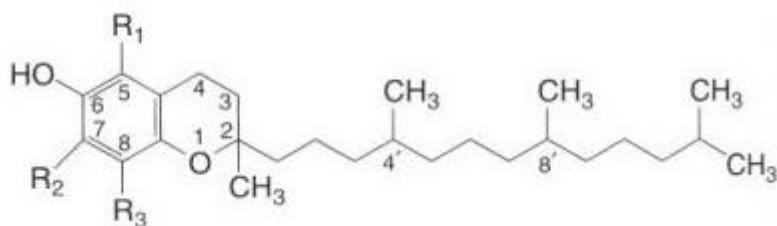
kostry, častým výskytem zlomenin, špatnou obnovou kostní tkáně, rachitidou (křivice u dětí), bolestmi kloubů a špatnou funkcí orgánů. Naopak nadměrný přísun vitamínu D se kumuluje v játrech a může tak způsobit organismu toxicitu (Saarela 2011; Hendrychová & Malý 2013; Chirkin et al. 2013).

Množství vzniku vitamínu D závisí na věku jedince, tloušťce, ploše a pigmentace slunečné pokožky, doby strávené na slunci, kvalitě a intenzitě ultrafialového záření, stupni znečištění atmosféry, a hlavně zeměpisné šířce oblasti. Slunečné záření pokryje denní potřebu vitamínu D po celý rok pouze v oblastech okolo rovníku. Proto se doporučuje suplementace vitamínu D u populace v severní zeměpisné šířce nad 40°, do tohoto doporučení spadá také Česká republika, ve které je úroveň UV záření nižší. V současné době se uvádí, že v období od podzimu do jara, kdy je endogenní syntéza nejnižší, je třeba v potravě přijmout okolo 20 µg za den. Více než 95 % české populace tuto hodnotu nesplňuje a trpí tedy nedostatkem vitamínu D (Hendrychová & Malý 2013; Ruprich 2018).

Formy vitamínu D jsou stabilní vůči zásadám, naopak jsou náchylné na kyslík, světlo a kyseliny. Během zahřívání dochází k jejich izomeraci (Fanali et al. 2017).

Vitamin E

Mezi sloučeniny vykazující aktivitu vitamínu E patří tokoferoly a tokotrienoly. Nejvíce biologicky aktivní je α -tokoferol (viz Obrázek 10). Vitamin E je významný antioxidant, v potravinách redukuje produkty vzniklé oxidací a sám se při tomto procesu oxiduje (Pánek 2002).



Obrázek 10: Strukturální vzorec α -tokoferolu (Soška 2009)

Využívá se pro ochranu vitamínu A. Chrání také polynenasycené mastné kyseliny přítomné ve fosfolipidech. V lidském organismu slouží jako nejvýznamnější antioxidant chránící buněčné membrány před oxidativním poškozením. Společně s vitamínem C se podílí na regeneraci svalové hmoty. Dále přispívá proti vzniku oxidačního stresu, ateroskleróze, rakovině a také Alzheimerově chorobě. Je také velmi důležitý pro normální stavbu erytrocytů a podílí se na procesu stárnutí (Giménez et al. 2019).

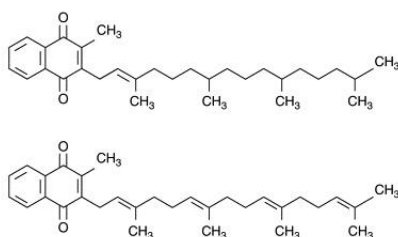
Vitamin E se nachází většinou v potravinách rostlinného původu, v malém množství i v živočišných produktech. Nejvíce je ho obsaženo v oleji z obilných klíčků a to 1650-3000 mg/kg. Více vitamínu E obsahují panenské oleje než ty rafinované. Surový řepkový olej obsahuje 360-1000 mg/kg, kdežto v rafinovaném oleji je jeho množství 140-850 mg/kg. Obsah vitamínu E se liší také dle zdroje. Pšenice, kukuřice a sója obsahují zejména tokoferoly, zatímco ječmen, oves, rýže a palmový olej obsahují tokotrienoly. V ovoci je obsah velmi malý, v zelenině se liší podle částí, kde vyšší obsah je v zelených částech, avšak nepřesahuje množství 10mg/kg. V živočišných produktech je zejména zastoupen α -tokoferol. Celkový obsah v másle se pohybuje do 50 mg/kg. V mléce jeho obsah hodně závisí na stravě zvířete (Vodrážka & Hajšlová 2009, Leray 2015; Giménez et al. 2019).

Denní příjem se udává na 12 mg. U těhotných žen se doporučuje o 2 mg více. U kojících žen je to o 5 mg více. Při jeho nedostatku hrozí svalová únava, zvýšený oxidační stres, zhoršené reflexy a soustředěnost, anémie, neplodnost a neurologické potíže (Vodrážka & Hajšlová 2009; Hendrychová & Malý 2013; Roubík et al. 2018).

Při rafinaci oleje dochází ke ztrátám na 10-50 % z původního obsahu. Při hydrogenaci tuků jsou ztráty okolo 30-50 %. Při skladování masa, masných výrobků, mléka a cereálií jsou ztráty do 10 %. Pasterací mléka jsou ztráty kolem 5 % z původního obsahu. Mezi největší ztráty se řadí pečení a smažení. Ke snižování obsahu vitamínu E vede také sušení ovoce, u kterého činí ztráty 50-70 %. Je považován za stabilní vitamin, nestabilní je pouze při teplotách pod bodem mrazu a při zahřívání za přístupu kyslíku (Vodrážka & Hajšlová 2009, Leray 2015).

Vitamin K

Do skupiny vitamínu K patří dva přírodně se vyskytující vitamery. První je K₁ (fylochinon) a druhý K₂ (menachinon) (viz Obrázek 11). Fylochinon je produktem rostlinného původu, u rostlin se účastní fotosyntézy a může být bakteriemi přeměněn na menachinon. Menachinon je proto produktem bakteriální syntézy střevní mikroflóry (Shearer 1995).



Obrázek 11: Strukturální vzorec vitamínu K₁ (nahore) a K₂ (dole) (Bartoš 2020)

Vitamin K je důležitý v procesu mineralizace kostní tkáně, při buněčném růstu a pro funkci proteinu podílející se na srážení krve. Při jeho nedostatku dochází k osteoporóze a osteoporotickým zlomeninám (Shearer 1995).

Bohatá na vitamin K jsou játra hospodářských zvířat. Jeho obsah v masu a mléce se pohybuje kolem 0,03 mg/kg. U potravin rostlinného původu je dobrým zdrojem vitamínu K zelená listová zelenina, jako je špenát, zelí a salát. Obsah vitamínu K je na krajních listech salátu 3- 6krát vyšší než ve žlutých listech uvnitř hlávky (Vodrážka & Hajšlová 2009; Fanali et al. 2013; Fennema et al. 2017).

Denní potřeba se pohybuje kolem 1 µg na kg hmotnosti člověka. Denní příjem je vyšší, ale absorbováno ve střevě je jen 30-70 %. K hypovitaminóze může dojít po léčbě antibiotiky či chemoterapeutiky, které narušují střevní stěnu. Nedostatek se projevuje poruchami srážlivosti krve, krvácivostí a anémií (Hendrychová & Malý 2013; Fennema et al. 2017).

Během tepelného zpracování či skladování nedochází k velkým ztrátám, jelikož jsou formy vitamínu K poměrně stabilní při zahřívání, avšak jsou degradovány slunečním zářením a působením zásad (Vodrážka & Hajšlová 2009; Leray 2015).

Jeho stabilita podléhá izomeraci, kvůli jeho násobným vazbám v molekule. Je také citlivý na světlo, hlavně na UV záření. Na druhé straně je stabilní vůči kyslíku a vysokým teplotám (Skibsted 2010).

3.9 Tuky v potravinách

Lipidy z rostlin neboli oleje jsou tvořeny hlavně z triacylglycerolů, lipidy pocházející ze živočichů se skládají nejen z triacylglycerolů, ale také z fosfolipidů. Potravin obsahující největší množství fosfolipidů jsou vejce, ve kterých se fosfolipidy vyskytují až ze 30 %. Některé potraviny neobsahují jen triacylglyceroly a fosfolipidy, ale i další složky, jako jsou steroly, karotenoidy, vitamíny rozpustné v tucích a glykolipidy. Důležitým faktorem je, že cholesterol se v lipidech rostlinného původu téměř nevyskytuje. U živočišných produktů jeho obsah nepřesahuje 70 miligramů na 100 gramů masa (Mann & Truswell 2012; Leray 2015).

Nejdůležitější roli zde hrají mastné kyseliny, které dodávají 95 %-98 % energie z celkových lipidů. Mastné kyseliny tvoří 96 % hmotnosti triacylglycerolu a 71 % hmotnosti fosfolipidů. Živočišné tuky, jako je sádlo, rybí olej a máslo jsou prakticky složeny pouze z lipidů, ale některé živočišné produkty, jako je maso, vejce a ostatní mléčné výrobky obsahují pouze od 4 % do 25 % lipidů (Mann & Truswell 2012; Leray 2015).

Tuky vyskytující se v potravinách mohou být zjevné, které se do těchto potravin přidává během hydrogenace. Tuky, které jsou přidávány během výroby do surové potraviny představují u masa 1 %-17 %, 2 % -56 % pro uzeniny a ostatní masné výrobky, 9 % - 34 % pro sýry a 6 %-35 % pro pečivo, jsou konzumovány ve formě pomazánek, jako např. máslo, sádlo, olej při smažení, či do salátu. Největší nebezpečí pro překračování doporučeného množství tuků představuje tuk skrytý. Ten je již součástí surovin a potravin. Je konzumován prostřednictvím masa, mléka, mléčných výrobků, uzenin, paštik, trvanlivého pečiva, cukrářských výrobků apod (Mann & Truswell 2012).

V průmyslově zpracovaných potravinách a u lahůdek je obsah lipidů mnohem rozmanitější a jeho obsah je obecně mnohem vyšší než v původních produktech. Tuk se do těchto potravin přidává během hydrogenace. Tuky, které jsou přidávány během výroby do surové potraviny představují u masa 1 %-17 %, 2 % -56 % pro uzeniny a ostatní masné výrobky, 9 % - 34 % pro sýry a 6 %-35 % pro pečivo (Leray 2015).

3.9.1 Živočišné tuky

Tyto tuky jsou získávány z tukových tkání živočichů. Živočišné tuky komerčního významu jsou vedlejší produkty při výrobě masa nebo úpravě ryb. U suchozemských živočichů jsou lipidy přítomny v podkožním či viscerálním tuku. Jako dalším zdrojem lipidů živočišného původu jsou tuky získané z mléčných výrobků (Leray 2015).

Maso

Masem se dle zákona o potravinách označují všechny části zvířete určené ke spotřebě lidí. V užším slova smyslu je to svalová tkáň, která vždy obsahuje podíl tukové tkáně. Množství lipidů obsažených ve svalových tkáních závisí na druhu zvířete, v jakém svalu tuk se nachází a na výživě zvířat (Pánek 2002; Leray 2015).

Živočišné lipidy jsou složeny z triacylglycerolů a z fosfolipidů, kde je jejich podíl přibližně 15 % z celkového obsahu lipidů. Nejvíce polynenasycených mastných kyselin se nachází u ryb, naopak méně u hovězího a skopového masa. Hovězí a skopové maso poskytuje nejvyšší množství nasycených mastných kyselin, ale má nevhodný poměr n-3 ku n-6 mastným kyselinám. Velký vliv má na složení tuků ve svalech zvířete jejich výživa. U skotu spásajícího travní porosty je vyšší obsah polynenasycených mastných kyselin a společně i vyšší obsah n-3 mastných kyselin než u skotu krmeného obilovinami (Leray 2015).

Obecně maso není dobrým zdrojem n-3 mastných kyselin. Drůbeží a králičí maso je méně bohaté na obsah tuku, ale na rozdíl od ostatních zvířat obsahuje více n-3 mastných kyselin. Obsah tuku a složení mastných kyselin v mase je uveden v Tabulce 5 (Leray 2015).

Tabulka 5: Obsah tuku a složení mastných kyselin ve vybraných druzích mas (gramy na 100 g čerstvé hmotnosti) (Leray 2015)

	Celkový tuk	Nasycené	Mononenasycené	Polynenasycené
Skopové stehno	14,0	6,4	5,7	0,8
Hovězí steak	4,0	1,7	1,7	0,2
Kuřecí prso	3,9	1,0	1,3	0,8
Krůtí prso	2,3	0,5	0,5	0,4
Vepřová pečeně	9,2	3,4	2,6	2,1
Králičí maso	4,3	1,6	2,0	0,3

Ryby

U tuků mořských ryb jejich obsah závisí na druhu ryby, ročním období a zeměpisné poloze. Obecně má rybí tuk větší poměr n-3 ku n-6 nenasycených mastných kyselin. Ryby neprodukují n-3 nenasycené mastné kyseliny, ale hromadí se jim v těle vlivem konzumace planktonu a jiných druhů ryb. Jsou bohatým a nejvýznamnějším zdrojem EPA a DHA. U sladkovodních druhů ryb se ukládá více n-6 nenasycených mastných kyselin než u ryb mořských. Složení mastných kyselin a obsah tuků u vybraných ryb je uveden v Tabulce 6 (Turley & Thomson 2015).

Aby organismus dosáhl dostatečného množství n-3 mastných kyselin, je doporučeno jíst mořské plody a ryby alespoň dvakrát v týdnu. Konzumace ryb místo masa podporuje zdraví a správnou činnost srdce. Při přípravě ryb je vhodné využívat grilování, pečení, dušení, ale ne smažení. Smažení má za následek snížení podílu n-3 mastných kyselin a zvyšuje se podíl trans-nenasycených mastných kyselin. Druhy s dobrými nutričními vlastnostmi jsou krevety, mušle, losos a sardinky (Whitney & Rolfes 2011; Turley & Thomson 2015).

V české republice je spotřeba ryb velmi nízká, kolem pěti kilogramů na osobu a rok, a proto je třeba tuto spotřebu navýšit (Pánek 2002).

Tabulka 6: Obsah tuku a složení mastných kyselin v % u vybraných vodních živočichů (gramy na 100 g čerstvé hmotnosti) (Leray 2015)

Ryba	Celkový tuk	Nasycené	Mononenasycené	Polynenasycené
Treska	0,8	0,2	0,1	0,3
Ústřice	1,5	0,34	0,34	0,52
Sardinka	11,2	3	3,6	3,4
Pstruh	4,3	0,9	1,4	1,5
Makrela	14,2	3,2	4,0	3,6
Losos	11,8	1,8	4,7	3,3

Rybí olej

Rybí olej nebo též označován jako rybí tuk je extrahován z těla, svalů, jater nebo jiného orgánu ryb. Patří do živočišných tuků, ale od ostatních se liší svým složením mastných kyselin. Rybí olej je jeden z nejnadhěji dostupných zdrojů n-3 mastných kyselin (Kasper & Heinrich 2015).

Rybí olej se doporučuje pro zdravou stravu, protože obsahuje n-3 nenasycené mastné kyseliny, eikosapentaenovou kyselinu (EPA), prekuzory eikosapentaenové kyseliny a kyselinu dokosahexaenovou, které jsou důležité pro správné fungování mozku, mají také účinky antiarytmické, antitrombotické a protizánětlivé (Besri 2015; Kasper & Heinrich 2015).

Rybí olej je bohatý na širokou škálu mastných kyselin. Nasyčené kyseliny jsou zde z 28 %, mononenasyčené mastné kyseliny zaujímají 52 %. Zástupce polynenasycených mastných kyselin, jako je skupina n-3 je obsažena z 15 % a skupina n-6 z 5 % (viz Tabulka 7). Rybí tuk je významný právě svým obsahem vysoce nenasycených mastných kyselin s dlouhým řetězcem skupiny n-3, jako je kyselina eikosapentaenová (EPA) a dokosahexaenová (DHA) (Dlouhý & Anděl 2009; Besri 2015; Brát 2018).

Tabulka 7: Složení mastných kyselin ve 100 g rybiho oleje (USDA 2016)

Mastná kyselina	Obsah v g
palmitová	11,7
stearová	0,8
olejová	11,9
linolová	1,2
eikosapentaenová	6,3
dokosahexaenová	4,2

Rybí tuk byl v dřívější době podáván dětem proti křivici, dnes se využívá za stejným účelem a je prokázáno mnoho dalších příznivých vlivů na lidský organismus. Na rozdíl od dřívější doby je dnes dostupný v méně nepříjemné formě, a to nejčastěji ve formě roztoku nebo gelových kapslí. Přípravky rybiho tuku dostupné na trhy pocházejí z přírodních zdrojů, například z lososa či jiných mořských ryb obsahují kyselinu eikosapentaenovou a dokosahexaenovou v koncentraci vyšší než 30 % a podílem 18 % EPA a 12 % DHA (Patel 2019).

Dávkování pro zdravého jedince je doporučeno na 250 mg EPA a DHA, tohoto množství je možno dosáhnout i běžnou konzumací ryb, alespoň dvě porce týdně. Pokud však jedinec není toto množství schopen získat z přirozené stravy je doporučena jeho suplementace. Americká kardiologická asociace doporučuje množství EPA a DHA okolo 1 gramu denně (Mayo Clinic 2017; Patel 2019).

Doplňky stravy na českém trhu obsahují okolo 180 mg EPA a DHA, proto je většina doplňků stravy schopna dodat organismu toto potřebné množství (Bezpečnost potravin 2018).

V mořských rybách se však objevují polychlorované bifenylly (PCB) neboli kontaminující látky. Polychlorované bifenylly se váží na tukové buňky v těle ryb, také v orgánech, kterými jsou nejčastěji játra (Brát 2019; Mayo Clinic 2019).

Polychlorované bifenyly se nejčastěji vyskytují u ryb obývajících dno moře, jako je okoun mořský, pstruh obecný, losos obecný a okoun americký. U lososů chovaných na farmách je vysoký obsah PCB způsobený vlivem krmení lososů rybí moučkou získanou ze sledů a ančoviček. Větší ryby dožívající se vyššího věku obsahují také větší množství toxických látek. Nejvyšší množství PCB mají ve svém těle ryby žijících v hlubokých chladných vodách. Tyto ryby však obsahují také nejvyšší množství EPA a DHA. Zde převládají pozitivní faktory nad těmi negativními. Vysoké množství PCB může vyvolávat vznik rakoviny, špatnou funkci nervového systému a také mají negativní účinky na imunitní systém. U těhotných žen mohou polychlorované bifenyly ovlivnit vývoj plodu, či vyvolat předčasný porod (Brát 2019; Mayo Clinic 2019; OEHHA 2019).

Pro snížení množství PCB je vhodné před tepelnou úpravou ryb odstranit kůži včetně podkožního tuku, vyjmout vnitřní orgány a vymýt tělní dutinu. Není vhodné konzumovat šťávu či vodu, ve které byly ryby vařeny. Dle Světové zdravotnické organizace (WHO) převažuje u konzumace ryb jejich nutriční hodnota a obsah nenasycených mastných kyselin nad potencionálními riziky obsahu kontaminujících látek (Brát 2019; Mayo Clinic 2019; OEHHA 2019).

Sádlo

Sádlo je živočišný tuk pocházející hlavně z podkožního tuku prasete. Oblíbené je také sádlo kachní a husí. Sádlo se získává po roztavení tukové tkáně získané z podkoží nebo viscerálního tuku (Leray 2015; The conscious life 2020).

Vepřové sádlo obsahuje 45,1 % mononenasycených mastných kyselin, 39,2 % nasycených mastných kyselin a 11,2 % polynenasycených mastných kyselin na 100 g sádla. Obsah cholesterolu se pohybuje kolem 95 mg na 100 g. Z mononenasycených mastných kyselin je nejvíce zastoupena kyselina olejová. Zástupci nasycených mastných kyselin jsou kyselina palmitová, laurová, stearová a myristová. Vepřové sádlo obsahuje desetkrát více n-6 mastných kyselin než n-3 mastných kyselin. N-3 mastné kyseliny jsou zastoupeny v množství pouze 1 g na 10 g sádla a výskyt kyseliny eikosapentaenové a dokosahexaenové jsou zanedbatelné (viz Tabulka 8) (Leray 2015; The conscious life 2020).

Tabulka 8: Složení mastných kyselin ve 100 g sádla (Kučera 2007)

Mastná kyselina	Obsah v %
myristová	1
palmitová	24
stearová	14
olejová	42
linolová	9
α -linolenová	1

Jeho kulinářské využití závisí na tom, z jaké části prasete je odebráno a jakým způsobem je zpracováno. V potravinářském průmyslu slouží jako složka klobás, paštik a ostatní masných výrobků. Díky jeho velkým tukovým krystalům se používá v pekárenském průmyslu, jelikož dělá pečivo více jemnější a nadýchanější. Vzhledem k jeho relativně vysokému kouřovému bodu, který souvisí s jeho vyšším obsahem nasycených mastných kyselin, je vhodný ke smažení i pečení, ale také si jej lze bez tepelné úpravy namazat na chléb či jiné pečivo. Kromě potravinářského průmyslu se využívá na výrobu mýdel a biopaliva (Thomson 2014).

Jelikož sádlo obsahuje vyšší množství nenasycených mastných kyselin a je obohaceno o vitamin D, je vhodné ke konzumaci. Je však třeba brát v potaz obsah nasycených mastných kyselin, které zvyšují hladinu LDL cholesterolu v krvi a přispívají k riziku srdečních chorob. Smažením pokrmů na sádle se zvyšuje jeho příjem, kvůli tomu, že se více zadržuje v potravinách. Proto jen 20 g sádla vyčerpá polovinu denního příjmu nasycených mastných kyselin (Brát 2014; Brabaw 2015).

Lůj

Lůj je při pokojové teplotě tuhý tuk získaný z tukové tkáně přežvýkavců. Obecně se vyznačuje značnou přítomností nasycených mastných kyselin, okolo 40 % je nejvíce zastoupená kyselina palmitová a stearová. Kyselina olejová se zde nachází ze 35-50 %. Je zde i menší množství kyseliny linolové. Lůj přežvýkavců obsahuje také kolem 5 % trans-nenasycených mastných kyselin. Nejvíce trans izomerů je od kyseliny olejové. Příjem trans mastných kyselin je minimální, protože v lidské výživě je podíl loje velmi malý. Lůj obsahuje 80-140 miligramů cholesterolu na 100 g tuku (Kučera 2007).

