

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra chemie**



**Fakulta agrobiologie,  
potravinových a přírodních zdrojů**

***Ketodieta – pozitiva a negativa***

**Bakalářská práce**

**Autor práce: Kryštof Král**

**Program nebo obor studia: Výživa a potraviny**

**Vedoucí práce: Ing. Matyáš Orsák, Ph.D.**

**© 2021 ČZU v Praze**

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Ketodieta – pozitiva a negativa" jsem vypracoval 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 autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 3.5.2021

---

## **Poděkování**

Touto cestou bych rád poděkoval Ing. Matyášovi Orsákovi, Ph.D. za vedení práce, lidský přístup, trpělivost, pohotové jednání a vstřícnou pomoc. Musím také poděkovat své rodině, která mi poskytla zázemí, prostředky a motivaci ke studiu, přátelům a blízkým, kteří mě během studií podporovali a kdykoliv jsem požádal, tak mi poskytli pomocnou ruku. Nesmím opomenout také svou alma mater – Českou zemědělskou univerzitu v Praze, která mi ukázala, že studium není úsek života, který se dá uzavřít časovou jednotkou, ale neustále se opakující proces, který nás provází celý život.

# Ketodieta – pozitiva a negativa

## Souhrn

Ketogenní dieta je dieta s vysokým obsahem tuků, značným množstvím bílkovin a nízkým obsahem sacharidů. Dieta se využívá jako nástroj k léčbě epileptických záchvatů a v dnešní době v hojné míře k redukci hmotnosti a změně životního stylu, na základě mechanismu ketogeneze. Okolo pojmu ketodieta panuje velké množství otázek a rozporuplných názorů jak odborníků, tak široké veřejnosti. Můžeme pozorovat více forem nízkosacharidových diet, ale už je složité se dopátrat, na jakém principu dieta reálně funguje a jak na ni tělo může reagovat. Celá tato moderní dieta se prakticky točí okolo lipidů. O tom, jak tuky v těle fungují, už není kolikrát v brožurách o dietě či na stránkách zmíněno, a pokud člověk či pacient mění životní styl, měl by vědět, jak tento makronutrient funguje. Většina laické veřejnosti si spojuje energii se sacharidy neboli cukry, ale tato informace může být mírně zavádějící, jelikož sacharidy se nejdříve musí rozložit, aby z nich energie ve formě adenosintrifosfátu, zkráceně ATP, byla získána. Látková přeměna neboli metabolismus, probíhá i u lipidů s tím rozdílem, že 1 g tuku poskytne zhruba 2x víc energie než 1 g cukru. Děje se to v případě, že tělo velmi sníží nebo vyčerpá svoje zásoby sacharidů ve formě glykogenu, což je polysacharid, který slouží v těle živočichů jako energetická zásoba.

Smyslem této bakalářské práce bylo shromáždit názory, fakta a informace týkající se funkčnosti ketogenní diety. Zjistit vědecky podložené názory odborníků na její pozitivní či negativní vliv na lidský organismus a tím i vyvrátit mýty, které ve společnosti kolují. Rozebrat proces lipidů v těle a poukázat na potencionální hrozby, které by se při nesprávném užívání mohly dostavit.

Při standardním stravování, je paleta potravin velmi široká. Při nízkosacharidové dietě se ale jejich výběr zúží, a to o všechny potraviny s vysokou či střední koncentrací sacharidů. Je důležité zmínit, že v dnešní době jsou velmi populární instantní podoby stravy, před kterými nemalá část nutričních terapeutů varuje. Pokud je ale jídelníček správný a pacient je pod dohledem kvalifikovaných odborníků, je dokázáno, že tato dieta může být jak součástí léčebního procesu, tak pomocníkem při redukci hmotnosti.