Tabulka 9: Složení mastných kyselin ve 100 g loje (Kučera 2007)

Mastná kyselina	Obsah v %
myristová	3
palmitová	25
stearová	20
olejová	38
linolová	3,5
α -linolenová	0,5

Užívá se hlavně v kosmetickém a farmaceutickém průmyslu, jako krmivo pro zvířata a minimum se využívá v potravinářském průmyslu (Leray 2017).

Mléko a mléčné výrobky

Kravské mléko obsahuje kolem 3,8 % lipidů na litr ve formě kapek triacylglycerolu obklopených membránou složenou z bílkovin a fosfolipidů. Kravský mléčný tuk má vysoký obsah nasycených mastných kyselin, které jsou však dobře stravitelné, protože se vyskytují v krátkých nebo středně dlouhých uhlíkatých řetězcích. Jejich obsah je 2,8 % na 100 gramů mléka. Nenasycených mastných kyselin obsahuje méně, jejich hodnota je 0,9 %, z toho mononenasycené zaujímají 0,8 % a polynenasycené 0,1 %. Jednotlivé zastoupení mastných kyselin je uvedeno v Tabulce 10. Podíl fosfolipidů není moc výrazný, hlavními fosfolipidy jsou fosfatidylethanolamin, fosfatidylcholin a sfingomyelin. Každý z nich je obsažen ze 30 % z celkových lipidů (Kučera 2007; Akoh 2017).

Tabulka 10: Složení mastných kyselin ve 100 g mléka (Kučera 2007)

Mastná kyselina	Obsah v %
myristová	10
palmitová	25
stearová	15
olejová	25
linolová	2,5
α -linolenová	1

Mateřské mléko obsahuje okolo 4 % tuku. U mateřského mléka mají nasycené mastné kyseliny a nenasycené mastné kyseliny, skoro stejný podíl a jejich hodnota se pohybuje okolo 1,9 %. Mezi polynenasycené mastné kyseliny však patří konjugovaná kyselina linolová a kyselina dokosaheptaenová sloužící ke správnému vývoji mozku a sítnice. Obsahuje také významné množství fosfolipidů a sterolů. Složení mateřského mléka z části souvisí na výživě matky, tedy i obsah n-3 mastných kyselin kolísá s obsahem příjmu matky (Leray 2015; Akoh 2017).

Mléko obsahuje také cholesterol, u kterého jeho obsah závisí na množství tuku obsahující mléko nebo mléčné produkty. V nízkotučných výrobcích se jeho obsah pohybuje okolo 1,8 mg/100 g, kdežto v másle je jeho obsah vysoký a to kolem 250 mg/100 g. Mléko je zdrojem vitamínu A, D a karotenů, kde se se snižujícím obsahem tuku, snižuje množství těchto vitaminů (Pánek 2002; Pánek et al. 2002).

Beztučné a nízkotučné výrobky poskytují více bílkovin a vápníku, ale nižší množství nasycených mastných kyselin. Fermentované mléčné výrobky jako je jogurt nebo kefir pomáhají snižovat hladinu cholesterolu v krvi, jelikož tyto výrobky zvyšují počet a aktivitu bakterií v tlustém střevě. Tyto bakterie urychlují vylučování žluče a produkují nasycené mastné kyseliny s krátkým řetězcem inhibující syntézu cholesterolu v játrech (Whitney & Rolfes 2001).

Veje

Tímto pojmem se smí označovat pouze vejce slepičí, ostatní druhy je nutné označit dle příslušného ptáka, z kterého pocházejí. Spotřeba vajec za jeden rok se v České republice pohybuje kolem hodnoty 256 kusů na osobu (Agrární komora ČR 2019).

Vejce se skládá ze skořápky, bílku a žloutku. Vaječný obsah je bohatý na kvalitní bílkoviny, tuky a vitamíny, jako jsou vitamíny A, D, E, K, vitamíny skupiny B a karotenoidy. Nejvíce lipidů je obsaženo ve žloutku. Lipidy obsažené ve vaječném žloutku mají příznivý poměr mezi nasycenými mastnými kyselinami a nenasycenými mastnými kyselinami. Vaječný žloutek je složen z 30 % nasycenými mastnými kyselinami a až ze 70 % polynenasycenými mastnými kyselinami, z toho 46 % připadá na mononenasycené a 16 % na polynenasycené mastné kyseliny. Obsah jednotlivých mastných kyselin je uveden v Tabulce 11. (Pánek 2002; Chow 2008; Kalač 2008).

Vaječný žloutek obsahuje také n-3 mastné kyseliny. U vajec je důležité, v jakých podmínkách slepice žijí. Pokud mají volný výběh a jejich strava je založena hlavně na píce a různých semenech, pak je obsah n-3 mastných kyselin ve 100 g žloutku vyšší než 1700 mg. Pokud jsou slepice chovány v klecích, obsah n-3 je pouze kolem 175 mg na 100 g. Proto je možné pro zvýšení obsahu n-3 mastných kyselin slepice přikrmovat rybím olejem či olejem z mořských řas (Simeonovová 1999; Kasper & Heinrich 2015).

Tabulka 11: Složení mastných kyselin ve 100 g žloutku (Kučera 2007)

Mastná kyselina	Obsah v %
palmitová	20
stearová	5,5
olejová	50
linolová	6
n-3, n-6	9

Vejsce obsahuje značné množství fosfolipidů, v jeho žloutku je až 28 % fosfolipidů a je využívaným zdrojem pro farmaceutický průmysl. Využívá se také jako emulgační činidlo, což je látka, která snižuje povrchové napětí. Vaječný žloutek obsahuje také zvýšené množství cholesterolu. V jednom žloutku se vyskytuje až 200 mg cholesterolu. Jelikož pro zdravý životní styl a pro předcházení kardiovaskulárních chorob se doporučuje přijímat množství cholesterolu do 300 mg za den, je doporučeno pro zdravého jedince konzumovat jedno vejce denně (Velíšek & Hajšlová 2009; Brody 2019).

3.9.2 Rostlinné tuky

1) Získ a úprava rostlinných tuků

Lisování a extrakce

Rostlinné oleje se získávají ze semen a plodů rostlin pomocí procesu lisování nebo extrakce, lze využít také kombinaci obou metod. Lisování může probíhat za studena, přičemž při výrobě nedochází k tepelné úpravě semen, nebo za tepla, kdy k tepelné úpravě semen dochází. Při zvyšování teploty se zvyšuje výtěžnost oleje ze semen. Tato metoda se využívá u olejů s vyšším obsahem tuku, a to od 25-30 % (Eufic 2014; Brát 2014; Brát 2018).

Při procesu extrakce se využívá pro získání oleje organické rozpouštědlo, nejčastěji je to hexan. Tento způsob je kritizován právě z důvodu použití organických rozpouštědel, které se sice odstraní v průběhu rafinace, ale jejich část se během procesu dostává do ovzduší a tím znečišťují životní prostředí. Množství hexanu obsaženého v oleji je legislativně stanoveno na 1mg v 1 kg oleje. Extrakce se používá pro olejiny obsahující menší množství oleje. Kombinací obou metod se nejprve předlisují semen a tím se získají 2/3 oleje. Následuje extrakce vzniklých pokrutin (Brát 2014; Brát 2018).

Rafinace

Rafinací se zbavují oleje nežádoucích nečistot, které jsou přítomny v surovém oleji. Jde o zbytky bílkovin, buněčných tkání, barviv a kontaminujících látek, jako jsou například stopy těžkých kovů a pesticidů. Dále se musí odstranit voda, která je spolu s bílkovinami vhodným prostředím pro růst mikroorganismů. Oleje lisované za studena tímto procesem neprocházejí, jejich čištění probíhá pouze vodou. Oleje získané za tepla pomocí extrakce je nutné tomuto procesu podrobit (Brát 2014).

Celý proces rafinace se skládá z dílčích operací. První operací je hydratace, při které se odseparují fosfolipidy. Následuje neutralizace, u které se odstraní volné mastné kyseliny. Dalším procesem je bělení, kde se odstraní z oleje barviva a vzniká tak polorafinovaný olej. Poslední operací je proces deodorace, při které jsou odstraněny nežádoucí pachové látky (Kadlec 2008).

Produktem rafinace je tedy plně rafinovaný olej, který představuje směs acylglycerolů s minimálním množstvím fosfolipidů, volných mastných kyselin, barviv a je zcela neutrální ve vůni a chuti. Při rafinaci bohužel dochází ke snižování prospěšných látek, jako jsou právě fosfolipidy, tokoferoly, provitaminy a rostlinné steroly. Rafinované oleje mají pestré využití, na použití v teplé kuchyni závisí jejich tepelná stabilita (Brát 2018).

2) Zdroje rostlinných tuků

Slunečnicový olej

Slunečnicový olej se extrahuje ze semen slunečnice roční (*Helianthus annuus*) Semena obsahují od 36 % do 44 % oleje (Leray 2015).

Obsahuje více než 60 % n-6 mastných kyselin, 20 % mononenasycených mastných kyselin, 10 % nasycených mastných kyselin a pouze zanedbatelné množství n-3 mastných kyselin. Jednotlivé mastné kyseliny jsou znázorněny v Tabulce 12. V důsledku obsahu kyseliny linolové až ze 60 % je charakterizován vysokým stupněm nenasyčení (Foster et al. 2009; Leray 2015).

Tabulka 12: Obsah mastných kyselin ve slunečnicovém oleji na 100 ml (Simeonová 1999)

Mastná kyselina	Obsah v %
palmitová	5-7
palmitoolejová	<0,5
stearová	4-6
olejová	15-25
linolová	62-70
eikosahexaenová	<1
dokosahexaenová	<1

Slunečnicový olej má blahodárné účinky při zvýšené hladině cholesterolu v krvi, je vhodný pro prevenci kardiovaskulárních onemocnění. Příznivě působí na nervový systém a při problémech s kůží (Foster et al. 2009).

Jelikož je složen z převažujícího množství méně stabilních mononenasycených a polynenasycených mastných kyselin je náchylný na teplo, světlo a rychleji podléhá oxidaci. Proto není vhodný na přípravu pokrmů fritováním. Bohužel v České republice jsou zvyky jiné a jeho využití je jak v přípravě studené, tak teplé kuchyně a také při fritování bramborových lupínků a hranolek. V České republice se řadí mezi nejvíce používané oleje (Prugnar 2003; Foster et al. 2009).

Řepkový olej

Řepkový olej se získává ze semen řepky olejné (*Brassica napus*). Semeno řepky obsahuje až 40 % oleje. (Baranyk et al. 2004; Foster et al. 2009)

Řepkový olej byl charakterizován vysokým obsahem kyseliny erukové, a to až z 50 %. Tato mastná kyselina má negativní účinky na lidské zdraví. Šlechtěním odrůd řepky se snížil obsah nasycených mastných kyselin ve prospěch kyseliny laurové, olejové i kyseliny gama-linolové. Řepkový olej obsahuje správný poměr n-3 a n-6 mastných kyselin a díky tomu je nutričně výhodný. Řepkový olej má vhodný poměr mezi kyselinou linolovou a kyselinou α -linolenovou. Hlavní mastné kyseliny jsou uvedeny v Tabulce 13 (Baranyk et al. 2004).

Tabulka 13: Obsah mastných kyselin v řepkovém oleji na 100 ml (Leray 2015)

Mastná kyselina	Obsah v %
palmitová	3-4
stearová	1-2
olejová	9-16
linolová	11-16
α -linolenová	7-12

Na základě jeho příznivému složení mastných kyselin, hlavně mononenasycených má dobrý vliv na hladiny krevních lipidů. Z tohoto hlediska má tak pozitivní funkci proti vzniku kardiovaskulárních chorob (Foster et al. 2009).

Díky správnému složení mastných kyselin se dá použít ve studené kuchyni. Také ho lze využít na smažení, vzhledem však k jeho vyššímu obsahu polynenasycených mastných kyselin je méně stabilní, takže pokud je vystavován po delší dobu vysokým teplotám, dochází k jeho oxidaci. Odrůdy řepky s nízkým obsahem erukové kyseliny se využívají v potravinářství, naopak druhy s vysokým obsahem se používají jako mazivo a biopaliva (Baranyk et al. 2004; Foster et al. 2009; Leray 2015).

Olivový olej

Olivový olej se získává z buničiny olivového plodu z olivovníku (lat. *Olea*). Oliva obsahuje téměř 30 % hmotnosti oleje (Leray 2015).

Převládající je mononenasycená kyselina olejová vyskytující se z 53-80 % kyseliny olejové, 2-24% kyseliny linolové a 8-21 % kyseliny palmitové. Kyselina stearová je zastoupena pouze v malém množství (viz Tabulka14). Kromě toho, olivový olej obsahuje karotenoidy a vitamin E (Leray 2015).

Tabulka 14: Obsah mastných kyselin v olivovém oleji na 100 ml (Leray 2015)

Mastná kyselina	Obsah v %
palmitová	8-21
palmitoolejová	1-4
stearová	1-6
olejová	53-80
linolová	2-24
α -linolenová	1-2
eikosanová	<0,5
dokosanová	<0,5

Strava nahrazující olivový olej za másla a margaríny má řadu zdravotních výhod. Snižuje LDL cholesterol v krvi, ale nesnižuje HDL cholesterol, dále snižuje náchylnost LDL cholesterolu k jeho oxidaci a snižuje faktory ke srážení krve. Příznivé složení mononenasycených mastných kyselin má za následek antioxidační účinky olivového oleje a způsobují jeho charakteristickou chuť. Má pozitivní vliv na imunitní systém a je také proti chronickým onemocněním (Foster et al. 2009).

Olivový olej má velmi dobrou tepelnou stabilitu s kouřovým bodem okolo 200 °C, proto je vhodný i pro tepelnou úpravu potravin, ale ne pro vystavení vysokým teplotám, jako je fritování. Jeho využití je kromě potravinářského průmyslu také ve farmaceutickém a kosmetickém průmyslu pro výrobu mýdel, mastí a krémů. (Leray 2015).

Palmový olej

Palmový olej se získává z plodu palmy olejné (*Elaeis guineensis*). Je přirozeně červené barvy díky obsahu beta-karotenu (Negendran et al. 2000).

Skládá se z 50 % z nasycených mastných kyselin, ze 40 % mononenasycených a z 10 % polynenasycených mastných kyselin. Největší zastoupení má kyselina palmitová, ve stopovém množství se vyskytuje kyselina laurová a myristová (viz Tabulka 15). Surový palmový olej obsahuje karotenoidy, díky kterým má červenou barvu. Po rafinaci se však většina karotenoidů odbourá a vzniká barva bílá. Velmi důležité je, že palmový olej neobsahuje žádné trans-nenasycené mastné kyseliny. Proto byly v posledních letech částečně nahrazeny hydrogenované oleje, které obsahují trans-nenasycené mastné kyseliny právě palmovým olejem (Boateng et al. 2016).

Tabulka 15: Obsah mastných kyselin v palmovém oleji na 100 ml (Leray 2015)

Mastná kyselina	Obsah v %
palmitová	22-46
palmitoolejová	0-2,5
stearová	0,5-5
olejová	36-68
linolová	2-20
α -linolenová	<1

Nadměrný příjem nasycených mastných kyselin a kyseliny palmitové, která je přítomna v palmovém oleji až ze 44 %, zvyšuje hladinu LDL a celkového cholesterolu v krvi. Tím je způsobeno vyšší riziko kardiovaskulárních chorob (Mozzaffarian & Clarke 2009).

V Afrických zemích se běžně využívá při vaření. V ostatních částech světa je rozšířen díky jeho nízkým nákladům. Má vysokou oxidační stabilitu, tudíž je vhodný pro smažení pokrmů. V potravinářském průmyslu se využívá kvůli jeho hladkosti, tepelné stabilitě a chuti. Slouží k výrobě olejů na vaření, margarínů, cukrovinek, pečiva, zmrzlin a mnoho dalších potravin. Použití má ve výrobě kosmetických produktů, jako jsou mýdla, šampony, laky na vlasy, rtěnky a prací prostředky (Matthäus 2007).

Kokosový olej

Kokosový olej se získává z části kokosového ořechu rostoucí na kokosovníku ořechoplodém (*Cocos nucifera*). Právem je též nazýván jako kokosový tuk, jelikož se při pokojové teplotě nachází ve skupenství tuhém (Boateng et al. 2016).

Je složen z velkého množství nasycených mastných kyselin, jako je kyselina laurová (49 %), kyselina palmitová, myristová, kaprylová (8 %), kyselina kaprinová, olejová, stearová a linolová (viz Tabulka 16). Díky velkému obsahu mastných kyselin se středně dlouhým řetězcem dochází ve střevě

k rychlé absorpci a přímému odeslání do jater k výrobě energie. Proto se tyto mastné kyseliny nezúčastňují biosyntézy ani transportu cholesterolu (Boateng et al. 2016).

Tabulka 16: Obsah mastných kyselin v kokosovém oleji na 100 ml (Leray 2015)

Mastná kyselina	Obsah v %
kaprylová	8-10
kaprinová	5-10
laurová	40-54
myristová	15-23
palmitová	6-11
palmitoolejová	<2
olejová	4-11
linolová	1-2

Vlivem přítomnosti kyseliny laurové působí kokosový olej antimikrobiálně. Dále jsou známy taky jeho antimykotické účinky a pozitivní vliv na různé kožní infekce (Debmandal & Mandal 2011).

Obsahuje vysoké množství nasycených mastných kyselin, a právě kvůli tomu, není ve výživě doporučován. Jeho využití je při výrobě mražených krémů, náhražek smetan a šlehaček na bázi rostlinného složení. Využívá se v kosmetickém průmyslu při výrobě produktů na vlasy a pokožku (Dostálová 2004).

Lněný olej

Lněný olej je zlatavé barvy získávány ze semen lnu setého (*Linum usitatissimum*). Díky šlechtění vznikl geneticky modifikovaný lněný olej obsahující méně kyseliny α -linolenové a to z 50 % na 2 % a svým chemickým složením se více podobá oleji slunečnicovému. Složení mastných kyselin ve lněném oleji je uveden v Tabulce 17 (Foster et al. 2009).

Lněný olej má příznivé složení mastných kyselin. Má vysoký obsah kyseliny α -linolenové, která způsobuje jeho problematickou údržnost. Kyselina α -linolenové mění cis izomery mastných kyselin na nežádoucí trans-mastné kyseliny. Proto se lněný olej musí skladovat bez přístupu kyslíku, světla a na chladném místě (Foster et al. 2009).

Tabulka 17: Obsah mastných kyselin ve lněném oleji na 100 ml (Leray 2015)

Mastná kyselina	Obsah v %
α -linolenová	40-60
linolová	12-17
olejová	13,5-19
palmitová	5-8
stearová	2-4,5

Díky příznivému obsahu n-3 mastných kyselin snižuje riziko srdečních chorob, zlepšuje hladinu cholesterolu v krvi a zlepšuje kvalitu imunitního systému. Pomáhá udržovat zdravou pokožku, vlasy, nehty a pleť (Foster et al. 2009).

Lněný olej se využívá jako doplněk stravy n-3 mastných kyselin. Používá se také při pečení v pekárenském průmyslu, aby se zvýšila nutriční hodnota pečiva. Jeho využití se uplatňuje ve studené kuchyni, při zahřívání však ztrácí své hodnotné látky a snadno podléhá oxidaci. Funkci má i ve farmaceutickém průmyslu při výrobě mastí a krémů (Goyal et al. 2014).

Konopný olej

Konopný olej se získává lisováním semen z rostlin konopí setého (lat. *Cannabis sativa*). Nerafinovaný olej má světle až tmavě zelenou barvu způsobenou přítomností zbytků chlorofylu. Rafinovaný konopný olej je bezbarvý a čirý. Pro země Evropské unie je předepsaná norma pro pěstování speciálních odrůd konopí setého, která předepisuje obsah omamných látek. Tento obsah je stanoven na 0,3 % delta-9-tetrahydrocannabinolu (THC), toto množství nesmí být v pěstované plodině překročeno (Bosy & Cole 2000; Matthäus & Brühl 2008).

Je bohatým zdrojem dvou esenciálních mastných kyselin, a to je kyselina linolová a kyselina α -linolenová. Poměr mezi n-6 a n-3 je v konopném oleji 3:1, což je optimální pro lidské zdraví. Olej obsahuje 70-80 % nenasycených mastných kyselin. Nasycené mastné kyseliny jsou obsaženy z 11 %. N-3 mastné kyseliny zastupují okolo 20 % a obsah n-6 se pohybuje okolo 62 %, jejich jednotlivé složení je znázorněno v Tabulce 18) (Callaway 2004; Ditroi et al. 2013; Liang et al. 2015).

Tabulka 18: Obsah mastných kyselin v konopném oleji na 100 ml (Leray 2015)

Mastná kyselina	Obsah v %
α -linolenová	20,3
linolová	55,3
olejová	9
palmitová	5,9
stearová	2,2

V přítomnosti vyššího obsahu nenasycených mastných kyselin má konopný olej blahodárné účinky na lidský organismus. Je protizánětlivý, má hypolipidemické vlastnosti, což souvisí se snižováním hladiny cholesterolu v krvi. Podporuje metabolismus lipidů, má pozitivní účinky proti kardiovaskulárnímu onemocnění a také na onemocnění pokožky (Matthaus & Bruhl 2008).

Z hlediska složení mastných kyselin se jedná o stolní olej. Není vhodný na využití v teplé kuchyni, kdy by byl vystavován větším teplotám po delší dobu. Jelikož obsahuje mnoho nenasycených mastných kyselin, podléhá oxidaci a řadí se mezi nestabilní oleje. Je třeba ho skladovat na chladném místě bez přístupu světla a kyslíku. Nerafinovaný konopný olej se využívá pro kulinární úpravy pokrmů, nejčastěji ve studené kuchyni. Využívá se též jako doplněk stravy. Rafinovaný konopný olej se využívá ve farmaceutickém a kosmetickém průmyslu, pro výrobu mýdel, mastí a krémů (Matthaus & Bruhl 2008; Uluata & Ozdemir 2012; Liang et al. 2015).

Kakaové máslo

Kakaové máslo se získává z bobů kakaovníku pravého (*Theobroma cacao*). Kakaové máslo je charakteristické svým výrazným přechodem z pevného skupenství do kapalného při tělesné teplotě lidského organismu, což souvisí s jeho dobrou rozpustností v ústech (Dostálová 2011).

Obsahuje 50-60 % tuku. Poměr nasycených mastných kyselin ku nenasyceným mastným kyselinám je 60:40. Obsah mastných kyselin je znázorněn v Tabulce 19 (Kadlec 2008).

Tabulka 19: Obsah mastných kyselin ve 100 g kakaového másla (Kadlec 2008)

Mastná kyselina	Obsah v %
palmová	25
stearová	35
olejová	38
linolová	4

Využívá se při výrobě různých druhů čokolád, polev, dezertů a dalších cukrovinek. Díky jeho příznivé konzistenci se využívá ve farmaceutickém průmyslu pro výrobu krémů a mýdel (Kadlec 2008; Dostálová 2011).

Čokoláda

Obsah tuku v čokoládě se pohybuje mezi 32-42 %, kde kakaová hmota obsahuje 55 % kakaového másla. Zbytek je tvořen tukuprostou sušinou skládající se ze sacharidů, bílkovin, polyfenolových a minerálních látek. Jelikož je kakaové máslo poměrně drahé, je nahrazováno levnějšími alternativami jako jsou částečně ztužené tuky obsahující vysoké procento trans-nenasycených mastných kyselin nebo kokosový olej. Proto se na českém trhu objevuje řada náhražek připomínající čokoládu. Jsou to například figurky Mikuláše, velikonočních zajíčků a také adventní kalendáře. Tyto výrobky nesplňují nařízení v rámci obsahu kakaových složek, proto nesmí být označovány jako čokoláda (Kadlec 2008; Dostálová 2011).

Skořápkové plody

Ořechy se řadí mezi suché skořápkové plody obsahující ořechy lískové, vlašské, arašídý, kešu, mandle, pistáciové, pekanové, piniové, makadamové a jedlé kaštiny (Poslušná 2005).

Suché skořápkové plody obsahují v průměru od 46 % do 80 % lipidů. Jsou bohaté na nenasycené mastné kyseliny, které se v nich vyskytují ze 40-60 %. Naopak obsahují nízké procento nasycených mastných kyselin. Vlašské ořechy, lískové ořechy, pekanové ořechy a piniové ořechy mají obecně vyšší obsah tuku (více než 62 %) než pistáciové ořechy, kešu ořechy a mandle (45-50 %). Obsah lipidů tedy závisí na určitém druhu skořápkového plodu, dále na podmínkách pěstování a také na zeměpisné šířce (Poslušná 2005; Ros 2010).

Vlašské ořechy mají přibližně pětikrát větší obsah polynenasycených mastných kyselin než mononenasycených mastných kyselin. Obsahují esenciální kyseliny linolovou a α -linolenovou. V lískových ořeších, kešu ořeších, makadamových ořeších, pistáciových ořeších a mandlích je větší obsah mononenasycených mastných kyselin nad polynenasycenými mastnými kyselinami. Z toho nejvíce zastoupenou je kyselina olejová. Mají také mnoho vlákniny a cenné živiny, jako je vitamin E, který má antioxidační účinky. Různé druhy skořápkových plodů spolu s obsahem tuku jsou uvedeny v Tabulce 20 (Alasalvar et al. 2008; Ros 2010).

Tabulka 20: Obsah tuku u jednotlivých druhů skořápkových plodů (USDA 2016)

Druh skořápkových plodů	Tuky (g/100 g)
Vlašské ořechy	65,2
Lískové ořechy	60,8
Kešu ořechy	43,8
Arašídy	49,2
Pistáciové ořechy	45,3
Mandle	49,9
Pekanové ořechy	72,0
Piniové ořechy	68,4
Makadamové ořechy	75,7
Para ořechy	67,1

Je prokázáno, že lidé, kteří konzumují hrst ořechů denně předcházejí riziku srdeční choroby více než lidé nekonzumující žádné. Ořechy v průměru poskytují z 59 % mononenasyčené mastné kyseliny, z 27 % polynenasycené a pouze ze 14 % nasycené mastné kyseliny. Mandle a vlašské ořechy příznivě ovlivňují lipidy v krvi, dokonce zvyšují HDL cholesterol (Whitney & Rolfes 2011).

Ořechy a arašídy poskytují až 80 % energetické hodnoty z tuků, je proto důležité dbát na velikost porce a celkovém kalorickém příjmu. Tuky z ořechů je dobré přijímat místo tuků pocházejících z bramborových lupínků, hranolek, či olejů. Pokud se ořechy přidají ke stravě, může to mít za následek nadbytek hmotnosti a s tím spojené větší riziko srdečních chorob (Whitney & Rolfes 2011).

Ovoce a zelenina

Zařazením ovoce, zeleniny, luštěnin a obilovin do stravy se snižuje obsah nasycených mastných kyselin a cholesterolu v krvi. Většina ovoce a zeleniny obsahuje málo nebo vůbec žádný tuk. Výjimkou jsou olivy a avokádo, ale větší množství tuku, které obsahují je ve formě nenasyčených mastných kyselin, což znamená, že neškodí organismu (Whitney & Rolfes 2011).

Ovšem průmyslově zpracované potraviny, jako jsou třeba smažené bramborové lupínky, krečky a sušenky mají vysoký obsah nasycených mastných kyselin, mohou obsahovat i trans-nenasycené mastné kyseliny (Whitney & Rolfes 2011).

Avokádo

Avokádo spadá dle botanického zařazení do ovoce, v některých publikacích je však označováno jako zelenina. Je to plod hruškovce přelahného (*Persea americana*). Jako ostatní zástupci rostlinného původu neobsahuje avokádo žádný cholesterol, avšak na rozdíl od jiných druhů ovoce a zeleniny obsahuje významné množství tuků, které jsou kvalitní a zdraví přínosné (Dreher & Davenport 2013).

Avokádo je bohaté na mastné kyseliny, které zaujímají 56 % plodu, z toho jsou mononenasyčené mastné kyseliny zastoupeny až ze 71 %, polynenasycené mastné kyseliny zaujímají 13 %. Obsahuje také nasycené mastné kyseliny, a to okolo 16 %. Čím více však avokádo dozrává, tím se snižuje obsah nasycených mastných kyselin. Mastné kyseliny obsažené v avokádu jsou znázorněny v Tabulce 21. Avokádo celkem obsahuje více než 20 vitaminů a minerálů. Nejvýznamnější je vitamin E a C, dále

obsahuje vitamin B6, B9 a K1. Mezi další benefity avokáda patří vysoký obsah karotenoidů, hlavně xanthophyly (Dreher & Davenport 2013).

Tabulka 21: Složení mastných kyselin ve 100 g avokáda (Dreher & Davenport 2013)

Mastná kyselina	Obsah v g na 100 g
palmitová	2,08
olejová	9,07
linolová	1,67
linolenová	0,13

Avokádo se doporučuje při léčbě aterosklerózy, hypertenze a ischemické choroby srdeční. Je znám také jeho hypolipidemický účinek, který je spojen s vyrovnaným složením mastných kyselin a vysokým obsahem vlákniny. Proto se konzumace avokáda doporučuje všem, kdo mají vyšší hladiny cholesterolu v krvi. Avokádo je též vhodné při léčbě anémie v důsledku ztráty krve nebo nedostatku železa. Železo z rostlinné stravy je obvykle obtížněji stravitelné než železo ze živočišných zdrojů, ale díky tomu, že avokádo obsahuje vitamin C, se železo v organismu absorbuje lépe. Díky obsahu kyseliny linolové a fosfolipidů hraje avokádo důležitou roli při správné funkci metabolismu nervové soustavy (Pamplona-Roger 2009).

Jeho kulinářské využití je velmi bohaté, jelikož avokádo není sladké ani kyselé. Jeho dužina má tendenci zčernat, proto je dobré ji pokapat citrónovou šťávou, která brání oxidaci železitých solí. Avokádo lze použít do salátů místo sýru, čímž se získá méně kalorický pokrm s nižším obsahem nasycených mastných kyselin a cholesterolu. Jeho dužinou lze pomazat pečivo namísto použití másla či margarínu (Pamplona-Roger 2009).

3.9.3 Smíšené tuky

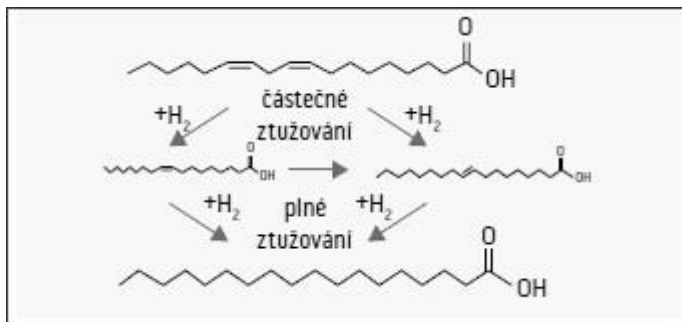
1) Vznik a úprava smíšených tuků

Hydrogenace

Hydrogenace je chemická reakce přeměňující kapalně rostlinné oleje na polotuhé nebo tuhé tuky vhodné k dalšímu potravinářskému využití. Hydrogenační reakce vyžaduje přítomnost katalyzátoru, který urychluje reakci a plynný vodík poskytující substrát. Nejběžnějším katalyzátorem je redukovaný nikl. Hydrogenace probíhá při teplotách od 250 °C do 300 °C a trvá 40-60 minut. Olej využívaný při hydrogenaci musí být nejprve rafinován, jelikož znečišťující látky obsažené v surovém oleji snižují účinnost katalyzátorů (Fennema et al. 2017).

Tato reakce se využívá za účelem zvýšení tepelné stability tuků, delší doby skladovatelnosti a zvýšení oxidační stability, jelikož dvojně vazby mastných kyselin jsou náchylné k oxidacím. Polynenasycené mastné kyseliny jsou k oxidaci náchylnější více než mononenasycené. Pro tepelnou úpravu potravin se proto hodí tuky obsahující větší množství nasycených a mononenasycených mastných kyselin. Princip hydrogenace je znázorněn na Obrázku 12 (Brát 2018).

Nenasycené mastné kyseliny reagují s vodíkem za vzniku nasycených mastných kyselin. Proces je veden dvěma způsoby. Prvním způsobem je, že reakce proběhne u všech dvojných vazeb v uhlovodíkovém řetězci mastných kyselin a tím vznikne plně ztužený tuk. Tato reakce se proto označuje jako úplná hydrogenace. Druhým způsobem je ztužování olejů jen do určité doby, kdy reaguje pouze část dvojných vazeb nenasycených mastných kyselin. Touto reakcí vznikají částečně ztužené tuky, jedná se proto o částečnou neboli parciální hydrogenaci (Brát 2018).



Obrázek 12: Princip hydrogenace (Brát 2018)

U parciální hydrogenace (viz Obrázek 13) se redukuje část dvojných vazeb, které jsou částečně nasycovány vodíkem za přítomnosti heterogenního niklového katalyzátoru. V olejích jsou nejrychleji nasycovány nejreaktivnější mastné kyseliny, jedná se o kyselinu α -linolenovou a linolovou obsahující 3 a 2 dvojných vazby v molekule (Anděl & Dlouhý 2006).



Obrázek 13: Schéma technologie parciální hydrogenace (Anděl & Dlouhý 2006)

Může být redukována, což znamená, že je možné u mastných kyselin zvýšit teplotu tání. Vedlejší a zároveň nežádoucí reakcí při parciální hydrogenaci je izomerace dvojných vazeb, což je přeměna cis konfigurace dvojných vazeb nenasycených mastných kyselin na konfiguraci trans, tedy vznik trans-nenasycených mastných kyselin. Výsledkem je, že částečně ztužené tuky mají přibližně dvě třetiny zbylých dvojných vazeb v poloze trans (Velíšek & Hajšlová 2009).

Při úplné hydrogenaci se mění nenasycené kyseliny na kyseliny nasycené a zanikají tak všechny dvojně vazby, nedochází ke vzniku žádných trans-nenasycených mastných kyselin. Jelikož mají trans-nenasycené mastné kyseliny mnohem vyšší bod tání než cis-nenasycené mastné kyseliny je vzniklý hydrogenovaný tuk je pevný až voskový a pro lidský organismus nestravitelný. Takto vzniklé tuky lze smíchat s polynenasycenými oleji pomocí procesu interesterifikace, aby se zlepšila jejich struktura (Lehman 2019).

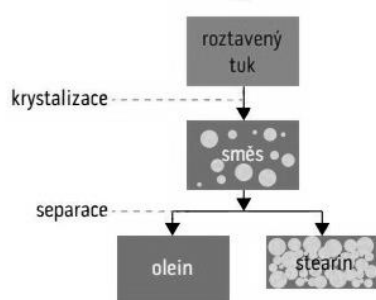
Ztužování tuků je často spojováno s výrobou margarínů. Řada spotřebitelů si myslí, že margaríny jsou ztužené tuky a také, že se margaríny vyrábějí ztužováním. Je to tím, že částečně ztužené tuky byly v minulosti po dlouhou dobu jednou ze surovin pro výrobu margarínů. Dnešní margaríny trans-nenasycené mastné kyseliny neobsahují, avšak spojitost trans-mastných kyselin s margaríny

zůstává u mnoha lidí zakořeněna. Problém trans-nenasycených mastných kyselin v potravinách nelze považovat za vymýcený. Řada průmyslově zpracovaných potravin jako náhražky čokolád, trvanlivé pečivo a některé pokrmové tuky stále obsahují trans-nenasycené mastné kyseliny (Brát 2018; Lehman 2019).

Frakcionace

Dnes je alternativním způsob získání tuku pevného skupenství proces zvaný frakcionace (viz Obrázek 14). Olej se zahřeje na teplotu jeho tání a poté se ochladí. Tím dojde ke krystalizaci pevného podílu. Po oddělení krystalizujícího podílu se získají dva tuky rozdílných vlastností-pevný a kapalný. Pokud se proces opakuje, lze získat více než dva tuky odlišné svým složením mastných kyselin a specifickými vlastnostmi. Frakce s krystalizujícím tukem obsahuje více nasycených mastných kyselin a uplatňují se jako u kapalného podílu naopak převažují nenasycené mastné kyseliny (Brát 2018).

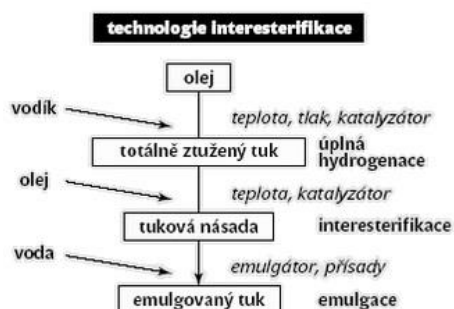
Frakcionaci je vhodné využívat u palmového oleje, který obsahuje zhruba 50 % nasycených mastných kyselin a 50 % nenasycených mastných kyselin. Kapalné frakce vykazují dobrou tepelnou stabilitu, lze je použít na smažení a fritování. Pevné frakce nacházejí uplatnění jako strukturní tuky (Brát 2018).



Obrázek 14: Princip frakcionace (Brát 2018)

Interesterifikace

Interesterifikace (viz Obrázek 15) je další možnost, jak získat tuk požadovaných vlastností. Interesterifikace je někdy též označována jako moderní způsob ztužování. Tento způsob získání tuků požadovaných vlastností je dražší než původní hydrogenace. Pevný tuk se smíchá s kapalným olejem v různém poměru. Vzniká velké množství tuků s odlišnými vlastnostmi, které lze využít k různým potravinářským účelům. Při interesterifikaci nevznikají žádné nežádoucí trans-nenasycené mastné kyseliny, nedochází ke změnám mastných kyselin a množství nasycených a nenasycených mastných kyselin zůstává stejné. Mění se pouze funkční vlastnosti vzniklých produktů (Anděl & Dlouhý 2006).



Obrázek 15: Schéma technologie interesterifikace (Anděl & Dlouhý 2006)

Existují dva způsoby interesterifikace, a to chemicky nebo enzymově katalyzovaná. Obě tyto metody fungují na způsobu, že se mastné kyseliny oddělí od glycerolu a následně se na něj zpět naváží, ale na jiném místě. Složení mastných kyselin zůstává proto stejné. Chemická (alkalická) interesterifikace probíhá při teplotě 100 °C. Výsledek je náhodná distribuce mastných kyselin ve všech pozicích. Enzymově katalyzovaná interesterifikace je součástí biologických procesů. Probíhá při teplotě 30-60°C. Tato reakce je méně energeticky náročná a šetrnější k životnímu prostředí. Lze ji srovnat s trávením lipidů v lidském organismu při působení pankreatických lipáz (Brát 2018; Berry et al. 2019).

Problémem u interesterifikovaných tuků je v tom, že není jistý jejich vliv na hladinu cholesterolu v krvi ani na riziko kardiovaskulárních onemocnění. Žádný výzkum toto tvrzení nepotvrdil, ani nevyvrátil (Lehman 2019).

2) Zdroje smíšených tuků

Tabulka 22: Rozdělení zdrojů tuků (Brát 2018)

Druh	Skupina	Podskupina
Jedlý tuk nebo jedlý olej	rostlinný	jednodruhový
		vícedruhový
	živočišný	vepřové sádlo, vepřový tuk
		výběrový hovězí lůj, hovězí lůj
		tuk nebo olej podle druhu živočicha
	ztužený	plně
		částečně
	pokrmový	
	roztíratelný	
směsný roztíratelný		
tekutý emulgovaný		

Ztužený tuk

Ztužený tuk je jedlý tuk, který byl získán ztužováním rostlinných a živočišných tuků a olejů nebo jejich směsí. Proces ztužování probíhá tak, že nenasycené mastné kyseliny reagují s vodíkem za vzniku nasycených mastných kyselin. Pokud se nechá zreagovat jen část dvojných vazeb nenasycených mastných kyselin vznikají částečně ztužené tuky. Pokud však reakce proběhne u všech dvojných vazeb nenasycených mastných kyselin vznikne plně ztužený tuk (Brát 2018).

Částečně ztužené tuky proto obsahují velké množství trans-nenasycených mastných kyselin a velmi často se stává, že při konzumaci jedné porce potravin obsahující ztužený tuk se vyčerpá jejich denní tolerovaný limit. Jelikož byl v posledních letech zjištěn negativní dopad trans-nenasycených mastných kyselin na lidské zdraví, upustilo se od výroby hydrogenovaných tuků pomocí parciální hydrogenace. Potravinářská komora České republiky vydala cechovní normy pro tuzemské výrobce potravin, ve kterých je uvedeno, že potraviny vyrobené na území České republiky nesmí obsahovat částečně ztužené tuky. Nelze to však úplně zabránit, jelikož částečně ztužené tuku obsahují některé potraviny z dovozu, jako jsou například oplatky, sušenky, nečokoládové cukrovinky a různé druhy pečiva. (Brát 2018; Gabrovská 2018)

Tuky vyrobené úplnou hydrogenací jsou pevné až voskové, takže se nehodí pro přímou konzumaci, jelikož je lidský organismus není schopen strávit. Jsou proto smíchávány s polynenasycenými oleji, například se slunečnicovým, pomocí procesu interesterifikace, aby se zlepšila jejich struktura (Lehman 2019).

Pokrmový tuk

Pokrmový tuk je jedlý tuk, který prošel procesem ztužování nebo přeesterifikace, nebo kombinací těchto procesů, nebo směsí ztužených tuků a jedlých tuků a olejů, nebo směsí jedlých rostlinných a živočišných olejů a tuků (Brát 2018).

Stejně jako tuky a oleje neobsahuje vodnou složku, proto je tato skupina označována jako 100 % tuky. Obsahují více nasycených mastných kyselin (40-55 %) než nenasycených, díky tomu mají dobrou tepelnou stabilitu. Dnes jsou vyráběny z rostlinných olejů, v dřívější době se jako jejich základní složka používal tuk živočišný, například sádlo a lůj (Brát 2018).

Tato kategorie je často nesprávně označována jako ztužené tuky. Není tomu tak, jelikož se při pravidelném testování v České republice vyskytují pokrmové tuky s obsahem trans-nenasycených mastných kyselin do 1 %, které vznikají ve velké míře právě při procesu ztužování (Brát 2018).

Roztíratelný tuk

Roztíratelný tuk je jedlý tuk, nebo směs ztužených nebo přeesterifikovaných tuků, nebo kombinací těchto procesů, splňující požadavky stanovené nařízením o společné organizaci trhů se zemědělskými produkty. Tato kategorie zahrnuje výrobky s obsahem tuku mezi 10-90 %. Jedná se o výrobky typu voda v oleji, které jsou při 20 °C pevné a roztíratelné. Dále se roztíratelné tuky dělí na tři základní podskupiny, a to na tuky mléčné. Tuky s obsahem mléčného tuku do 3 % a směsné tuky s obsahem mléčného tuku v rozmezí 10-80 % (Ministerstvo zemědělství 2016).

- **Roztíratelné mléčné tuky**

Do této skupiny lze zařadit máslo a mléčné pomazánky (Brát 2018).

Termín máslo se může používat pouze pro výrobek s obsahem mléčného tuku nejméně 80 %, avšak méně než 90 %, s obsahem vody nejvýše 16 % a s nejvyšším obsahem tukuprosté mléčné sušiny do 2 %. Jako „čerstvé máslo“ lze označit máslo do 20 dnů od data jeho výroby, jako „stolní máslo“ lze označit máslo skladované nejdéle 24 měsíců od data jeho výroby při skladovací teplotě minus 18 °C a nižších (Brát 2018).

Máslo je nejsložitější přírodní tuk, jelikož obsahuje kolem 400 druhů lipidů, nejvíce zastoupené mastné kyseliny jsou vymezeny v Tabulce 23. Obsahuje také širokou škálu mastných kyselin. Vysoké procento zaujímají nasycené mastné kyseliny s krátkým a středním řetězcem. Největší podíl zaujímá kyselina kaprinová obsažená z 28 %, dále kyselina palmitová 24 %, kyselina stearová 11 % a také kyselina máselná 3 %. Kromě polynenasycených mastných kyselin v konfiguraci cis, obsahuje máslo poměrně hodně trans-nenasycených mastných kyselin a to 3,7 gramů na 100 gramů másla. Skoro polovinu z trans-nenasycených mastných obsahuje kyselina trans-vakcenová. V másle se přirozeně vyskytuje cholesterol do množství 300 miligramů na 100 gramů másla. V másle se také nachází vitamín A a E i menší množství vitamínu D (Leray 2015).