**Klíčová slova:** Energie; jídelníček; ketóza; léčebná metoda; lipidy; moderní dieta; redukce hmotnosti; zdraví

# Ketogenic Diet – Advantages and Disadvantages

## Summary

The ketogenic diet is a diet with a high fat content, a significant amount of protein and a low volume of carbohydrates. This diet is used as an instrument to treat epileptic seizures and currently it serves to reduce weight and change one's lifestyle using taking advantage of the ketogenic mechanism. The subject of the ketogenic diet is surrounded with many questions and inconsistent opinions coming from the experts and the general public. Multiple types of the ketogenic diet can be employed, but it is difficult to find out the basis of this diet and how the body may respond to it. This modern diet revolves around lipids. The lipids are rarely explained in the relevant brochures or websites, but an individual or a patient should be aware of this macronutrient's functions. The majority of the general public associates energy with carbohydrates or sugars, but this information can be slightly misleading, as carbohydrates must decompose first, so that the energy in the form of adenosine triphosphate, also referred to as ATP, can be harvested. Chemical reactions or in other words metabolism happens in lipids with the difference of 1 gram of fat provides approximately two times as much energy than 1 gram of sugar. This occurs, when the body substantially decreases or depletes its carbohydrates stored in the form of glycogen, which is a polysaccharide used by animals for energy storage.

The purpose of this bachelor thesis is to gather opinions, facts and information related to the functionality of the ketogenic diet. Find scientifically based opinions of the professionals on its positive and negative impact on the human organism and herewith rebut myths from the public domain. Analyse the process of lipids in the body and point out potential dangers that can occur with inappropriate use. This goes hand in hand with foods, as their selection is significantly narrowed due to many containing high amounts of carbohydrates. There are other forms of nutrition, which are currently on the rise, such as instant food, which many nutritionists warn against. However, if the nutrition plan is right and the patient is under professional care, it is proved this diet can have medical use and benefits for weight reduction.

**Keywords:** Energy; diet; ketosis; treatment method; lipids; modern diet; weight reduction; health

# Obsah

<b>1 Úvod</b> .....	<b>8</b>
<b>2 Cíl práce</b> .....	<b>9</b>
<b>3 Charakteristika ketodiety</b> .....	<b>10</b>
<b>3.1 Typy ketogenních diet</b> .....	<b>11</b>
3.1.1 Standardní ketogenní dieta .....	11
3.1.2 Cyklická ketogenní dieta .....	11
3.1.3 Atkinsova dieta .....	12
<b>4 Chemická podstata ketogenní diety</b> .....	<b>13</b>
<b>4.1 Ketogeneze</b> .....	<b>13</b>
<b>4.2 Ketolátky</b> .....	<b>13</b>
4.2.1 Rozsah ketolátek.....	14
<b>5 Lipidy a jejich metabolismus</b> .....	<b>15</b>
<b>5.1 Klasifikace lipidů</b> .....	<b>16</b>
<b>5.2 Jednoduché lipidy</b> .....	<b>16</b>
5.2.1 Acylglyceroly .....	16
5.2.2 Vosky.....	17
5.2.3 Mastné kyseliny .....	17
<b>5.3 Složené lipidy</b> .....	<b>18</b>
5.3.1 Fosfolipidy.....	18
5.3.2 Sfingolipidy .....	18
5.3.3 Glykolipidy .....	18
<b>5.4 Odvozené lipidy</b> .....	<b>18</b>
5.4.1 Terpeny.....	18
5.4.2 Steroidy.....	19
<b>5.5 Beta-oxidace</b> .....	<b>20</b>
5.5.1 Průběh Beta-oxidace.....	21
<b>6 Historické aspekty a léčba ketodietou</b> .....	<b>22</b>
<b>6.1 Využití půstu</b> .....	<b>22</b>
<b>6.2 Epilepsie</b> .....	<b>22</b>
6.2.1 Léčba rezistentní epilepsie .....	22
<b>6.3 Ketodietu jako alternativa léčby rakoviny</b> .....	<b>23</b>
<b>6.4 Ketogenní dieta v léčbě diabetes mellitus</b> .....	<b>23</b>
6.4.1 Ketoacidóza.....	23