Tabulka 23: Složení mastných kyselin ve 100 g másla (Kučera 2007)

Mastná kyselina	Obsah v %
myristová	1
palmitová	26
stearová	12
olejová	25
linolová	2,5
α -linolenová	1,5

Máslo se nejčastěji konzumuje v nijak tepelně upraveném stavu, jelikož při zahřívání na vyšší teploty dochází k hnědnutí a uvolňování toxických látek. Využívá se v potravinářském průmyslu pro výrobu pečiva, čokolády, zmrzlin a cukroví (Leray 2015).

Vyčištěním másla dochází k odstranění vody a zůstává téměř čistý tuk, výrobek se také jinak nazývá přepuštěné máslo nebo ghí. Máslo se zahřívá na jeho teplotu tání, což je kolem 150 °C, tím se odpaří voda a sebere se bílkovina vysrážená na povrchu. Ghí je vhodné na smažení, protože jeho kouřový bod je 250 °C, což je výrazně nad bodem vaření a smažení tuků. (Leray 2015; Akoh 2017)

Tradiční pomazánkové, dříve známé jako pomazánkové “máslo“ je mléčný výrobek ze zakysané smetany, obohacený sušeným mlékem nebo sušeným podmáslem obsahující nejméně 31 % mléčného tuku a nejvíce 36 % mléčného tuku a nejméně 42 % sušiny (Ministerstvo zemědělství 2016).

- **Roztíratelné tuky s obsahem mléčného tuku do 3 %**

Jde o rostlinné tuky s přídavkem mléčného tuku z mléka, syrovátky, či podmásli.

Typickým zástupcem této skupiny je margarín obsahující 80-90 % tuku. Na českém trhu se běžněji vyskytuje třičtvrtě tučné margaríny s obsahem tuku 60-62 %, polotučné obsahující 39-41 % tuku a se sníženým obsahem tuku (30 %) neboli light. Obsah ve výrobku musí být dodržen, jinak se nejedná o margarín, ale používá se označení roztíratelný tuk X % (Ministerstvo zemědělství 2016).

Výrobky balené ve fólii jsou vhodné na pečení, jelikož obsahují 40-50 % nasycených mastných kyselin, které dodávají pečivu správnou texturu. Nejznámější jsou výrobky baleny do kelímků, které obsahují nižší procento nasycených mastných kyselin, a to okolo 30 %. U některých spotřebitelů jsou používány denně, jelikož jsou snadno roztíratelné a vhodné tak k namazání na pečivo. Je proto dobré sledovat při jejich výběru obsah esenciálních mastných kyselin, hlavně skupiny n-3. Výrobci nejsou povinni tento údaj uvádět, ale u většině výrobků se vyskytuje (Ministerstvo zemědělství 2016).

- **Směsné roztíratelné tuky**

Směsným roztíratelným tukem je jedlý tuk podle nařízení o společné organizaci trhů se zemědělskými produkty (Brát 2018).

Jsou, jak již název říká, vyráběny ze směsi rostlinných a živočišných tuků. V praxi se ve větší míře k výrobě využívají rostlinné oleje a obsah mléčného tuku se pohybuje od 10 do 80 %. Výrobky jsou také baleny do fólie či kelímku. Výhodou těchto výrobků je, že díky mléčnému tuku získávají chuť másla a rostlinný tuk zlepšuje jejich roztíratelnou a výživovou hodnotu. Mají také nižší obsah nasycených mastných kyselin než máslo a mohou být dobrým zdrojem esenciálních mastných kyselin, pokud je při výrobě použit vhodný rostlinný olej s obsahem těchto kyselin (Brát 2018).

Tekutý emulgovaný tuk

Tekutý emulgovaný tuk je jedlý tuk nebo směs ztužených nebo přeesterifikovaných tuků nebo směs ztužených a přeesterifikovaných tuků s jedlými oleji a tuky ve formě emulze vody a tuku s obsahem 10 % až 90 % hmotnostních tuku, který je při teplotě 20 °C tekutý (Brát 2018).

Tato kategorie se řadí někam mezi rostlinné oleje a roztíratelné tuky. Z výživového hlediska je lze přirovnat k olejům. Jsou vhodné ke smažení a pečení, jelikož obsažená vodná složka zabraňuje přepalování oleje na začátku smažení. Smažený pokrm navíc získá máslovou chuť a světle hnědé zbarvení (Brát 2018).

Koncentrovaný tuk

Koncentrovaným tukem je tuk, jehož celkový obsah tuku je vyšší než 90 % hmotnostních a nižší než 99,5 % hmotnostních. Tato kategorie nemá moc velké uplatnění (Brát 2018).

3.10 Skladování tuků

U tuků platí, že se nemají skladovat příliš dlouho dobu, proto se doporučuje dělat si zásoby maximálně na měsíc. Teplota skladování se uvádí v od 4 do 10 °C a na tmavém místě bez přístupu světla. Při nadměrném vystavování světlu a teplu mohou měnit mastné kyseliny chemickou strukturu. To může vést ke změně chuti a ztrátě vitaminů i nutriční hodnoty. Údržnost margarínů, rostlinných olejů a sádla je tato doba skladování několik měsíců. Tuky by se neměly uchovávat za mrazírenských teplot, jelikož po rozmrznutí podléhají rychleji žluknutí. Mléčný tuk je však velmi stabilní, takže při správném zamrazení vydrží dlouhou dobu. Proto mohou být mléčné výrobky z důvodu delší doby skladovatelnosti zamrazeny (Pánek 2002; Sun 2006).

Máslo zamrazit lze, jelikož obsahuje do 16 % vody, která je v podobě malých kapiček rozložena v celém výrobku. Při teplotě -18 °C až -20 °C se může máslo zamrazit na dobu šesti měsíců, při teplotě při -30 °C vydrží máslo zmrazené i rok. Máslo pohlcuje pachy z okolí, proto je potřeba dbát na to, aby bylo při skladování správně zabaleno. Nelze ho zamrazit vícekrát, jelikož při rozmrazení dojde k uvolnění určitého podílu vody a při opakovaném zmrazení hrozí napadání mikroorganismy. To samé platí také při odmrazování másla, při kterém mohou vznikat pod obalem kapky kondenzované vody a vytvoří se tak prostředí vhodné pro růst plísní (Sun 2006; Akademie kvality 2016).

Skladovat za mrazírenských teplot se mohou také ořechy. Zamrazení nemá žádný vliv na jejich strukturu, díky jejich velmi nízkému obsahu vody. Nejdéle je dobré ořechy skladovat jeden rok, poté by se mohlo stát, že ztratí organoleptický vlastnosti a jejich typickou oříškovou chuť (Státní zemědělská a potravinářská inspekce 2020).

Žluknutí tuků

Žluknutím se označuje reakce, při které se u lipidů mění jejich organoleptické vlastnosti vlivem nadměrného přístupu světla, kyslíku, vlhkosti či vlivem bakteriálního působení. Žluknutí snižuje nutriční hodnoty potravin, jelikož některé vitaminy jsou citlivé na oxidaci. Rozlišují se tři druhy žluknutí, a to hydrolytické, oxidační a mikrobiální (Gibson & Newsham 2018).

Hydrolytické žluknutí je způsobeno hydrolyzací triacylglycerolů a uvolněním mastných kyselin. Většina takto uvolněných mastných kyselin se projevuje zápachem dané potraviny (Koon 2009).

Oxidačním žluknutím se označuje degradace lipidů za přístupu atmosférického kyslíku. Dochází k oxidaci dvojně vazby u nenasycených mastných kyselin. Vzniká mnoho netěkvavých, ale také těkvavých sloučenin majících vliv na ztráty senzorických vlastností. Vznikají nejčastěji aldehydy a ketony způsobující nežádoucí zápach a chuť. Tomuto nežádoucímu jevu lze zabránit zabalením potravin do neprůhledných obalů bez přístupu kyslíku a přidáním antioxidantů (Koon 2009; Kuhnert 2016).

Mikrobiální žluknutí je zapříčiněno množением mikroorganismů v olejích a tucích při vystavení vlhkosti. Mikroorganismy k rozkladu chemických struktur v lipidech využívají své enzymy lipázy. Ke snížení nebo úplnému zničení mikroorganismů v potravinách se dosahuje pomocí přidavku antioxidantů, jako je například vitamin E (Koon 2009; Velasco et al. 2010).

Těmto nežádoucím procesům lze předejít omezením přístupu světla, skladováním při nižších teplotách a omezením přístupu kyslíku ze vzduchu. Proto je dobré potraviny s vysokým množstvím nenasycených mastných kyselin skladovat ve vakuovém balení či ochranné atmosféře tmavé a neprůhledné barvy, nebo za použití přidavku antioxidantu do potravin (Velasco et al. 2010; Gibson & Newsham 2018).

3.11 Použití tuků v kuchyni

1) Tuky studené kuchyně

Tuky využívající se u studené kuchyně podléhají jen velmi nízké oxidaci, proto je vhodné používat tuky s vysokým obsahem polynenasycených mastných kyselin a s nízkým obsahem cholesterolu a transmastných kyselin. Obsah nasycených mastných kyselin by neměl přesáhnout hodnotu 30 %, naopak obsah polynenasycených mastných kyselin je vhodný od 25 % do 70 %. Tyto tuky by měly mít za studena dobrou chuť i roztíratelnost. Vhodné jsou měkké margaríny a margaríny s mléčným tukem. Dále kvalitní slunečnicový olej. Nejvhodnější jsou za studena lisované oleje jako je extra panenský olivový olej (Pánek 2002).

2) Tuky teplé kuchyně

Pro vařené pokrmy se doporučují tuky s malým obsahem nasycených mastných kyselin a vyšším obsahem mononenasycených mastných kyselin, jelikož podléhají jen mírné oxidaci. Lze použít tzv. univerzální oleje, do kterých patří řepkový a sójový olej. Vhodný je také rafinovaný olivový olej, který má vyšší tepelnou stabilitu (Pánek 2002; Pánek et al. 2002).

Při pečení se tuky oxidují již ve vyšší míře, proto by měly obsahovat převážně mononenasycené mastné kyseliny. Vhodné k tomuto použití jsou pokrmové tuky, sádlo a fritovací oleje (Pánek 2002; Pánek et al. 2002).

Při přípravě pokrmů smažením dochází z velké míry k oxidaci a také k přepalování použitého tuku. Je proto nevhodné používat tuk na smažení opakovaně. U tohoto druhu tepelné úpravy by se mělo dbát na tuky s vyšším obsahem nasycených mastných kyselin a s nižším obsahem polynenasycených mastných kyselin. Doporučují se speciální fritovací oleje. Pro jednorázové smažení se mohou použít i

rostlinné oleje. Není vhodné máslo, jelikož se při jeho zahřívání rychle přepaluje (Pánek 2002; Pánek et al. 2002).

Příprava fritováním zaznamenává teploty okolo 130 až 190 °C, tudíž je zde oxidace znatelná. Je potřebné dobře předeřhřát tuk a zvolit správnou teplotu. Při nízké teplotě se do potraviny dostává velké množství tuku, proto by se také měla potravina před fritováním řádně osušit. Tuk lze použít opakovaně, ale je třeba dbát na správné skladování. Lze ho použít i několikrát po sobě, dokud to dovolí senzoričké vlastnosti. Pokud je tuk hnědý, nebo se na povrchu objevuje pěna, je nejvyšší čas tuk vyměnit. Obsah polynenasycených mastných kyselin by měl být nízký, proto je vhodné použít méně nenasyčené rostlinné oleje, částečně ztužené kapalné či tuhé tuky (Pánek 2002; Pánek et al. 2002).

Ze zdravotního hlediska je lepší zvolit tuky nenasyčené místo nasycených, aby se snížilo riziko kardiovaskulárních chorob. Je však brát v úvahu, že tuky mají vysokou kalorickou hodnotu a měly by se používat šetrně (Pánek 2002; Pánek et al. 2002).

3.12 Doporučený příjem

V závislosti na nutričních potřebách a fyzické aktivitě se u lidí velmi liší. Kojenci a děti, potřebují správné množství tuku pro jejich normální růst a vývoj. Dalšími jedinci s vysokými energetickými nároky jsou sportovci (viz Tabulka 24). Když tělo využije všechnu energii ze sacharidů, zahajuje využití z tuků. Pokud však lidé vedou sedavý způsob života, je jejich spotřeba výrazně menší, a tedy i příjem by měl být odpovídající k jejich fyzické aktivitě. Pokud tělo přijímá dlouhodobě vyšší dávky energie, přispívá tím k obezitě. (Zimmerman & Snow 2012)

Výživová doporučení vydávají mezinárodní orgány jako je Světová zdravotnická organizace (WHO), Evropský úřad pro bezpečnost potravin (EFSA) a v České republice DACH na základě přezkumu vědecké literatury a po konzultaci s vědeckými odborníky. Výsledkem z různých studií se vytvoří obecné doporučení zaměřující se na normálního zdravého člověka. Doporučení jsou přezkoumávána během několika let a tvoří národní výživová doporučení. Aktuální výživová doporučení se mohou mezi jednotlivými organizacemi a státy lišit (WHO 2011; DACH 2019)

V dřívější době se kladl důraz na dostatečného příjmu živin z důvodu nedostatku potravin. Dnes s nadměrným přísunem potravin se doporučení týkají prevence metabolických chorob. (Eufic 2014)

Většina zdravotnických organizací doporučuje celkový denní příjem tuků u dospělé osoby kolem 20-35 % z celkového energetického příjmu, a to včetně těhotných a kojících žen. U dětí a dospívajících je tato hranice vyšší a to okolo 35-40 % z celkového energetického příjmu. Spotřeba by neměla být nižší než 15-20 %, strava s nízkým množstvím tuku nepříznivě ovlivňuje krevní lipidy a snižuje HDL cholesterol. Vede také k nedostatečnému příjmu esenciálních mastných kyselin. Horní limity slouží k tomu, aby lidé nepřijímali příliš mnoho kalorií ve formě tuku. Doporučení týkající se celkového příjmu tuků je rozděleno na doporučený příjem mastných kyselin (Eufic 2014).

Tabulka 24: Doporučený příjem tuků u jednotlivých věkových kategorií (Havlík & Marounek 2012)

Věk	Tuk celkem (% z celkového energetického příjmu)
0 až 4 měsíce	40-45
4 až 12 měsíců	35-45
1 až 4 roky	30-40
4 až 15 let	30-35
15 až 65 let*	30
65 let a více	30-35
Těhotné a kojící ženy	30-35

*Osoby se zvýšeným výdejem energie mohou využít vyšší procento

Česká republika patří mezi země s obecně vyšším příjmem tuků ve stravě. Tato spotřeba není kritická, pokud je zachován vyvážený stav mezi příjmem a výdejem energie. Je překročena hranice pro nasycené mastné kyseliny, ale u transmastných kyselin spotřeba klesá. Příjem n-3 mastných kyselin je na dolní hranici doporučeného množství, toto množství stačí sice na pokrytí základních potřeb organismu, ale jejich příjem by se měl zvýšit. Příjem n-6 mastných kyselin je v horní hranici, což je v pořádku. Jednoduchým závěrem je, že lidé by měli omezovat příjem nasycených mastných kyselin a transmastných kyselin, udržovat příjem n-6 mastných kyselin a zvyšovat příjem n-3 mastných kyselin (Brát 2018).

Nasycené mastné kyseliny

Obecně platí, že čím více nasycených mastných tuků ve stravě, tím vyšší hladina LDL cholesterolu v krvi. Neplatí to však u všech mastných kyselin, nejvíce hladinu cholesterolu ovlivňuje kyselina laurová, myristová a palmitová. Kromě toho, že nasycené mastné kyseliny ovlivňují hladinu cholesterolu v krvi, přispívají k onemocnění srdce a poruchám srážlivosti krve. Ke snížení příjmu nasycených mastných kyselin se doporučuje konzumovat drůbež bez kůže, mléko a mléčné výrobky se sníženým obsahem tuku a nenasycené oleje na vaření (Whitney & Rolfes 2011).

Z důvodu, že nasycené mastné kyseliny zvyšují hladinu LDL cholesterolu v krvi a zvyšují riziko kardiovaskulárních chorob, je jejich příjem doporučen pod 10 % z energetického příjmu. Existují i shody, že je pro zdraví nejlepší, co nejnižší příjem, jelikož je lidský organismus schopen pokrýt potřebu nasycených mastných kyselin vlastní syntézou, příjem z potravin není proto bezpodmínečně nutný (Mann & Truswell 2012).

Nenasycené mastné kyseliny

Mononenasycené mastné kyseliny

Slouží-li mononenasycené mastné kyseliny jako náhrada nasycených mastných kyselin či sacharidů, hladinu celkového a LDL cholesterolu snižují, hladinu HDL cholesterolu neovlivňují, nebo jen mírně zvyšují. Napomáhají ke snížení krevního tlaku a snižují riziko vzniku diabetu (Dlouhý & Anděl 2009).

Většina dietních doporučení nemá konkrétní limity pro mononenasycené mastné kyseliny. Ale doporučení FAO uvedla, že hodnoty pro mononenasycené mastné kyseliny lze získat z výpočtu:

Celkový tuk (% E) – SFA (% E) – PUFA (% E) – TFA (% E), což odpovídá množství 10-20 % z celkového denního energetického příjmu tuků (Eufic 2014).

Polynenasycené mastné kyseliny

Polynenasycené mastné kyseliny vykazují pozitivní účinky na lidské zdraví, jsou to hlavně mastné kyseliny ze skupiny n-3 a n-6. Hlavním zástupcem n-3 mastných kyselin je kyselina linolenová a u skupiny n-6 mastných kyselin je to kyselina linolová. U těchto polynenasycených mastných kyselin se liší jejich doporučení mezi jednotlivými organizacemi (Whitney & Rolfes 2011; Brát 2018).

Doporučený denní příjem je dle FAO/WHO rozlišen do dvou úrovní, a to spodní a vyšší příjem. Spodní hranice doporučeného příjmu n-6 polynenasycených mastných kyselin se pohybuje od 2,5 až 5 %, což je množství odpovídající zajištění základních funkcí organismu. Horní hranice je až 9 % z celkového příjmu energie, která je důležitá pro udržování normální hladiny celkového a LDL cholesterolu v krvi. U n-3 mastných kyselin je příjem kyseliny linolenové udáván nad 1 %, což odpovídá množství nad 2 g. Pro správné fungování organismu stačí množství od 0,5 do 1 %. Důležité je také připočítat kyseliny eikosapentaenovou a dokosaheptaenovou v množství 0,25 až 2 g (Whitney & Rolfes 2011).

Dle Bráta (2018) se ve výživových doporučeních dříve udával poměr mezi příjmem n-6 a n-3 mastnými kyselinami. Společnost pro výživu doporučovala poměr mezi n-6 a n-3 maximálně 5:1, lepší byl však poměr 2:1. Organizace FAO/WHO od tohoto stanovení již upustila, jelikož je tento poměr dle odborníků méně důležitý. Je podstatnější se zabývat absolutní úrovní a zdrojem příjmu u těchto mastných kyselin.

Jejich nadměrný příjem není však užitečný, naopak mohou zvyšovat dobu krvácení, narušit hojení ran, a dokonce i zvyšovat hladinu LDL cholesterolu v krvi. Proto by neměl jejich denní příjem přesáhnout 11 % z celkového příjmu energie. Bezpečné hodnoty pro konzumaci EPA a DHA z doplňků stravy jsou stanoveny do 5 g/den (Whitney & Rolfes 2011; Brát 2018).

Trans-nenasycené mastné kyseliny

Trans-mastné kyseliny mění v těle cholesterol stejným způsobem jako některé nasycené mastné kyseliny a to tak, že zvyšují LDL cholesterol a při vysokém příjmu současně snižují HDL cholesterol. Jejich omezením se zlepší hladina cholesterolu v krvi a sníží se riziko srdečních chorob. Kvůli tomuto stavu se mnoho výrobců potravin snaží snížit obsah trans-mastných kyselin ve výrobcích. Stále se klade otázka, zda je pro zdraví srdce lepší konzumovat máslo či margarín. Americká kardiologická asociace uvedla, že máslo je bohaté jak na nasycené mastné kyseliny, tak i cholesterol, zatímco margarín vyrobený z rostlinných olejů cholesterol neobsahuje. V měkkých margarínech jsou trans-mastné kyseliny méně hydrogenované, a tedy i v relativně nižším množství než u másla. V důsledku toho nezvyšují hladinu cholesterolu v krvi v takové míře jako nasycené tuky obsažené v másle nebo v tvrdých margarínech. Z tohoto hlediska jsou tedy margaríny výhodnější (Whitney & Rolfes 2011).

U trans-nenasycených mastných kyselin obecně platí udržování co nejnižším příjmu, nebo pod 1 % energie. Je tedy dobré omezit jejich příjem pod 1 gram za den (Havlík & Marounek 2012).

V Tabulce 25 je uvedeno doporučení Světové zdravotnické organizace (WHO), Světové organizace pro výživu a zemědělství (FAO) a Společnosti pro výživu (DACH) pro jednotlivé mastné kyseliny. (DACH 2019)

Tabulka 25: Doporučený příjem jednotlivých mastných kyselin (DACH 2019)

Živina	Doporučený příjem
Nasyčené mastné kyseliny	Méně než 10 % z celkového doporučeného příjmu energie
Mononenasyčené mastné kyseliny	dopočetem dle vzorce: tuk – nasycené mastné kyseliny – transmastné kyseliny – polynenasycené mastné kyseliny
N-3 polynenasycené mastné kyseliny	0,5-2 % z celkového doporučeného příjmu energie
EPA+DHA	250 mg-2 g
N-6 polynenasycené mastné kyseliny	2,5-9 % z celkového doporučeného příjmu energie
Transmastné kyseliny	Méně než 1 % z celkového doporučeného příjmu energie

EPA – eikosapentaenová kyselina, DHA – dokosahexaenová kyselina

Cholesterol

Konzumace cholesterolu také zvyšuje hladinu cholesterolu v krvi a podílí se tak na vzniku srdečních chorob, i když ne v takové míře jako nasycené mastné kyseliny a trans-mastné kyseliny. Cholesterol se nachází ve všech potravinách živočišného původu. Většina potravin bohatých na cholesterol obsahuje také vysoký podíl nasycených mastných kyselin. Jedinou výjimkou jsou vejce, která obsahují pouze 1 gram nasycených mastných kyselin, ale více než 200 miligramů cholesterolu, což jsou zhruba dvě třetiny doporučeného denního příjmu (Chow 2008; Velíšek & Hajšlová 2009; Whitney & Rolfes 2011).

Je doporučeno, aby denní příjem cholesterolu nepřesahoval 300 miligramů. Proto pro jedince s normální hladinou cholesterolu v krvi není konzumace jednoho vejce denně škodlivá. Pro jedince, kteří trpí na vysokou hladinu cholesterolu v krvi, se doporučuje omezit denní příjem cholesterolu pod 200 mg. Při nadměrném příjmu, stoupne i jeho množství v LDL lipoproteinech a dochází k tvorbě usazenin ve stěnách cév. To může vést ke zvýšení krevního tlaku, ateroskleróze, cévní mozkové příhodě a infarktu myokardu (Chow 2008; Havlík & Marounek 2012).

Mezi důležité faktory patří poměr mezi celkovým cholesterolem a HDL cholesterolem, který by měl mít hodnotu menší než 5. Cholesterolemii nejvíce ovlivňuje kyselina palmitová, myristová a laurová. Obsah kyseliny laurové a myristové je velmi malý, naopak kyselina palmitová je v hojném množství obsažena v mléčném tuku i v ostatních tucích živočišného původu (Havlík & Marounek 2012).

V České republice je příjem cholesterolu o mnoho vyšší, odhaduje se až kolem 400-600 mg za den (Pánek 2002).

3.13 Náhrada tuků

Vzhledem k tomu, že byly prokázány souvislosti mezi vysokým příjmem tuku a srdečními chorobami, potravinový průmysl začal vyrábět mnoho nízkotučných potravin. Je velmi těžké nahradit tuk v potravinách, jelikož se podílí na celkové chuti a těžko se nahrazuje. Jako tukové náhražky se využívají: náhražky na bázi sacharidů, proteinové náhražky a tukové náhražky (Filip & Pokorný 2006; Besri 2015).

Dle Besriho (2015) lze tuk nahradit sloučeninami na bázi sacharidů, jako jsou dextriny, maltodextriny, modifikované potravinové škroby a různé gumy. Zatímco tuky obsahují na 1 gram 38 kJ, tyto náhražky pouze 4-18 kJ na 1 g. Tukové náhražky jsou kašovitě, aby poskytovaly dobrý pocit v ústech a zadržují mnoho vody. Výrobky bez tuku nebo nízkotučné obsahují sice méně tuku, ale nemusí mít nižší kalorickou hodnotu, protože se do potravinových výrobků musí dodat vyšší množství sacharidů, aby se vyrovnala rozdílnost v chuti.

Bílkoviny používané jako náhražky tuků obsahují modifikované vaječné bílky nebo syrovátku z mléka. Jejich nutriční hodnota je přibližně 17 kJ na 1 g. Negativní aspekt u těchto náhražek je, že při vyšších teplotách se denaturují bílkoviny. Jejich využití je proto hlavně v mražených krémech a dezertech (Filip & Pokorný 2006; Besri 2015).

K náhradě tuku je potřeba velké množství tukové náhražky, proto je vývoj těchto látek spojen s obtížemi. Požadavky na zdravotní nezávadnost jsou přísnější, než u výše uvedených náhražek. K přírodním produktům tukové náhražky patří jojobový olej, který se řadí mezi tekuté vosky. Lidský organismus není schopen tento produkt štěpit a využít tak jeho energii. Další nevýhodou je vyšší cena oleje ve srovnání s běžně využívanými oleji. Další náhražkou, která se získává průmyslově je Olestra. Lidský organismus není schopen odštěpit mastné kyseliny a využít jejich energii a nedovedou to ani mikroorganismy v trávicím traktu, proto má Olestra nulovou kalorickou hodnotu. To se projevuje projímavými účinky, proto je povolena pouze na území USA a jen v několika výrobcích (Filip & Pokorný 2006; Besri 2015).

3.14 Metabolismus tuků

1) Trávení a absorpce tuků

Vzhledem k tomu, že byly prokázány souvislosti mezi vysokým příjmem tuku a srdečními chorobami, potravinový průmysl začal vyrábět mnoho nízkotučných potravin. Je velmi těžké nahradit tuk v potravinách, jelikož se podílí na celkové chuti a těžko se nahrazuje. Jako tukové náhražky se využívají: náhražky na bázi sacharidů, proteinové náhražky a tukové náhražky (Filip & Pokorný 2006; Besri 2015).

Tuk lze nahradit sloučeninami na bázi sacharidů, jako jsou dextriny, maltodextriny, modifikované potravinové škroby a různé gumy. Zatímco tuky obsahují na 1 gram 38 kJ, tyto náhražky pouze 4-18 kJ na 1 g. Tukové náhražky jsou kašovitě, aby poskytovaly dobrý pocit v ústech a zadržují mnoho vody. Výrobky bez tuku nebo nízkotučné obsahují sice méně tuku, ale nemusí mít nižší kalorickou hodnotu, protože se do potravinových výrobků musí dodat vyšší množství sacharidů, aby se vyrovnala rozdílnost v chuti (Besri 2015).

Bílkoviny používané jako náhražky tuků obsahují modifikované vaječné bílky nebo syrovátku z mléka. Jejich nutriční hodnota je přibližně 17 kJ na 1 g. Negativní aspekt u těchto náhražek je, že při vyšších teplotách se denaturují bílkoviny. Jejich využití je proto hlavně v mražených krémech a dezertech (Filip & Pokorný 2006; Besri 2015).

K náhradě tuku je potřeba velké množství tukové náhražky, proto je vývoj těchto látek spojen s obtížemi. Požadavky na zdravotní nezávadnost jsou přísnější, než u výše uvedených náhražek. K přírodním produktům tukové náhražky patří jojobový olej, který se řadí mezi tekuté vosky. Lidský organismus není schopen tento produkt štěpit a využít tak jeho energii. Další nevýhodou je vyšší cena oleje ve srovnání s běžně využívanými oleji. Další náhražkou, která se získává průmyslově je Olestra. Lidský organismus není schopen odštěpit mastné kyseliny a využít jejich energii a nedovedou to ani mikroorganismy v trávicím traktu, proto má Olestra nulovou kalorickou hodnotu. To se projevuje projímavými účinky, proto je povolena pouze na území USA a jen v několika výrobcích (Filip & Pokorný 2006; Besri 2015).

2) Tuková tkáň

Lidský tuk má žlutou barvu a při normální tělesné teplotě je tekutý. Skládá se z kyseliny olejové, palmitové, stearové a menšího množství mastných kyselin s dvojnou vazbou. Triacylglyceroly obsažené v tukové tkáni poskytují dvakrát tolik energie, než bílkoviny a sacharidy, což z nich činí účinnou formu energie při skladování. Tuková tkáň tvoří 15-25 % tělesné hmotnosti, u jedinců trpící nadváhou a obezitou je tato hodnota mnohem vyšší (Vodrážka 1996; Leray 2015).

Když je přijato více energie, než tělo spotřebuje, je přebytečná energie uložena právě v tukových buňkách neboli adipocytech tukové tkáně. Množství v lidském organismu se odráží jak na počtu tukových buněk, tak na jejich velikosti. Lidé trpící obezitou mají větší tukové buňky a také jejich množství je vyšší než u jedinců s normální hmotností. Nejvíce se zvyšuje počet tukových buněk během dospívání a puberty. Když je naopak tělo v energetickém deficitu, tukové buňky zmenšují svůj objem, ale jejich počet zůstává stejný. Proto když lidé, kteří trpěli obezitou zhubnou, jsou stále náchylnější na nárůst hmotnosti (Whitney & Rolfes 2011).

Existují dva typy tukové tkáně, a to bílá tuková tkáň a hnědá tuková tkáň (Whitney & Rolfes 2011).

Bílá tuková tkáň

Bílá tuková tkáň je tvořena adipocyty (tukové buňky) s velkými kapénkami obklopenými prstencem cytoplazmy. Adipocyty bílé tukové tkáně jsou největší buňky lidského těla, jejichž průměrná velikost je 50 μm . U jedinců s normální hmotností zaujímá 20 % celkové hmotnosti jedince. U obézních lidí je to až 50 % celkové hmotnosti. Bílá tuková tkáň slouží jako zásobárna energie, tepelné izolace a ochrana vnitřních orgánů. Je metabolicky velmi aktivní, produkuje adipokiny podílející se na ukládání periferních energetických zdrojů, hormony, cytokiny a enzymy (Miner 2004; Müllerová 2009).

Dle metabolického hlediska se rozlišují dva typy bílé tukové tkáně, a to podkožní neboli subkutánní tuk a viscerální tuk. Subkutánní tuk slouží jako zdroj energie, tepelná izolace organismu a plní také metabolické a endokrinní funkce. Viscerální tuk má za funkci chránit vnitřní orgány před nárazy. Většina tuku se nachází ve formě podkožního tuku, který chrání tělo před tepelnými ztrátami. Ukládá se velmi nerovnoměrně, záleží na pohlaví a také tělesném typu jedince. U mužů je koncentrace

bílé tukové tkáně spíše viscerální, u žen subkutánní. Nadbytek tělesného tuku, zejména právě viscerálního, je spojen se zhoršením metabolismu mastných kyselin, inzulinovou rezistencí a zvýšeným rizikem kardiovaskulárního onemocnění (Miner 2004; Müllerová 2009; Leray 2015).

Hnědá tuková tkáň

Hnědá tuková tkáň je tvořena adipocyty, které nejsou tak velké jako adipocyty bílé tukové tkáně. Obsahují velký počet mitochondrií a jsou bohatě prokrveny, právě to způsobuje hnědou barvu tkáně. Kromě mitochondrií obsahuje také cytochromy a má malou aktivitu ATP-syntázy. Proto při oxidaci glukózy nevzniká adenosintrifosfát (ATP), ale uvolňuje se teplo. Během let se snižuje počet mitochondrií a její funkce se podobá funkci bílé tukové tkáně (Svačina 2010).

Je lokalizována hlavně u novorozenců v oblasti páteře a horní míchy směrem k ramenům. Zaujímá u nich až 5% celkové hmotnosti. Po prvním roce života rychle klesá, ale menší množství zůstává po celý život. U dospělých jedinců se vyskytuje v horní oblasti hrudi a krku. U lidí trpících obezitou je zredukována, nebo se nevyskytuje vůbec (Svačina 2010).

Metabolismus tukových buněk

Tuková tkáň je metabolicky velmi aktivní. Jeden z hlavních hormonů řídící metabolismus tukové tkáně je insulin. Insulinem je řízen enzym lipoproteinová lipáza, která podporuje ukládání tuků jak v tukové, tak svalové tkáni. Vyšší aktivitu LPL v tukové tkáni mají obézní lidé, aktivita ve svalové tkáni je však podobná. Aktivita lipoproteinové lipázy je částečně regulována hormony. Proto jsou pohlavní rozdíly v aktivitě enzymů a rozkladu tuků v různých částech těla. U žen je aktivita LPL regulována estrogenem. Vyšší aktivita LPL je proto v prsou, bocích a stehnech, tyto ženské partie náchylnější na ukládání tukových buněk. U mužů se jedná o hormon testosteron, aktivita LPL je proto u mužů soustředěna v okolí břicha. Ženy mají obecně pomalejší odbourávání tuků než muži. Hormon regulující příjem a výdej energie se nazývá leptin. Je to protein tvořený v adipocytech označován někdy jako hormon sytosti nebo hormon hladu. Vysoká hladina leptinu signalizuje mozku, že je organismus sytý a člověk má tak zastavit příjem potravy. Naopak nízká hladina vede k touze po potravě a její konzumaci. Ženy mají zpravidla vyšší hladinu leptinu než muži, a to bez ohledu na tělesnou hmotnost a věk. Nadbytek leptinu je způsoben vyšším množstvím uloženého tuku v těle. Vysoké koncentrace leptinu se nacházejí u lidí trpících obezitou, jejich tělo nedokáže tak vysoké množství leptinu přijmout, čímž se u nich chuť k jídlu nemění. (Whitney & Rolfes 2011).

Poruchy metabolismu tuků

Obezita

Obezita je definována jako nadměrná až abnormální akumulace tělesného tuku. U zdravého člověka funguje hmotnostní stabilita. Při příjmu vyššího množství energie se uloží v hnědé tukové tkáni a spotřebuje se na tvorbu tepla, tudíž nedojde k nárůstu hmotnosti. Při obezitě může však nastat porucha termogeneze. Tedy že nadbytečný, ale i normální příjem energie může způsobit nárůst tukové tkáně a také hmotnosti. Proto je problém v regulaci již vzniklé obezity. V české republice trpí obezitou 18,5 % jedinců, z toho je 20 % mužů a 18 % žen (Pánek 2002; Havlík & Marounek 2012; Český statistický úřad 2018).

Faktory zvyšující riziko obezity se mohou dělit na ovlivnitelné a neovlivnitelné. Mezi neovlivnitelné faktory patří věk, přičemž při vyšším věku dochází ke zpomalování metabolismu a změnám hladin hormonů, také k nižší fyzické aktivitě. Dále se sem řadí pohlaví, kdy se u mužů a žen ukládá tuk v různých partiích těla. Navíc mají ženy přirozeně větší procentu tuku v těle než muži. V neposlední řadě jsou to geny, které ovlivňují množství tělesného tuku ze 30-70 %. Jedná se hlavně o gen FTO (fat mass and obesity associated protein), který determinuje tělesnou hmotnost, je však důležitý pro správný vývoj centrální nervové soustavy a kardiovaskulárního systému. Studie prokázala, že minoritní alela toho genu zvyšuje BMI o 0,4 kg/m² a zvyšuje riziko obezity 1,2krát. Zvýšení alely FTO u novorozenců způsobuje jejich zrychlený vývoj o 2,4 % a urychluje také jejich nadměrnou hmotnost. Děti mezi 4-5 rokem života konzumovali vyšší množství jídla a nebylo je možné uspokojit s jejich běžnou porcí. Dále bylo prokázáno, že při konzumaci vyššího množství trans-nenasycených mastných kyselin ve stravě u lidí s rizikovými alelami FTO se zdvojnásobil nárůst hodnoty BMI a také jejich obvod pasu (Havlík & Marounek 2012; Fraňková et al. 2015).

Každý člověk má svou optimální hmotnost, kterou je třeba si udržovat. Škodlivá je jak silně zvýšená hmotnost, tak i snížená. Škodlivost obezity závisí i na jejím typu, který se liší pohlavím. Mužský typ obezity je abdominální, který se vyznačuje větším obvodem břicha vůči bokům. U žen je typ gynooidní, kde obvod boků přesahuje obvod břicha. U abdominálního typu byl pozorován větší výskyt kardiovaskulárních chorob (Koochakpour et al. 2019).

Mezi ovlivnitelné faktory patří výživa. V dnešní době většina lidí nedodržuje pravidelnost ani pestrost stravy. Dále sem lze zařadit pohyb, který většina lidí bohužel nedodržuje. Dle WHO je pro dospělého člověka doporučeno 150 minut týdně pravidelného pohybu. Důležitým faktorem pro vznik obezity je také psychika. Mnoho lidí zahání negativní emoce či stres konzumací jídel obsahující velké množství tuků a cukrů. Stres může vést až k záchvatovému přejídání, proto je důležitý odpočinek a relaxace (Koochakpour et al. 2019).

Preference k obezitě vznikají již v dětském věku. Tím, že se tuk ukládá v mladém věku, dochází nejen ke zvětšení, ale i pomnožení tukových buněk. Tyto tukové buňky mají sníženou citlivost k inzulínu, tím se snižuje využitelnost glukózy a zvyšuje se příjem potravy. Obezita u dětí je celosvětovým problémem. U dětí se podílí mnoho faktorů na vzniku nadváhy a obezity. Predispozice vedoucí k obezitě mohou být ovlivněny již v prenatálním věku uvnitř dělohy v těle matky. Proto jsou v tomto období důležité stravovací návyky matky, metabolismus glukózy matky a také to, zda kouří. Vliv má příliš nízká nebo vysoká porodní hmotnost dítěte. Problémem dnešní doby je nedostatečná pohybová aktivita dětí, jelikož většinu svého volného času věnují sezení u počítače či televize. Velký vliv má na dítě rodina a prostředí, ve kterém vyrůstá. Větší pravděpodobnost výskytu obezity u dětí je v rodině, kde se již obezita vyskytuje a jsou tam špatné stravovací návyky. Pokud dítě vyrůstá v ekonomicky slabší rodině, je zde riziko vyšší, jelikož rodiče kupují nezdravé potraviny, které jsou však levnější. Svou roli zde hraje vzdělání rodičů a také jejich povědomí o zdravé stravě. Někdy hraje velkou roli u dětí také stres a emoce, některé ho mohou zahánět jídlem, jako i někteří dospělí jedinci (Aldhoon-Hainerová 2009; Havlík & Marounek 2012; Fraňková et al. 2015).

Jako referenční hodnota k hodnocení tělesné hmotnosti byl zaveden index tělesné hmotnosti BMI. Pomocí BMI se označuje, zda má jedinec podváhu, normální váhu, nadváhu, či je obézní. Vysoké hodnoty BMI mohou být varovnými příznaky zdravotních rizik (viz Tabulka 26). Pro zdraví organismu je třeba udržovat normální index tělesné hmotnosti (BMI) a obvod pasu. BMI je jednoduché měření, které nebere v úvahu svalovou hmotu, vodu, tuk ani jeho distribuci v těle (Garrido-Chamorro et al. 2009).

BMI se udává dle výpočtu: $BMI = [hmotnost (kg)] \div výška (m)^2$ *Tabulka 26: Jednotlivě kategorie obezity s hodnotami BMI (Lavrador et al. 2011)*

Kategorie	BMI (kg/m ²)
Podváha	<18,50
Normální hmotnost	18,50-24,99
Nadváha	25,00-29,99
Obezita 1. třídy	30,00-34,99
Obezita 2. třídy	35,00-39,99
Obezita 3. třídy	≤ 40,00

Obvod pasu se bere jako míra tělesného tuku hlavně u mladých lidí a dětí, u kterých nelze jednoznačně určit hodnota BMI. Dle obvodu pasu se lépe určuje u obézních dospívajících rozvoj metabolických chorob. V kombinaci s BMI se nejlépe určují zdravotní rizika, jako je například kardiovaskulární onemocnění u dětí. Dle WHO je zvýšené riziko metabolických poruch, pokud u mužů překročí obvod pasu hodnotu 102 cm a u žen 88 cm. Tento vzorec je však nepřesný, jelikož nebere ohled na věk, pohlaví, ani svalovou hmotu jedince (Pischon et al. 2008; Czernichow et al. 2011; WHO 2011).

Obezita lze také měřit pomocí poměru obvodu pasu k celkové výšce jedince, označována jako WHtR. Zvýšená hodnota WHtR vypovídá o vyšším riziku kardiovaskulárních chorob, které koreluje s obezitou. Toto měření je neúčinnější pro detekci kardiometabolických poruch u obou pohlaví ve srovnání s výpočtem BMI či obvodu pasu. Pro ženské i mužské pohlaví byla navržena stejná omezující hodnota, a to WHtR do 0,5 (Ashwell et al. 2013).

Obezitu provází řada zdravotních rizik, jde zejména o metabolické onemocnění, jako je diabetes mellitus 2. typu, dna, hypercholesterolemie a různé záněty v těle. U obézních lidí je riziko vzniku diabetu 2. typu až 53krát větší než u jedinců s normální hmotností. Dále jsou zde vyšší rizika kardiovaskulárních nemocí, jako je hypertenze, ischemická choroba srdeční, cévní mozková příhoda, nebo dokonce selhání srdce. Obézní jedinci často trpí respiračními nemocemi, do kterých patří spánková apnoe a astma bronchiale. Kvůli velké hmotnosti jsou namáhány dolní končetiny, u kterých hrozí artróza kolenního kloubu. Obezitu zpravidla doprovází gastrointestinální onemocnění, což je například onemocnění žlučníku, nealkoholické tukové postižení jater nebo nealkoholická steatohepatitida, jelikož obézní jedinci mají nepříznivé složení žluče a zvýšené prozánětlivé cytokiny v těle. Vyskytují se zde různé kožní infekce a lymfedémy. Lidé trpící obezitou mívají nízké sebevědomí a s tím spojené deprese, někdy také trpí diskriminací v kolektivu (Tsigos et al. 2009; Holéczy 2019).

Obezita má ve vyspělých zemích vzrůstající charakter, k poklesu téměř nedochází. Dietní pokyny na léčbu jsou známy, ale bohužel nejsou respektovány. Je nutné omezit tučné a smažené potraviny, sladkosti, sladké a alkoholické nápoje. Nepřejídat se, přidat do jídelníčku více ovoce a zeleniny, zvýšit příjem vlákniny. Měl by se upravit i poměr n-6 ku n-3 mastných kyselin ve prospěch n-3. Polynenasycené mastné kyseliny řady n-3 potlačují tvorbu tuku a stimulují jejich spalování. Jelikož snaha o snížení hmotnosti stoupá, využil toho farmaceutický průmysl a na trhy jsou dostupné léky ke snížení tělesné hmotnosti volně dostupné i na internetu. Nejznámější jsou léky omezující chuť k jídlu a přípravky a zvýšení termoregulace. Ne každý lidský organismus je dokáže vstřebat. Je nutné také zvýšit fyzickou aktivitu. Nejlépe se projevuje dlouhodobá léčba pod dozorem specialisty (Pischon et al. 2008).

Léky na obezitu tzv. antitiobezitika jsou na předpis a indikují se pacientů s BMI ≥ 30 , kteří trpí některou s nemocí spojenou s obezitou. Dříve se používaly léky obsahující deriváty amfetaminu, které měly mnoho nežádoucích účinků, a hlavně měly velké riziko vzniku závislosti. Dnes se využívá lék sibutramin fungující jako inhibitor zpětného vychytávání noradrenalinu a serotoninu v nervových zakončení centrální nervové soustavy. Navozuje pocit plnosti a zvyšuje energetický výdej v klidové fázi. Mírně zvyšuje tepovou frekvenci a krevní tlak, proto se nedoporučuje jedincům trpícím na kterékoli onemocnění srdce. Dalším lékem je orlistat, která snižuje činnost střevních lipáz, a tím omezuje vstřebávání tuků do organismu až ze 30 %. Novou skupinou léků jsou glifloziny využívající snížení glykémie, glykovaného hemoglobinu za snížení hmotnosti. Nežádoucí vliv u malého procenta lidí používajících tyto léky je urogenitální infekce, která vzniká v důsledku vysokého obsahu glukózy v moči, avšak běžnou léčbou lze odstranit (Holéczy 2019).