6.4.2	Spouštěcí mechanismus ketózy .....	24
<b>7</b>	<b>Výživa a složky potravy .....</b>	<b>25</b>
7.1	Rozdělení tuků .....	25
7.1.1	Použití tuků .....	26
7.2	Potraviny a pokrmy při ketodietě .....	26
7.3	Stravování mimo domov.....	26
<b>8</b>	<b>Shrnutí pozitiv a negativ ketogenní diety .....</b>	<b>27</b>
8.1	Pozitiva .....	27
8.2	Negativa.....	28
8.3	Názor odborníků .....	28
<b>9</b>	<b>Reklamní obraz ketodiety .....</b>	<b>29</b>
9.1	Výživové preparáty.....	29
<b>10</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>31</b>
<b>11</b>	<b>Literatura .....</b>	<b>32</b>

# 1 Úvod

Ketodieta, dnes velmi populární způsob stravování, využívá částečnou absenci sacharidů ve svůj prospěch. Tento způsob však využívá i spousta jiných diet. Lze si představit dietu, která naplno využívá energetický potenciál lipidů, což s sebou může přinést benefity, která klasická vyvážená strava ze tří základních složek – sacharidů, proteinů a lipidů nepřinese. Jaké výhody oproti běžným stravovacím návykům ketodieta má a naopak nemá, bude zmíněno v této práci. I přes momentální trend, který nízkosacharidová dieta zažívá, je známá několik desítek let. První zmínka pochází z 20. století, kdy se používala ve zdravotních zařízeních jako léčebná metoda epilepsie. Dieta byla aplikována různými způsoby a vznikaly typy ketogenních diet podle způsobu užívání a dle požadovaných výsledků. Každý jedinec je jiný a v případě vysokotučného stravování mohou být reakce různé, ale většina pacientů reaguje v konečném důsledku velmi podobně.

Reakce na nízkou hladinu sacharidů byla zaznamenána již stovky let před naším letopočtem. Obvykle byla spojována s určitými druhy náboženství, a to v podobě půstu. Při půstu je zapříčiněno spalování tukových zásob. Tento proces je podmíněn vývojem organismu, který se musel ve špatném období, kdy neměl přístup k potravě, naučit hospodařit s živinami a v případě potřeby využít tukové zásoby pro svojí existenci. Tento stav přeměny tuků na energii nazýváme ketóza (Whelees 2008).

V této práci jsem také popisoval metabolismus lipidů a jejich klasifikaci na jednoduché, složené a odvozené a následný popis jednotlivých skupin. V další části práce jsem se dostal i k použití tuků a olejů při přípravě jídel, k nutričním hodnotám pokrmů, které jsou pro dietu doporučené odborníky. Jsou zde znázorněné procesy, které jsou s metabolismem lipidů spjaty. V práci jsou zmíněny jak pozitivní, tak negativní dopady, ať už jsou potenciální nebo vědecky prokázané. Tato strava může mnoha lidem vyhovovat a existují případy, které dodržují dietu v řádech let a má to pro ně benefiční účinky. Na druhou stranu se mnoha lidem nepodaří přejít přes počáteční fázi ketodiety, kdy si tělo musí odvyknout na závislost na sacharidech a mohou se dostavit velice nepříjemné účinky. To se odvíjí od kvality stravy, která by měla být, ať už se jedná o nízkosacharidovou nebo o kteroukoliv jinou, co nejkvalitnější. Aplikace ketodiety je popsána v mnoha příručkách, kde se nachází seznam jídel, postupů, a doporučených potravin, které splňují výživové hodnoty korelující s ketogenní dietou. Aby dieta byla účinná a mohly se využít všechny její benefity, specialisty je doporučováno vyhnout se všem zkratkám, které jsou v tomto případě náhražkami plnohodnotné stravy. Tyto zkratky jsou většinou využívány lidmi s nadváhou, kteří chtějí rychle zredukovat hmotnost. Sice může tento způsob fungovat a vyvolat ketózu v těle, není však přirozená a dlouhodobě udržitelná. Po skončení procesu zpravidla přijde návrat k původní váze (Hlavatá 2016). Problémem je nízká informovanost veřejnosti a marketing firem s produkty, které nemusejí být nekvalitní či lživé, ale zkreslující.