U jedinců s BMI ≥ 40 , nebo s BMI ≥ 35 trpících některou nemocí spojenou s obezitou lze uvažovat o bariatrické léčbě. V současnosti se provádí zákroky na zmenšení kapacity žaludku, což je adjustabilní bandáž žaludku, žaludeční bypass a rukávová resekce žaludku. Na zamezení vstřebávání živin energie se využívá biliopankreatická diverze, při které se redukuje kapacita žaludku a plocha tenkého střeva. Dále se využívá kombinace mezi těmito metodami. Po operaci je však nutno dodržovat správnou stravu a udržovat se v pohybu. Bariatrická léčba zlepšuje kvalitu života a má největší úspěšnost z hlediska dlouhodobé redukce hmotnosti. Tento chirurgický zákrok snižuje i početnost úmrtí na obezitu (Risérius et al. 2009; Braunerová & Hainer 2010).

Hypertenze

Hypertenze neboli vysoký krevní tlak se fyzicky neprojevuje, ale jeho následky zhoršují kvalitu života či ho mohou předčasně ukončit. Hypertenzi trpí 20-30 % české populace a jde tak o nejčastější kardiovaskulární onemocnění. O hypertenzi se hovoří v případě, že systolický tlak naměříme v klidové fázi na pažní tepně s hodnotu 130 mm Hg a diastolický tlak přesáhne hodnotu 90 mm Hg (viz Tabulka 27) (Perušicová et al. 2013).

Tabulka 27: Kategorie krevního tlaku (Čertíková Chábová 2018)

	STK	DTK
Normální	<120 mm Hg	<80 mm Hg
Zvýšený	120-129 mm Hg	<80 mm Hg
Hypertenze 1. stádium	130-139 mm Hg	80-90 mm Hg
2.stádium	>140 mm Hg	≥ 90 mm Hg

STK-systolický tlak, DTK-diastolický tlak

Riziko hypertenze se zvyšuje s věkem. Snaha o snížení vysokého krevního tlaku se zaměřuje na kontrolu tělesné hmotnosti. Samotný úbytek hmotnosti je jednou z nejúčinnějších metod pro snížení krevního tlaku. Doporučuje se strava bohatá na ovoce, zeleninu, mléčné výrobky s nízkým obsahem tuku. Měl by se omezit příjem nasycených mastných kyselin a příjem sodíku. Při redukci soli ve stravě se snižuje krevní tlak a dále se zamezuje vzniku srdečních chorob. Fyzická aktivita pomáhá s kontrolou tělesné hmotnosti, ale podílí se také na snížení krevního tlaku. Čím menší je fyzická aktivita a vyšší krevní tlak, tím lepší účinek má fyzická aktivita na snížení krevního tlaku (Opletal 2010; Whitney & Rolfes 2011; Čertíková-Chábová 2018).

Pokud úprava stravy a fyzická aktivita nesníží krevní tlak, mohou být předepsány léky na snížení krevního tlaku. Jsou to diuretika a antihypertenziva. Diuretika snižují krevní tlak se ztrátou tekutin a snížením objemu krve. Některá diuretika vedou k deficitu draslíku, proto je vhodné ho doplňovat v dostatečném množství ve stravě, či kombinovat s diuretiky s opačným účinkem. Většina lidí s hypertenzí využívá kombinaci více léků, aby předešla vedlejším účinkům těchto léků (Opletal 2010; Whitney & Rolfes 2011).

Ateroskleróza

Ateroskleróza je degenerativní onemocnění stěn cév, ve kterých se hromadí plak. Plak je tvořen tuky, cholesterolem, vápníkem a dalších látek obsažených v krvi. Cévy tvrdnou a zužují se, což omezuje průtok krve, s tím také omezené okysličování srdce a dalších orgánů a tkání kyslíkem. Ateroskleróza může ovlivnit kteroukoliv tepnu, ale vyskytuje se především ve větších vysokotlakých tepnách. Může se stát, že se kus plátu otevře, v místě se nahromadí krevní destičky, které společně utvoří sraženinu. Tato sraženina zamezuje průtoku krve v tepně a dává vzniknout srdečnímu infarktu či mozkové mrtvici.

Jelikož ateroskleróza může postihnout jakékoli tepny v těle, jako například tepny srdce, mozku, ledvin a dolních končetin, mohou se rozvinout různá onemocnění. Pokud se ateroskleróza vyskytuje v tepnách srdce, hrozí srdeční infarkt nebo angina pectoris. Pokud probíhá v tepnách dolních končetin, rozi riziko vzniku ischemické choroby dolní končetiny. Cévní mozková příhoda neboli mrtvice hrozí, pokud ateroskleróza napadne tepny mozku (National Heart, Lung and Blood Institute 2018; Martel 2019).

Mezi rizikové faktory pro vznik aterosklerózy patří věk. Ateroskleróza je dlouhodobý děj, který může vznikat již v dětském věku, ale projevu je se u mužů nejčastěji po 45. roku života a u žen po 55. roku života. S rostoucím výskytem dětské obezity se rozšířila též míra výskytu aterosklerózy. Dále vysoký krevní tlak a hypercholesterolemie. Kouření napíná cévy a zvyšuje hladinu cholesterolu v krvi a tím i krevní tlak, proto znesnadňuje transport kyslíku ke tkáním a orgánům. Dalším rizikovým faktorem je nedostatek fyzické aktivity, která zhoršuje další rizikové faktory aterosklerózy, jako je obezita, diabetes a vysoký krevní tlak. Na vzniku aterosklerózy se podílí také rodinná anamnéza, kdy je jedinec pocházející z rodiny s výskytem aterosklerózy ve větším riziku (National Heart, Lung and Blood Institute 2018; Martel 2019).

Dle Martela (2019) je nejdůležitější v léčbě aterosklerózy začít včas. Pro léčbu aterosklerózy je doporučeno vyhnout se rizikovým faktorům, což znamená nekouřit, konzumovat zdravou a pestrou stravu, pravidelně se hýbat, a tím tak zamezit ukládání přebytečného tuku v těle a zvýšení cholesterolu v krvi. Pokud je ateroskleróza v závažnější fázi je nutná farmakoterapie nebo dokonce chirurgický zákrok. Farmaka podávaná při léčbě aterosklerózy zahrnují především léky na snížení hladiny cholesterolu, jako jsou statiny a fibráty, inhibitory angiotensin-konvertujícího enzymu (ACE) zabraňující zúžení tepen. Diuretika vylučují vodu z těla a tím snižují krevní tlak, dále se ke snížení krevního tlaku využívají β -blokátory a blokátory vápníkových kanálů. Lze použít také léky na ředění krve, například warfarin. Při těžké ateroskleróze je nutno provést chirurgickou operaci. Mezi chirurgické operace patří angioplastika, u které se zavede balóněk do zúženého místa tepny, který je poté roztáhne. Dále se provádí koronární bypass. Je to zákrok, jehož úkolem je odebrání cév z jiné části těla nebo použití syntetické trubice k náhradě poškozených tepen. Častou operací je také karotidová endarterektomie provádějí se zejména v oblasti krčních tepen. Je to operace, při které se z tepen odstraňuje nahromaděný plak, přičemž se obnoví průtok krve do mozku a zabrání se mozkové mrtvici.

Hypercholesterolémie

Hypercholesterolémie je metabolické onemocnění charakterizována zvýšenou hladinou lipidů a lipoproteinů v plazmě. Zvýšená koncentrace cholesterolu v plazmě je výsledkem primární nebo sekundární poruchy metabolismu lipoproteinů. Při primární hypercholesterolémii se jedná o geneticky podmíněné onemocnění způsobené mutací jednoho nebo více genů a vlivem působení vnějších faktorů. Sekundární hypercholesterolémie vzniká v důsledku jiného onemocnění a vlivem vnějších faktorů. Akutní a chronická forma onemocnění má vliv na metabolismus lipidů a působí změny v koncentraci krevních lipidů (Franecková 2020).

Dle Avramopula (2017) jsou hlavní příčiny tohoto onemocnění obezita, poruchy příjmu potravy, onemocnění jater, štítné žlázy, nadledvin a hypofýzy, infekční onemocnění a také alkohol a kouření. Hodnoty cholesterolu jsou uvedeny v Tabulce 28.

Tabulka 28: Hladiny cholesterolu v krvi v mmol/l (Avramopulu 2017)

	Normální hodnota	Zvýšené riziko	Vysoké riziko
Celkový	3,9-5,2	5,2-6,2	>6,2
LDL	<3,4	3,4-4,1	>4,1
HDL	>1,2	<0,9	
Triacylglyceroly	<1,95	1,95-4	

Familiární hypercholesterolémie

Familiární hypercholesterolémie patří mezi autozomální geneticky podmíněné poruchy metabolismu lipidů vedoucí ke zvýšeným hodnotám LDL i celkového cholesterolu. Příčinou tohoto onemocnění je mutace genu pro LDL-receptor. Kvůli těmto mutacím nejsou u homozygotních jedinců LDL-receptory v těle vůbec přítomny. Tento typ onemocnění se vyskytuje v četnosti u 1 člověka z 1 000 000 lidí. U heterozygotní formy již vytvořené receptory nefungují a je častější. Vyskytuje se u 1 člověka z 500 lidí. Dalším problémem může být porušení vaznosti LDL receptoru na lipoproteinovou částici. Příčinou těchto jevů je porucha metabolismu cholesterolu přijatého ve stravě, tím dochází ke zvýšení hladiny LDL-cholesterolu v krvi (Freiberger & Vrablík 2007).

Heterozygotní forma se objevuje až v dospělosti. U mužů se příznaky projevují okolo 30. až 40. roku života. Naopak u žen je to až o 10-15 let později díky menopauze, kdy poklesnou ženské pohlavní hormony. U homozygotních jedinců je vývoj mnohem rychlejší a vyskytuje se již v dětském věku. Toto onemocnění vyvolává rozvoj aterosklerózy a bez včasného snižování hladiny cholesterolu je velká pravděpodobnost, že se jedinci nedožijí dospělého věku (Soutar et al. 2003; Tesařová & Vrablík 2018).

Možností léčby je u homozygotů transplantace jater. V České republice tento výkon však proveden doposud nebyl, ale při diagnostice familiární hypercholesterolémie v dětském věku je ke zvážení (Mansoorian et al. 2015; Polyzos et al. 2019).

Léčba hypercholesterolémie

Hypercholesterolémii lze léčit fytofarmaky. Jde o cibuli kuchyňskou (*Allius cepa*) a česnek setý (*Allius sativa*), které mají stejný efekt jako statiny, a to tím, že chrání LDL-cholesterol před oxidací. Oves setý (*Avena sativa*) obsahuje velké množství u β -glukanů bránící vstřebávání žlučových kyselin

ve střevě, čímž snižují hladinu LDL-cholesterolu v krvi. Dále brání oxidaci LDL-cholesterolu čajovník čínský (*Camellia sinensis*), jeho extrakty snižují LDL-cholesterol a zároveň zvyšují hladinu HDL-cholesterolu. Snížení hladiny celkového i LDL-cholesterolu lze dosáhnout náhradou živočišných produktů proteiny rostlinných druhů. Vhodná je sója luštinatá (*Glycine max*). Významné z hlediska snížení hladiny cholesterolu je avokádo (*Persea americana*) obsahující nenasycené mastné kyseliny a sloučeniny s vitamínem E (Potužák 2010).

Základními léky na snížení LDL cholesterolu jsou statiny. Je prokázáno, že snížením LDL-cholesterolu pomocí statinů o 1 mol/l se sníží KVO o 20-25 %. Mimo to snižují celkový cholesterol o 20-40 % a triglyceridemii o 5-10 % (Soška & Kyselák 2016; Altschmiedová & Vrablík 2018).

Dalším hypolipidemikem je ezetimib, který se nejčastěji kombinuje se statiny. Bez statinů je omezeno vstřebávání cholesterolu ve střevě. Samotný ezetimib snižuje riziko KVO pouze o 10-15 %, naproti tomu, při jeho použití společně se statiny je to tato hodnota až okolo 40 %. Studie potvrdily, že ezetimib snižuje koncentrace LDL-cholesterolu ve větší míře u diabetiků než u pacientů bez diabetu. Nově se v léčbě hypercholesterolemie využívají PCSK-9 inhibitory, což jsou enzymy vyskytující se v mnoha tkáních, především v játrech. PCSK-9 se naváží na povrch hepatocytů, tím snižují počet LDL-receptorů a zároveň zpomalují eliminaci LDL-částic z krve. Proto se použijí PCSK-9 inhibitory, které tento děj zablokují. LDL-receptory nejsou degradovány, čímž se zvýší jejich počet a také samotná eliminace LDL-částic z krve. Dojde ke snížení LDL-cholesterolu přibližně o 50 %. Na rozdíl od statinů jsou schopny snížit hladinu lipoproteinů, a to až o 30 %. Využívají se u pacientů, u kterých nelze získat adekvátní hodnoty LDL-cholesterolu v krvi a u pacientů s alergií na statiny (Soška & Kyselák 2016; Altschmiedová & Vrablík 2018).

Kardiovaskulární onemocnění

Hlavní příčiny vedoucí k úmrtí v dnešní době jsou onemocnění srdce a cév nazývané souhrnně jako kardiovaskulární onemocnění. Podle WHO představuje kardiovaskulární onemocnění 30% celkové úmrtnosti. Ischemická srdeční choroba je nejčastější formou kardiovaskulárních chorob a je obvykle zapříčiněna aterosklerózou v koronárních tepnách. K ateroskleróze dochází v důsledku hromadění a ukládání cholesterolu ve formě fosfolipidů a leukocytů do stěn cév. Tím ve stěnách vznikají pláty, kterými se cévy zužují a ztrácí jejich přirozenou elasticitu. Pokud se cévy téměř uzavřou, omezují průtok krve a zbavují srdce kyslíku, tím se rozvine ischemická srdeční choroba. Ta vede k srdeční arytmii, angině pectoris nebo k srdečnímu infarktu. Jsou-li postiženy mozkové cévy hrozí cerebrovaskulární příhoda neboli mozková mrtvice (Pánek 2002; Whitney & Rolfes 2011; Filipovský et al. 2013).

Rizikové faktory pro vznik kardiovaskulárních onemocnění souvisí částečně s vrozenými předpoklady a do jisté míry také se stravou a životním stylem. Rizikovějším faktorem se stává i věk, u mužů se riziko kardiovaskulárních chorob zvyšuje po 45 roku života. U žen je to o 10 až 15 let více, tedy po 55 roku života. Ateroskleróza je doprovázena chronickým vysokým tlakem. Čím vyšší je krevní tlak nad normální hodnotu, tím je větší riziko srdeční choroby. Vysoký krevní tlak poškozuje stěny cév a urychluje tvorbu plaků. Plaky poté snižují průtok krve, tím zvyšují ještě více krevní tlak a ateroskleróza se zhoršuje. Hypercholesterolemie je nejrizikovějším faktorem pro vznik kardiovaskulárních onemocnění. Na cholesterolemii mají nejvyšší vliv nasycené mastné kyseliny. Naopak polynenasycené mastné kyseliny obou skupin toto riziko snižují, jsou-li přijímány v doporučeném množství. Kouření je silným faktorem pro onemocnění srdce a dalším kardiovaskulárních nemocí. Riziko se zvyšuje s počtem vykouřených cigaret a dobou kouření. Toto riziko je stejné jak u mužů, tak u žen. Kouření zvyšuje krevní tlak, zbavuje srdce kyslíku a tím poškozuje krevní destičky, čímž se zvyšuje pravděpodobnost vzniku

krevních sraženin. Toxiny obsažené v cigaretách poškozují cévy a dávají za vznik ateroskleróze. Při přestání kouření se toto riziko výrazně snižuje. Kardiovaskulární onemocnění jsou ovlivněna do jisté míry i stravou. Strava obsahující vysoké množství nasycených mastných kyselin, transmastných kyselin, cholesterolu, a naopak nízký obsah ovoce, zeleniny a obilovin zvyšuje hladinu LDL cholesterolu a tím i zvyšují riziko kardiovaskulárních onemocnění. Strava složená z opačného množství snižuje toto riziko (Pánek 2002; Whitney & Rolfes 2011; Filipovský et al. 2013).

Doporučení ke snížení rizika kardiovaskulárních chorob je změna životního stylu. Je nutné zvýšit fyzickou aktivitu, pokud je to nutné, tak snížit tělesnou hmotnost, ukončení nebo výrazné omezení kouření (Pánek 2002). Udržovat vyváženou energetickou bilanci. Přijímat vyváženou stravu bohatou na n-3 mastné kyseliny a vlákninu. Omezit příjem transmastných kyselin, nasycených mastných kyselin a jednoduchých cukrů. Také se nedoporučuje konzumovat alkohol (Whitney & Rolfes 2011; Havlík & Marounek 2012).

Nedostatek primárních žlučových kyselin

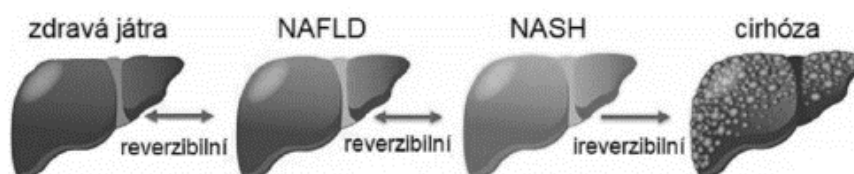
V případě poruchy v biosyntéze žlučových kyselin dochází k nedostatku primárních žlučových kyselin. Pokud neprobíhá správně syntéza žlučových kyselin může dojít až k úplnému přerušení toku žluči. Při této poruše dochází v lidském organismu ke hromadění meziproduktů syntézy žlučových kyselin, které jsou jinak z těla vylučovány žlučí (Vaz & Ferdinandusse 2017).

Poruchy syntézy žlučových kyselin se mohou vyskytovat od narození do dospělosti. Příčinou špatné syntézy žlučových kyselin je snížená absorpce živin v gastrointestinálním traktu vedoucí k vylučování velkého množství lipidů ve stolici. S tímto problémem se snižuje také absorpce lipofilních vitaminů, a tudíž jejich nedostatek v těle, což vede k dalším problémům (Vaz & Ferdinandusse 2017).

Nealkoholické onemocnění jater

Nealkoholická jaterní porucha je v dnešní době nejčastější příčinou onemocnění jater. Obecné rozšíření NAFLD se celosvětově vyskytuje asi u 30 % pacientů, tudíž dochází i ke zvýšení počtu onemocnění NASH. Toto číslo však není konečné, jelikož pro určení nealkoholické jaterní choroby je zapotřebí provést biopsii jaterní tkáně, jinak je toto onemocnění téměř nepozorovatelné (Chow et al. 2017; Esler & Kendra 2019).

Prvotní příznaky nealkoholické jaterní choroby je steatóza jater neboli hromadění nadbytečného tuku v jaterní tkáni. Toto onemocnění je klinicky asymptomatické, tedy bez pozorovatelných symptomů. Může však dojít k nealkoholické steatohepatitidě (NASH), což je podskupina NAFLD. Je to závažnější forma jaterního onemocnění charakterizována nekrotickým zánětem, cytologickým balónkováním jaterních hepatocytů a různými stupni fibrózy. NASH může vést se zvyšujícím se stupněm fibrózy až ke karcinomu jater (viz Obrázek 16) (Chow et al. 2017; Esler & Kendra 2019).



Obrázek 16: Šíření nealkoholické jaterní choroby (Chow et al. 2017)

Hlavním rizikovým faktorem pro vznik NAFLD, a tudíž i NASH je souhrn více metabolických poruch. Je to například hyperglykémie, hypertenze, inzulinová rezistence, dyslipidémie a obezita. Velmi důležitou roli pro samotný vznik NAFLD, ale i případné progresi na NASH hraje střevní mikrobiom. Jeho narušením dochází k zvýšení propustnosti střevní stěny, ve které se negativně mění složení a poměr zastoupení střevních bakterií. (Bashiardes et al. 2016)

Vzhledem, k nedostatku schválených farmakologických léků pro NAFLD se léčba zaměřuje hlavně na obezitu. Doporučuje se úprava životního stylu a zvýšení pohybové aktivity. Pokud toto doporučení selže, nasazují se léčiva proti snížení hmotnosti. Pokud selže kombinace obou, je u obézních jedinců zapotřebí provést batriatrickou operaci. Tato operace slouží k obnovení energetické rovnováhy a zlepšení metabolických pochodů (Bashiardes et al. 2016; Chow et al. 2017; Esler et al. 2019).

Roztroušená skleróza

Roztroušená skleróza je autoimunitní onemocnění postihující centrální nervovou soustavu, kde se objevují mnohočetná zánětlivá ložiska. U tohoto onemocnění napadá imunitní systém myelin pokrývající nervová vlákna, a tím způsobuje komunikační problémy mezi mozkiem a ostatními částmi těla. Vyskytuje se u lidí různého věku, nejčastěji se však vyskytuje mezi 20. a 50. rokem života. Prevalence roztroušené sklerózy roste, v České republice přibývá každý rok přibližně 700 nových pacientů. Česká republika tak zaznamenává 22 tisíc jedinců trpících na roztroušenou sklerózu, světově je to okolo 2,5 milionů lidí. Onemocněním trpí dvakrát více ženy než muži (Perlíková 2020).

Příznaky se u pacientů liší. Někteří jsou již v prvních fázích vývoje nesamostatného pohybu, zatímco jiní mohou pracovat bez jakýchkoliv nových příznaků. Příznaky jsou rozmazané vidění, únava, znecitlivění v končetinách, poruchy funkce močového měchýře a sexuálních funkcí (Darwish et al. 2020).

Rizikovým faktorů se připisuje pohlaví, kdy jsou právě ženy náchylnější. Rodinná anamnéza, jelikož jestli některý člen z rodiny trpí tímto onemocněním, je větší pravděpodobnost, že ho jedinec zdědí. Vliv na rozvoj onemocnění má lidská rasa, u bílých lidí je roztroušená skleróza zaznamenávaná více, než u lidí asijského nebo afrického typu. Pokud lidé trpí některými autoimunitními chorobami, jako je onemocnění štítné žlázy, diabetes mellitus 1. typu nebo zhoubná anémie, je riziko vzniku roztroušené sklerózy vyšší. Obezita je také rizikovým faktorem, hlavně obezita během dospívání může přispět k riziku vzniku roztroušené sklerózy. Významným rizikovým faktorem je nedostatek vitamínu D v séru, čímž jsou spojeny poruchy nervového systému (McLaughlin et al. 2018; Silva et al. 2019; Darwish et al. 2020).

Jelikož stále není známa přesná příčina onemocnění, neexistuje žádná prevence ani lék, který by dokázal roztroušenou sklerózu vyléčit. Omezení příjmu kalorií a energetická bilance jsou účinné pro snížení zánětů v těle, což ovlivňuje aktivitu onemocnění. Strava založená na ovoci, zelenině luštěninách a mnoha zdrojích n-3 mastných kyselin zlepšuje kvalitu života u pacientů. Důležitá je konzumace hlavně n-3 mastných kyselin. Bylo prokázáno, že pravidelná konzumace doplňků stravy bohatých na n-3 mastné kyseliny nebo rybího oleje zlepšuje zánětlivé markery, a tím příznivě ovlivňuje průběh onemocnění. Dle studií bylo prokázáno, že nedostatek vitamínu D zhoršuje klinické příznaky roztroušené sklerózy a dochází k většímu riziku jejího vzniku. Hladina vitamínu D má vliv na rychlost zpracování údajů u jedinců s roztroušenou sklerózou, proto je nutné sledovat tyto hladiny. Vitamin D je tedy velmi důležitý při léčbě roztroušené sklerózy, avšak zatím není známo jeho správné množství.

Důležitými vitaminy jsou také vitamin C a E pro svůj antioxidační účinek (McLaughlin et al. 2018; Silva et al. 2019; Darwish et al. 2020).

Rakovina

Vývoj rakoviny často pokračuje pomalu a trvá několik let. Rakovina vzniká mutací genů řídících dělení buněk. Poškozená buňka ztrácí svou schopnost pro buněčné dělení a produkuje dceřiné buňky se stejnými genetickými vadami. Abnormální množství buněk se nazývá nádor, který může narušit tkáň kolem něj. Některé nádorové buňky mohou metastázovat do jiných oblastí těla (Henderson et al. 2003; Lichtenstein et al. 2003).

Důvody vzniku rakoviny jsou četné a rozmanité. Mezi ně patří i genetická dispozice, která je dědičná. Rakovina je však častěji způsobena interakcí mezi geny a prostředím. Faktory ovlivňující vznik rakoviny jsou sluneční záření, znečištění vzduchu a špatná kvalita vody. Nedostatek fyzické aktivity může také hrát roli při rozvoji některých druhů rakoviny. Lidé s pravidelným pohybem mají nejnižší riziko rakoviny. Obezita sama o sobě je rizikovým faktorem pro vznik rakoviny tlustého střeva, rakoviny prsu, pankreatu a ledvin. Vliv obezity na vývoj rakoviny závisí na jejím umístění, stejně je to u hormonálních změn. V případě rakoviny prsu jsou náchylnější obézní ženy než ty štíhlé. Tuková tkáň u žen s nadváhou po menopauze produkuje více estrogenu, který má vliv na rozvoj rakoviny. (Liang et al. 2009; Ma et al. 2013)

Kolorektální karcinom neboli rakovina tlustého střeva a konečníku je nejčastějším typem rakoviny v České republice. Lidé s rakovinou tlustého střeva přibývá, i když jí lze předcházet. Předpokládá se, že strava přispívá ke vzniku rakoviny až z jedné třetiny. Kolorektální karcinom má podstatný dědičný charakter. Dle studií může být 35 % kolorektálních karcinomů připsáno dědičným faktorům (Henderson et al. 2003; Lichtenstein et al. 2003; Magi-Galuzzi & Przybycin 2015).

Nepříznivý vliv má vysoký příjem živočišných produktů a malé množství výrobků rostlinného původu. Příčinou kolorektálního karcinomu je strava s vysokým obsahem červeného masa a masa zpracovaného na uzeniny či konzervy. Zpracované maso obsahuje velké množství soli a konzervačních látek. Smažení a grilování masa při vysokých teplotách umožňuje aminokyselinám reagovat spolu s kreatinem, a tím vytváří karcinogeny. Přidané tuky ke grilovanému masu se vypařují a vytvářejí další karcinogeny držící se v masu. Po požití se karcinogeny dostávají do zažívacího traktu, kde mohou poškodit žaludek a střevní epitel. Mezi méně rizikové se považuje drůbeží, králičí a rybí maso. Vysoký příjem tuku patří také mezi hlavní rizikové faktory, jelikož hrozí poškození střevního epitelu vlivem žlučových kyselin a vyšších mastných kyselin z tráveniny (Whitney & Rolfes 2011; Boyle et al. 2012).

Jiné potraviny naopak před vznikem rakoviny trávicího traktu chrání. Epidemiologické studie zjistily souvislost s konzumací velkého množství ovoce a zeleniny a nízkým výskytem rakoviny. Ovoce a zelenina obsahují živiny a fotochemikálie s antioxidační aktivitou, které zabráňují oxidačním reakcím v buňkách způsobující poškození DNA. Fytochemikálie přispívají k inhibici produkce karcinogenů v těle a posilují imunitní systém. Kromě toho jsou veškeré druhy ovoce, zeleniny, luštěnin i obilovin bohaté na vlákninu. Vláknina chrání před rakovinou tím, že rychle odstraňuje a vylučuje potenciální karcinogeny z trávicího traktu. Celozrnné obiloviny pomáhají udržovat zdravou tělesnou hmotnost, což je další preventivní opatření před rakovinou. Fyzická aktivita pomáhá udržovat tělesnou hmotnost a také snižuje riziko některých druhů rakoviny (Whitney & Rolfes 2011; Havlík & Marounek 2012).

4 Závěr

- Cílem této práce bylo popsat tuky jako jednu z nejdůležitějších makroživin pro lidský organismus jak z pohledu chemického, tak biologického. Tuky jsou nezbytným zdrojem řady esenciálních mastných kyselin, slouží jako ochrana orgánů a jsou nejbohatším zdrojem energie. Pro zdraví člověka a správné fungování organismu je nutné dodržovat celkový příjem tuků mezi 20-30 % z celkové denní energie. Dolní hranici je nutno dodržovat stejně tak, jako horní. Při omezení konzumace tuků pod 20 % nepřijímá organismus dostatek potřebných živin. Tento stav není udržitelný, jelikož dlouhodobý nedostatek tuků ve stravě může vést až ke kolapsu organismu. Horní hranice zajišťuje optimální příjem tuků pro zdravého jedince.
- Negativní účinky tuků se projevují při příjmu nad 35 % z celkové denní energie, ale také nevhodným složením mastných kyselin obsažených v konzumovaných potravinách. Častý nadbytek tuků ve stravě a příjem potravin s nevhodným složením mastných kyselin vede k mnoha neinfekčním onemocněním, tzv. civilizačním chorobám. Nejčastější je obezita, kterou trpí až 20 % české populace. Tento trend má vzrůstající charakter, v posledních letech zejména u dětí, které konzumují nadměrné množství smažených jídel z fast foodů a vysoce průmyslově zpracovaných potravin. Obezita je spojena s řadou dalších zdravotních rizik, mezi které se řadí hypertenze, hypercholesterolemie a ateroskleróza. Všechny tyto onemocnění jsou pak příčinou závažných kardiovaskulárních chorob.
- Pro dlouhodobé zdraví organismu je vhodné se řídit doporučeným příjmem pro tuky a mastné kyseliny. Je však nutné si uvědomit, že každý lidský organismus je odlišný a má své specifické potřeby. Každý jedinec by se proto měl snažit k udržení svého zdraví ze stravy zcela vyloučit trans-nenasycené mastné kyseliny, které se přirozeně nevyskytují v potravinách. Dále omezit příjem nasyčených mastných kyselin, a naopak zvýšit příjem polynenasycených mastných kyselin z řady n-3 a n-6. Důležité je také sledovat příjem ostatních makro i mikroživin, dbát na pravidelnou pohybovou aktivitu, pitný režim a dostatečný spánek.

5 Literatura

- AF MENDELU. 2020. Jednoduché lipidy. Available from: http://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/print.php?page=1529&typ=html (accessed June 2020)
- Akoh CC. 2017. *FOODS LIPIDS: Chemistry, Nutrition and Biotechnology*. CRC Press, Florida.
- Alasalvar C, Shahidi F. 2008. *Tree Nuts: Composition, Phytochemicals, and Health Effects*. CRC Press, Florida.
- Aldhoon Hainerová I. 2009. *Dětská obezita: průvodce ošetřujícího lékaře*. Maxdorf, Praha.
- Altschmiedová T, Vrablík M. 2018. Proč selháváme v léčbě dyslipidemie? *Interní Medicína*. **20**: 171-176.
- Ashwell M, Gunn P, Gibson S. 2013. Waist-to-height Ratio Is a Better Screening Tool Than Waist Circumference and BMI for Adult Cardiometabolic Risk Factors: Systematic Review and Meta-Analysis. *Obesity reviews*. **13**: 275-286. DOI: 10.1111/j.1467-789X.2011.00952.
- Avramopulu M. 2017. Cholesterol a tuky – znáte svoje hodnoty. Víím, co jím. Available from: https://www.vimcojim.cz/magazin/clanky/o-zdravi/Cholesterol-a-tuky---znate-svoje-hodnoty__s10012x10542.html (Accessed April 2020)
- Baranyk P, Fábry A, Škeřík J. 2004. Přímý konzum řepkového oleje je perspektivní. *Výživa a potraviny*. **59**: 137-138.
- Bartoš R. 2020. Vitamín K₂-Tajná zbraň dlouhověkových Japonských žen. Available from: <https://www.gaea.cz/vitamin-k2-tajna-zbran-dlouhovekych-japonskych-zen> (accessed June 2020)
- Bashiardes S, Shapiro H, Rozin S, Shibolet O, Elinav E. 2016. Non-alcoholic fatty liver and the gut microbiota. *Molecular metabolism*. **5**: 782-794. DOI: 10.1016/j.molmet.2016.06.003
- Bendsen NT, Bartels EM, Astrup A, Christensen R, et al. 2011. Consumption of Industrial and Ruminant Trans Fatty Acids and Risk of Coronary Heart Disease: A Systematic Review and Meta-Analysis of Cohort Studies. *European journal of clinical nutrition*. **65**: 773-783. DOI: 10.1038/ejcn.2011.34; pu
- Benešová M, Satrapová H. 2002. *Odmaturuj! z chemie*. Brno: Didaktis.
- Bennenuto MA. 2015. *Industrial chemistry: for advanced students*. De Gruyter, Berlin.
- Benvenuto MA. 2015. *Industrial chemistry: for advanced students*. De Gruyter, Berlin.
- Berry SE, Bruce JH, Steenson S, Buttriss JL, Spiro A, et al. 2019. Interesterified fats: What are they and why are they used? A briefing report from the Roundtable on Interesterified Fats in Foods. *Nutrition Bulletin*. **44**: 363-380. DOI: 10.1111/nbu.12397
- Besri M. 2009. *Advances in Food Biochemistry*. Taylor & Francis, United States
- Bezpečnost potravin 2018. Rybí tuk. Available from: <https://www.bezpecnostpotravin.cz/az/termin/92478.aspx> (accessed June 2020)
- Bloch K. 1965. The Biological Synthesis of Cholesterol. *Science [online]*. **150**: 19-28. DOI: 10.1126/science.150.3692.19

- Boateng L, Ansong R, Owusu WB, Steiner-Asiedu M. 2016. Coconut oil and palm oil's role in nutrition, health and national development: A review. *Ghana medical journal*. **50**: 189-196. DOI: DOI: 10.4314/gmj.v50i3.11
- Bosy TZ, Cole KA, Lunn J. 2000. Consumption and quantitation of Delta (9) - tetrahydrocannabinol in commercially available hemp seed oil products. *Journal of Analytical Toxicology*. **24**: 562-566.
- Boyle T, Keegel T, Bull F, Fritchi L. 2012. Physical activity and risks of proximal and distal colon cancers: a systematic review and meta-analysis. *JNCI: Journal of National Cancer Institute*. **104**: 1548-1561. DOI: 10.1093/jnci/djs354
- Brabaw K. 2015. Should You Be Eating Lard? Prevention. Hearst Magazine Media, United States. Available from: <https://www.prevention.com/food-nutrition/a20488068/should-you-be-eating-lard/> (accessed May 2020)
- Brát J. 2014. Tuky a oleje: jak poznáme kvalitu? Sdružení českých spotřebitelů pro Českou technologickou platformu pro potraviny, Praha. Available from: https://www.bezpecnostpotravin.cz/UserFiles/publikace/2014_SCS_Tuky_WEB_NEW.pdf (accessed April 2020)
- Brát J. 2018. Jak se vyznat v tucích? *Vitalia.cz*. Available from: <https://www.vitalia.cz/clanky/jak-se-vyznat-v-tucich/> (accessed April 2020)
- Brát J. 2018. Podle čeho vybírat tuky a oleje. Sdružení českých spotřebitelů, Praha. Available from: <https://www.konzument.cz/users/publications/4-publikace/307-podle-ceho-vybirat-tuky-a-oleje.pdf> (accessed April 2020)
- Brát J. 2018. Tučná fakta o tucích, aneb, máme se bát tuků? Potravinářská komora České republiky, Praha. Available from: <http://ctpp.cz/data/files/tuky%20web.pdf> (accessed May 2020)
- Brát J. 2018. Tuky v potravinách z pohledu zdraví. *Artheoreview*. **3**: 7-14.
- Brát J. 2019. Ryba na stůl se doporučuje několikrát týdně. Máme se bát kontaminantů? Víím, co jím. Available from: https://www.vimcojim.cz/magazin/clanky/o-vyzive/Ryba-na-stul-se-doporucuje-nekolikrat-tydne.-Mame-se-bat-kontaminantu__s10010x19251.html (accessed April 2020)
- Braunerová R, Hainer V. 2010. Obezita – diagnostika a léčba v praxi. *Medicína pro praxi [online]*. **7**: 19-22. Available from: <https://www.solen.cz/pdfs/med/2010/01/05.pdf> (accessed May 2020)
- Brody JE. 2019. Should You Be Eating Eggs?: Do eggs raise your cholesterol? The advice keeps changing. *The New York Times*. United States. Available from: <https://www.nytimes.com/2019/04/22/well/eat/should-you-be-eating-eggs.html> (accessed April 2020)
- Byrdwell WC. 2009. Comparison of Analysis of Vitamin D-3 in Foods Using Ultraviolet and Mass Spectrometric Detection. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **57**: 2135-2146
- Callaway JC. 2004. Hempseed as a nutritional resource: An overview. *Euphytica*. **140**: 65–72. doi:10.1007/s10681-004-4811-6.
- Campbell MK, Farrell SO. 2015. *Biochemistry*. Cengage Learning, Stamford.
- Carpender D, Lathan R. 2013. *Fat Fast Cookbook: 50 Easy Recipes To Jump Start Your Low Carb Weight Loss*. CarbSmart Publishing, United States.

- Cow MD, Lee YH, Guo G. 2017. The role of bile acids in nonalcoholic fatty liver disease and nonalcoholic steatohepatitis. *Molecular Aspects of Medicine*. **56**: 34-44. DOI: 10.1016/j.mam.2017.04.004
- Czernichow S, Kenge AP, Huxley RR, et al. 2011. Comparison of Waist-To-Hip Ratio and Other Obesity Indices as Predictors of Cardiovascular Disease Risk in People With type-2 Diabetes: A Prospective Cohort Study From ADVANCE. *European journal of cardiovascular prevention and rehabilitation* . **18**: 312-319. DOI: 10.1097/HJR.0b013e32833c1aa3
- Čertíková Chábová V. 2018. Nová americká doporučení pro diagnostiku a léčbu hypertenze. *Postgraduální nefrologie*. **16**: 4-7.
- Češka R. 2012. Cholesterol a ateroskleróza, léčba dyslipidemií. Triton, Praha.
- Darwish H, N. Farran H, Hannoun S, Tadros N, et al.S. 2020. Serum vitamin D level is associated with speed of processing in multiple sclerosis patients. *The Journal of Steroid Biochemistry and Molecular Biology*. DOI: 10.1016/j.jsbmb.2020.105628
- Debmandal M, Mandal S. 2011. Coconut (Cocos nucifera L.: Arecaceae): in health promotion and disease prevention. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*. **4**: 241-247. DOI: 10.1016/S1995-7645(11)60078-3.
- Dlouhý P, Anděl M. 2009. Jak se mění pohled na tuky ve výživě. *Interní Medicína*. **11**: 549-551
- Dostálová J, Williamson CS, Lunn J. 2004. Mýtus rostlinných tuků. *Výživa a potraviny*. **59**: 69-70.
- Dostálová J. 2011. Tuky v potravinách a jejich nutriční hodnocení. *Interní Medicína*. **13**: 347-349.
- Dreher ML, Davenport AJ. 2013. Hass Avocado Composition and Potential Health Effects. **53**: 738-750. DOI: 10.1080/10408398.2011.556759
- Efsa Nda panel. 2016. Dietary reference values for vitamin D. *EFSA Journal*. **14**: 4547. DOI: 10.2903/j.efsa.2016.45
- Elliott WH, Elliott DC. 2009. *Biochemistry and molecular biology*. Oxford University Press, Oxford.
- Encyclopidia Britannica. 2016. Cholesterol. Britannica. Available from: <https://www.britannica.com/science/cholesterol> (accessed April 2020)
- Esler WP, Kendra KB. 2019. Metabolic Targets in Nonalcoholic Fatty Liver Disease. *Cellular and Molecular Gastroenterology and Hepatology*. **8**: 247-267. DOI: 10.1016/j.jcmgh.2019.04.007
- Facts about Fats, 2015Eufic. Available from: <https://www.eufic.org/en/whats-in-food/article/8-facts-on-fats> (accessed May 2020)
- Fanali C, D'orazio G, Fanali S, Gentili A. 2017. Advanced analytical techniques for fat-soluble vitamin analysis. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*. Elsevier Science. **87**: 82-97. DOI: 10.1016/j.trac.2016.12.001.
- Fanali S, Haddad PR, Poole CF, Schoenmarkets P, Lloyd D. 2013. *Liquid Chromatography: Applications*. Elsevier, United States.
- Fat Composition of Lard (Pig Fat), 2020. The conscious life: conscious mind, healing body, boundless spirit. Available from: https://theconsciouslife.com/foods/lard-04002.htm?_(accessed April 2020)
- Fennema OR, Damodaran S, Parkin KL. 2017. *Fennema's food chemistry*. CRC Press, Florida.
- Fialkowski Revilla MK, Titchenal A, Calabrese A, Gibby Ch, Meinke W. 2018. *Human Nutrition*. University of Hawaii Manoa, Hawaii.

- Filip V, Pokorný J. 2006. Snížením obsahu tuku ve stravě nebo jeho náhradou k prevenci obezity. *Výživa a potraviny*. Available from: <https://www.vyzivaspol.cz/snizenim-obsahu-tuku-ve-strave-nebo-jeho-nahradou-k-prevenci-obezity/> (accessed June 2020)
- Filipovský J, Widimský J, Špinar J. 2013. Souhrn Doporučení Evropské společnosti pro hypertenzi/Evropské kardiologické společnosti pro diagnostiku a léčbu hypertenze z roku 2013. Česká kardiologická společnost Available from: https://www.kardio-cz.cz/data/upload/Souhrn_Doporuzeni_Evropske_spolecnosti_pro_hypertenzi_Evropske_kardiologicke_spolecnosti_pro_diagnostiku_a_lecbu_hypertenze_z_roku_2013.pdf (accessed June 2020)
- Foster R., Williamson CS, Lunn J. 2009. Culinary oils and their health effects. *Nutrition Bulletin* .British Nutrition Foundation. Available from: <https://www.nutrition.org.uk> (accessed May 2020)
- Frankeová J. 2020. Cholesterol. Datový standard MZ ČR. Available from: http://ciselniky.dasta.mzcr.cz/cd_ds4/hypertext/JFAAI.htm (accessed June 2020)
- Fraňková S, Pařízková J, Malichová E. 2015. Dítě s nadváhou a jeho problémy. Portál, Praha.
- Freiberger T, Vrablík M. 2007. Genetika hyperlipoproteinémií. Familiární hypercholesterolemie. *Postraguální medicína*. **9**: 409-415.
- Functions, Classification And Characteristics Of Fats, 2014. Eufic. Available from: <https://www.eufic.org/en/whats-in-food/article/facts-on-fats-the-basics> (accessed June 2020)
- Gabrovská D. 2018. České cechovní normy v roce 2018. České cechovní normy. Praha. Available from: <https://www.cehovninormy.cz/2018/01/05/4739/> (accessed June 2020)
- Gandy JW, Madden A, Holdsworth M. 2015. *Oxford Handbook of Nutrition and Dietetics*. Oxford University Press, England.
- Garančovská D. 2018. Avokádo – jedno z nejzdravějších ovocí na světě. *Protein.cz*. Available from: <https://www.protein.cz/avokado-jedno-z-nejzdravejsich-ovoci-na-svete-335-clanok> (accessed May 2020)
- Garrido-Chamorro RP, Sirvent-Belando JE, Gonzales-Lotenzo M, Carratela ML, Roche E. 2009. Correlation between body mass index and body composition in elite athletes. *The journal of sports medicine and physical fitness*. **49**: 278-284.
- Gibson M, Newsham P. 2018. *Lipids, Oils, Fats, and Extracts. Food Science and the Culinary Arts*. Elsevier, Amsterdam.
- Giménez T, Mula D, Gea-Batella S, et al. 2019. Lipase catalyzed deacidification of tocopherol-rich distillates obtained from natural Vitamin E sources. *Process Biochemistry*. **19**: 70-76. DOI: 10.1016/j.procbio.2018.11.008
- Ginter E, Simko V. 2016. New data on harmful effects of trans-fatty acids. *Bratislavske lekarske listy*. **117**: 251-253. DOI: 10.4149/BLL_2016_048
- Goyal A, et al. 2014. Flax and flaxseed oil: an ancient medicine & modern functional food. *Journal of food science and technology*. **51**: 1633-1653. DOI: 10.1007/s13197-013-1247-9
- Havlík J, Marounek M. 2012. *Živiny a živinové potřeby člověka: učebnice pro studenty ČZU v Praze*. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.
- Henderson BE, Ponder B, Ross. 2003. *HORMONES, GENES, AND CANCER*. Oxford University Press, United States.

- Hendrychová T, Malý J. 2013. Vitaminy a vybrané aspekty jejich stability a biologické dostupnosti pro lékárenskou praxi. *Praktické lékařství*. **9**: 23-27.
- Holčápek M, Červená B, Cífková E, et al. 2015. Lipidomic analysis of plasma, erythrocytes and lipoprotein fractions of cardiovascular disease patients using UHPLC/MS, MALDI-MS and multivariate data analysis. *Journal of Chromatography B*. **990**: 52-63. DOI: 10.1016/j.jchromb.2015.03.010
- Holéczy P. 2019. Novinky v léčbě obezity. *Medicína pro praxi*. **16**: 259-262.
- How to choose your culinary oil. 2014. Eufic. Available from: <https://www.eufic.org/en/whats-in-food/article/how-to-choose-your-culinary-oil> (accessed May 2020)
- Chen N, Wang S, Smentek L, WU R. 2015. Biosynthetic Mechanism of Lanosterol: Cyclization. *Angewandte Chemie International Edition*. **54**: 8693–8696 DOI: 10.1002/anie.201501986
- Chiang J. 2009. Regulation of Bile Acid and Cholesterol Metabolism by PPARs. *PPAR Research*. Rootstown, 1-15. DOI: 10.1155/2009/501739. ISSN 1687-4757.
- Chiang J. 2017. Bile acid metabolism and signaling in liver disease and therapy. *Liver Research*. **1**: 3-9. DOI: 10.1016/j.livres.2017.05.001.
- Chirkin VA, Karpov SI, Selemenev VF, Shumskiy NI 2013. Determination of fat-soluble vitamins in foods, vitamin and mineral formulations, feed premixes, and blood serum by reversed-phase HPLC. *Analytical chemistry*. **68**: 748-753. DOI: 10.1134/S1061934813080042.
- Cholesterol. *Britannica ACADEMIC. Encyclopædia Britannica*, 2016. Available from: <https://academic.eb.com/levels/collegiate/article/cholesterol/82307> (accessed June 2020)
- CHOW, Ching K., 2008. *FATTY ACIDS IN FOODS and their HEALTH IMPLICATIONS*. CRC Press, Florida.
- I've heard that salmon is high in dangerous PCBs. So what are PCBs and what risk do they pose?, 2019. Mayo Clinic. Available from: <https://www.mayoclinic.org/healthy-lifestyle/nutrition-and-healthy-eating/expert-answers/fish-and-pbcs/faq-20348595> (accessed April 2020)
- Kadlec P. 2008. *Technologie potravin II. Vysoká škola chemicko-technologická, Praha*.
- Kalač P. 2008. Vejce jako funkční potravina. *Výživa a potraviny*. **63**: 135-138.
- Kasper H. 2015. *Výživa v medicíně a dietetika*. Grada, Praha.
- Klouda P. 2005. *Základy biochemie*. Nakladatelství P.Klouda, Ostrava.
- Kodíček M, Valentová O, Hynek R. 2015. *Biochemie: chemický pohled na biologický svět*. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Praha.
- Kolektiv autorů. 2019. *Referenční hodnoty pro příjem živin (DACH)*. Společnost pro výživu, Praha.
- Koochakpour G, Estandiar Z, Hosseini-Esfahani E. 2019. Evaluating the interaction of common FTO genetic variants, added sugar, and trans-fatty acid intakes in altering obesity phenotypes. *Nutrition, Metabolism & Cardiovascular Diseases*. **29**: 474-480. DOI: 10.1016/j.numecd.2019.01.005
- Koon R. 2009. *Understanding Rancidity of Nutritional Lipids*. Natural Products Inside. Available from: <https://www.naturalproductsinsider.com/regulatory/understanding-rancidity-nutritional-lipids> (accessed April 2020)

- Kučera. 2007. Tuky ve výživě. ZAM: Zdravotnictví a medicína. Available from: <https://zdravi.euro.cz/clanek/postgradualni-medicina/tuky-ve-vyzive-323593> (accessed May 2020)
- Kühn J, Schröter S, Stang GI. 2018. Cocoa and chocolate are sources of vitamin D2. *Food chemistry*. **269**: 318-320. DOI: 10.1016/j.foodchem.2018.06.098.
- Kuhnert P. 2016. Foods, 3. Food Additives. *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. Wiley-VCH, Weinheim. DOI: 10.1002/14356007.a11_561.
- Lamberg-Allardt C. 2006. Vitamin D in foods and as supplements. *Progress in Biophysics & Molecular Biology*. **92**: 33-38.
- Lavrador MS, Abbes PT, et al. 2011. Cardiovascular Risks in Adolescents With Different Degrees of Obesity. *Arquivos brasileiros de cardiologia*. **96**: 205-211. DOI: 10.1590/S0066-782X2010005000166.
- Lehman S. 2019. Why Hydrogenation Is Bad for Fat. Verywell. Available from: <https://www.verywellfit.com/fully-hydrogenated-vs-partially-hydrogenated-oil-2506202> (accessed May 2020)
- Leray C. 2015 LIPIDS: Nutrition and health. CRC Press, Florida.
- Leray C. 2015. LIPIDS: NUTRITION and HEALTH. CRC Press, Florida.
- Leray C. 2017. Dietary lipids for healthy brain function. CRC Press, Florida.
- Li LH, Dutkiewitz EP, Huang YCh, Zhou HB, Hsu ChCh. 2019. Analytical methods for cholesterol quantification. *Journal of Food and Drug Analysis*. **27**: 375-386. DOI: doi.org/10.1016/j.jfda.2018.09.001.
- Liang J, Appukuttan Thiyam-holländer U. 2015. Hemp seed oil: Minor components and oil quality. *Lipid Technology*. 2015, **27**: 231-233. DOI: 10.1002/lite.201500050
- Liang PS, Chen TY, Giovannucci E. 2009. Cigarette smoking and colorectal cancer incidence and mortality: systematic review and meta-analysis. *International journal of cancer*. **124**: 2406-2415. DOI: 10.1002/ijc.24191
- Lichtenstein P, Holm NV, Verkasalo PK, Iliadou A. 2000. Environmental and heritable factors in the causation of cancer: Analyses of Cohorts of Twins from Sweden, Denmark, and Finland. *The New England Journal of Medicine*. **343**: 78. DOI: 0.1056/NEJM200007133430201
- Lipidy (tuky). 2016. Fórum zdravé výživy. Available from: <http://www.fzv.cz/lipidy-tuky/> (accessed June 2020)
- Ma Y, Jang Y, Wang F, Zhang P, Shi C, Zou Y. 2013. Obesity and Risk of Colorectal Cancer: A Systematic Review of Prospective Studies. *PLoS ONE* (e53916). DOI: 10.1371/journal.pone.0053916.
- Magi-Galuzzi C, Przybycin ChG. 2015. *Genitourinary Pathology: Practical Advances*. Springer, Germany.
- Mann J, Truswell AS. 2002. *Essential of Human Nutrition*. Oxford University Press, United States.
- Mansoorian MK, Kazemi K, Nikeghbalian S, Shamsaeefar A, Mokhtari M, Dehghani SM, et al. 2015. Liver transplantation as a definitive treatment for familial hypercholesterolemia: A series of 36 case. *Pediatric transplantation*. **19**: 605-611. DOI: 10.1111/ptr.12562

- Martel J. 2019. Atherosclerosis. Healthline. Available from: <https://www.healthline.com/health/atherosclerosis#treatment> (accessed April 2020)
- Matthäus B Brühl L. 2008. Virgin hemp seed oil: An interesting niche product. *European Journal of Lipid Science and Technology*. **110**: 655 - 661. DOI: 10.1002/ejlt.200700311.
- Mayo clinic staff. 2017. Fish oil. Mayo Clinic. Available from: <https://www.mayoclinic.org/drugs-supplements-fish-oil/art-20364810?pg=1> (accessed June 2020)
- Mclaughlin Lm Khalilidehkord E, Butzkueven H, Taylor B, Broadley SA, Clarke L, et al. 2018. Vitamin D for the treatment of multiple sclerosis: a meta-analysis. *Journal of Neurology*. **265**: 2893-2905 DOI: 10.1007/s00415-018-9074-6
- Medeiros DM, Wildman R. 2012. *Advanced Human Nutrition*. Jones&Bartlett learning, United States.
- Mikulcová V, Kašpárková V, Humpolíček P, Buňková L. 2017. Formulation, Characterization and Properties of Hemp Seed Oil and Its Emulsions. *Molecules*. 1–13. DOI: 10.3390.
- Miner JL. 2004. The Adipocyte as an Endocrine Cell. *Journal of animal science*. **82**: 935-941. DOI: 10.2527/2004.823935x.
- Ministerstvo zemědělství. 2016. Vyhláška č. 397/2016 Sb.: Vyhláška o požadavcích na mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje. Pages 6250-6312 in *Sbírka zákonů České republiky*, Praha.
- Mozaffarian D, Aro A, Willett WC. 2009. Health Effects of Trans-Fatty Acids: Experimental and Observational Evidence. *European journal of clinic Nutrition*. **63**: 5-21. DOI: 10.1038/sj.ejcn.1602973
- Mozaffarian D, Clarke R. 2009. Quantitative effects on cardiovascular risk factors and coronary heart disease risk of replacing partially hydrogenated vegetable oils with other fats and oils. *European Journal of Clinical Nutrition*. **63**: 22–33. DOI: 10.1038/sj.ejcn.1602976.
- Müllerová D. 2009. *Obezita – prevence a léčba*. Mladá fronta, Praha.
- Murray RK. 2002. *Harperova Biochemie*. Lange medical book, Jinočany.
- Nagendran, B, Unnithan, UR, Choo YM, Sundram K. 2000 "Characteristics of red palm oil, a carotene – and vitamin E-rich refined oil for food uses". *Food and Nutrition Bulletin*. **21**: 77–82. DOI: 10.1177/156482650002100213.
- Nasyčené mastné kyseliny, 2012. ForActiv. Brno: ForActiv.cz s.r.o. Available from: <https://www.foractiv.cz/nasycene-mastne-kyseliny/t-386/>. (accessed April 2020)
- National Heart, Lung, and Blood Institute. Atherosclerosis: Also known as Arteriosclerosis, Hardening of arteries. 2018. National Heart, Lung, and Blood Institute. Available from: <https://www.nhlbi.nih.gov/health-topics/atherosclerosis> (accessed May 2020)
- Nes WD. 2011. Biosynthesis of Cholesterol and Other Sterols. *Chemical reviews*. **111**: 6423-6451. DOI: 10.1021/cr200021m
- Obesity and overweight, 2020. World Health Organization. Available from: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight> (accessed April 2020)
- Odstrčil J. 2005. *Biochemie. Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů*, Brno.
- Opletal L. 2010. *Přírodní látky a jejich biologická aktivita*. Karolinum, Praha.

- Orehov A, Bobryshev Y, Sobenin IA, Melnichenko A. 2014. Modified Low Density Lipoprotein and Lipoprotein-Containing Circulating Immune Complexes as Diagnostic and Prognostic Biomarkers of Atherosclerosis and Type 1 Diabetes Macrovascular Disease. *International Journal of Molecular Sciences*. **15**: 12807-12841. DOI: 10.3390/ijms150712807.
- Ořechy, Bezpečnost potravin. Available from: <https://www.bezpecnostpotravin.cz/az/termin/92072.aspx> (accessed May 2020)
- Pamplona-Roger, GD. 2009. Avokádo. *Prameny zdraví*. Available from: <https://www.magazinzdravi.cz/avokado> (accessed May 2020)
- Pan L, Segrest JP. 2016. Computational studies of plasma lipoprotein lipids. *Biochimica et Biophysica Acta*. **1858**: 2401-2420. DOI: 10.1016/j.bbamem.2016.03.010
- Pánek J, Pokorný J, Dostálová J. 2002. *Základy výživy a výživová politika*. Vysoká škola chemicko-technologická, Praha.
- Pánek J. 2002. *Základy výživy*. Svoboda Servis, Praha.
- Patel K, 2019. Fish oil. *Examine.com*. Available from: <https://examine.com/supplements/fish-oil/> (accessed April 2020)
- PCBs in Fish and Shellfish. 2019. In: OEHHA. Dostupné z: <https://oehha.ca.gov/fish/pcbs-fish-caught-california> (accessed May 2020)
- Perlíková P. 2020. V Česku přibývá každý rok 700 pacientů s roztroušenou sklerózou. In: *Zdravotnictví a medicína*. Available from: <https://zdravi.euro.cz/v-cesku-pribyva-kazdy-rok-700-pacientu-s-roztrousenou-sklerozou/> (accessed May 2020)
- Perušicová J, Owen K, Němec P. 2013. *Diabetes mellitus a inzulinová rezistence, dyslipidemie, hypertenze, dna: [průvodce pro každodenní praxi]*. Maxdorf, Praha.
- Pischon T, Boeing H, Hoffmann K, Bergmann M, Schulze MB, et al. 2008. General and abdominal adiposity and risk of death in Europe. *The New England journal of medicine*. **362**: 2433. DOI: 10.1056/NEJMoa0801891.
- Pokorný J. 2015. NASYCENÉ MASTNÉ KYSELINY V TUCÍCH: NEPŮSOBÍ VŠECHNY STEJNĚ. *Výživa a potraviny*. Available from: <https://www.vyzivaspol.cz/nasycene-mastne-kyseliny-v-tucich-nepusobi-vsechny-stejne/> (accessed April 2020)
- Polyzos SA, Kountouras J, Mantzoros ChS. 2019. Obesity and nonalcoholic fatty liver disease: From pathophysiology to therapeutics. *Metabolism*. **92**: 82-97. DOI: 10.1016/j.metabol.2018.11.014.
- Poslušná K. 2005. *Skořápkové ovoce a jeho význam ve výživě člověka*. LF MU, Brno.
- Potužák M. 2010. Úprava hladiny cholesterolu rostlinnými prostředky. *Praktické lékařství*. **4**: 43-45.
- Prugnar J. 2003. Produkce a zpracování olejnin v České republice. *Výživa a potraviny*. Praha: Společnost pro výživu, **58**: 139-140.
- Průměrný Čech trpí mírnou nadváhou. 2018. Český statistický úřad. Available from: <https://www.czso.cz/csu/czso/prumerny-cech-trpi-mirnou-nadvahou> (accessed April 2020)
- Racek J. 2006. *Klinická biochemie*. Galén, Praha.
- Risérus U, Willett WC, Hu FB. 2009. Dietary fats and prevention of type 2 diabetes. *Progress in lipid research*. **48**: 44-51. DOI: 10.1016/j.plipres.2008.10.002.
- Ros E. 2010. Health Benefits of Nut Consumption. *Nutrients*. **2**: 652–682. DOI:10.3390/nu2070652

- Ruprich J. 2018. Vitamin D-okolnosti a vysvětlení pro doporučený přívod dietou v ČR. Available from: <http://www.szu.cz/tema/bezpecnost-potravin/vitamin-d-okolnosti-a-vysvetleni-pro-doporuceny-privod> (accessed May 2020)
- Saarela M. 2011. Functional foods: Concept to product. Woodhead Publishing, England.
- Shearer MJ. 1995. Vitamin K. *Lancet*. **345**: 229-234. DOI: 10.1016/s0140-6736(95)90227-9
- Schönfeld P, Wojtczak L. 2016. Short – and medium-chain fatty acids in energy metabolism: the cellular perspective. *The Journal of Lipid Research*. **57**: 943-954. DOI: 10.1194/jlr.R067629
- Schwalfenberg GK. 2011. A review of the critical role of vitamin D in the functioning of the immune system and the clinical implications of vitamin D deficiency. *Molecular Nutrition & Food Research* [online]. **55**: 96-108. DOI: 10.1002/mnfr.201000174
- Silva C, Yhang B, Hang C, Sampaio C, Alves H, D'almeida C, José A, 2019. Nutrition in Multiple Sclerosis: An integrative review of scientific publications from the last 5 years. **46**: 230-238. DOI: 10.4067/S0717-75182019000300230
- Simeonová J. 1999. Technologie drůbeže, vajec a minoritních živočišných produktů. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno.
- Skibsted LH, Risbo J, Andersen ML. 2010. Chemical deterioration and physical instability of food and beverages. Woodhead Publishing, England.
- Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2009/32/ES ze dne 23. dubna 2009 o sblížení právních předpisů členských států týkajících se extrakčních rozpouštědel používaných při výrobě potravin a složek potravin.
- Soška V, Kyselák O. 2016. Co je nového v léčbě hypercholesterolemie? *Interní Medicína*. Available from: <https://www.solen.cz/pdfs/lek/2016/91/02.pdf> (accessed May 2020)
- Soška V. 2001. Poruchy metabolismu lipidů: diagnostika a léčba. Grada, Praha
- Soška V. 2009. Encyklopedie laboratorní medicíny pro klinickou praxi. Available from: <http://www.demo4.smitka.eu/encyklopedie/A/AJDQY.htm> (accessed June 2020)
- Soutar AK, Naoumova RP a Traub LM. 2003. Genetics, clinical phenotype, and molecular cell biology of autosomal recessive hypercholesterolemia. *Arteriosclerosis, thrombosis and vascular biology*. **23**: 1963-1970. DOI: 10.1161/01
- Spotřeba potravin – 2018. 2019. Agrární komora České republiky. Available from: <http://www.akcr.cz/txt/spotreba-potravin-2018> (accessed June 2020)
- Státní zdravotní ústav. 2018. Trans-mastné kyseliny budou mít limit v EU-v ČR už tak národní limit nepotřebujeme. Available from: <http://www.szu.cz/tema/bezpecnost-potravin/trans-mastne-kyseliny-budou-mit-limit-v-eu-v-cr-uz-tak> (accessed June 2020)
- Státní zemědělská a potravinářská inspekce. 2020. Ořechy a oříšky. SZPI. Available from: <https://www.szpi.gov.cz/clanek/orechy-a-orisky.aspx> (accessed May 2020)
- Sun DW. 2006. Handbook of Frozen Food Processing and Packaging. CRC Press, Florida.
- Svačina Š. 2010. Poruchy metabolismu a výživy. Galén, Praha.
- Tesařová Š, Vrablík M. 2018. Nové možnosti v diagnostice a léčbě familiární hypercholesterolemie. *Medicína pro praxi*. Available from: <https://www.medicinapropraxi.cz/pdfs/med/2018/03/02.pdf> (accessed May 2020)

- The Functions of Fats in the Body, 2015. Eufic. Available from: <https://www.eufic.org/en/whats-in-food/article/facts-on-fats-dietary-fats-and-health#ref26> (accessed May 2020)
- The Functions of Fats in the Body, 2015. Eufic. Available from: <https://www.eufic.org/en/whats-in-food/article/facts-on-fats-dietary-fats-and-health#ref26> (accessed May 2020)
- The Healthy Heart. 2015. Nutrient Of The Week: Vitamin A (Retinoid, Beta-Carotene). Available from: <https://thehealthyheartsite.wordpress.com/2015/11/26/nutrient-of-the-week-vitamin-a-retinoid-beta-carotene/> (accessed May 2020)
- The importance of omega-3 and omega-6 fatty acids, 2019. Eufic. Available from: <https://www.eufic.org/en/whats-in-food/article/the-importance-of-omega-3-and-omega-6-fatty-acids> (accessed May 2020)
- Thomson, JR. 2014. 10 Reasons You Should Be Cooking With Lard: Just think of the pie crust. Huffpost. Available from: https://www.huffpost.com/entry/cooking-with-lard-baking_n_5212804 (accessed May 2020)
- Tsigos C, Hainer V, Besdevant A, Finer N, et al. 2009. Léčba obezity dospělých: Evropská doporučení pro praxi. Česká obezitologická společnost. **1**: 106-116.
- Turley J, Thomson J. 2015. Nutrition: your life science. Cengage Learning, United States.
- Uluata S, Özdemir N. 2012. Antioxidant Activities and Oxidative Stabilities of Some Unconventional Oilseeds. Journal of the American Oil Chemists' Society. **89**: 551–559. DOI: 10.1007/s11746-011-1955-0.
- USDA. 2016. Fish oil. Available from: <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html?fbclid=IwAR0lhzp3ENNurNQev7nFsE3VnWDPYMFnR-lrYtXix1JuQyRQye8UHqSbo2c#/food-details/172340/nutrients> (accessed April 2020)
- USDA. 2016. Nuts, peanuts and seeds. Available from: <https://www.nal.usda.gov/fnic/nuts-peanuts-and-seeds> (accessed April 2020)
- Vaz MF, Ferdinandusse S. 2017. Bile acid analysis in human disorders of bile acid biosynthesis. Molecular aspects of medicine. **56**: 10-24. DOI: 10.1016/j.mam.2017.03.003
- Velasco J, Dobarfganes C, Márquez-Ruiz G. 2010. Oxidative rancidity in foods and food quality. Chemical Deterioration and Physical Instability of Food and Beverages: A volume in Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition. Woodhead Publishing. **27**: 3-32 DOI: 10.1533/9781845699260.1.3
- Velíšek J, Hajšlová J. 2009. Chemie potravin. OSSIS, Tábor.
- Vilikus Z, Mach I, Brandejský P. 2012. Výživa sportovců a sportovní výkon. Karolinum, Praha.
- Vodrážka Z. 1996. Biochemie. Academia, Praha.
- Voet D, Voet JG, Pratt ChW. 2016. Fundamentals of Biochemistry: Life at the Molecular Level. 5. Wiley, United States.
- Wasan KM, CASSIDY SM. 2000. Role of plasma lipoproteins in modifying the biological activity of hydrophobic drugs. Journal of Pharmaceutical Sciences. **87**: 411-424. DOI: 10.1021/js970407a
- Whitney E, Rolfes SR. 2008. Understanding Nutrition. Thomson Wadsworth, United States.
- WHO. 2011. Waist Circumference and Waist–Hip Ratio: Report of a WHO Expert Consultation Geneva, 8–11 December 2008. Switzerland: WHO Document Production Services. Available

from:

https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/44583/9789241501491_eng.pdf;jsessionid=940E5AF628A0F8561EA97C88FDB70BE5?sequence=1 (accessed June 2020)

Ye Y, Ding Y, Jiang Q, Wang F, Sun J, Zhu C. 2017. The role of receptor-like protein kinases (RLKs) in abiotic stress response in plants. *Plant Cell Reports* **36**:235–242. DOI: 10.1007/s00299-016-2084-x.

Akademie kvality. 2016. Zamrazování másla – ano, nebo ne? Available from: <https://www.akademiekvality.cz/clanek/zamrazovani-masla-ano-nebo-ne> (accessed May 2020)

Zimmerma M, Snow B. 2012. An Introduction to Nutrition. Available from: <https://2012books.lardbucket.org/books/an-introduction-to-nutrition/s09-lipids.html> (accessed June 2020)