## 2 Cíl práce

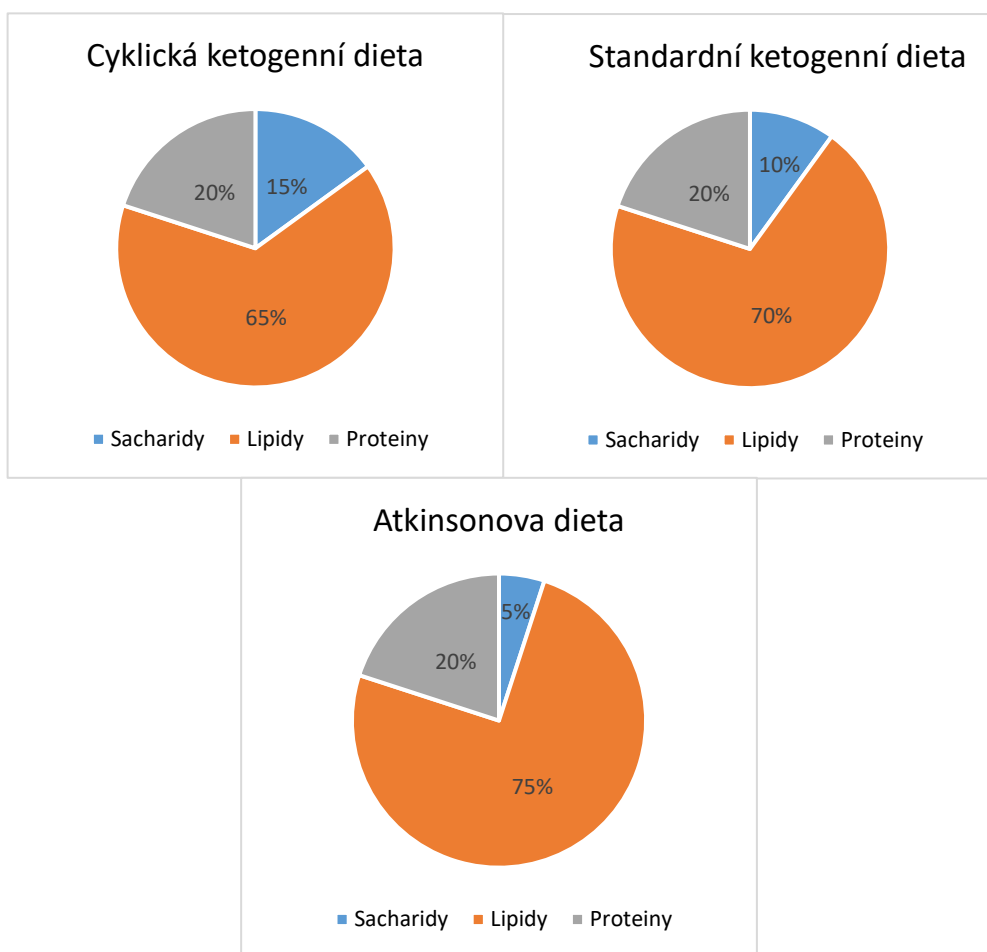
Cíle této práce se skládají z obecného vysvětlení termínu ketogenní dieta, jak z hlediska chemického, tak z fyziologického, ale také z posouzení, zda se tato dieta doporučuje lidem se zdravotní komplikací, či nikoliv. Budou stanoveny pozitiva a negativa působení této diety na lidské tělo. Práce se bude podrobně zabírat chemickými reakcemi, které by měly při ketogenní dietě probíhat. Jako jeden z příkladů budou brány reakce ketogenní diety na potencionální zpomalení růstu rakovinotvorných buněk či nádoru jako takového. Těžištěm práce bude shromáždění dat, které pomohou přivést na pravou míru, v jakých případech je tato dieta zdraví škodlivá, neutrální či má negativní vliv na lidské tělo.

### 3 Charakteristika ketodiety

Ketogenní dieta nebo ketodieta, je způsob stravování, který se skládá především z tuků, poté bílkovin a velmi málo sacharidů, tak aby byly pokryty metabolické funkce, ke kterým jsou sacharidy potřeba. Makro živiny jsou procentuálně rozděleny při standardním postupu z 55 % až 60 % tuků, 30 % až 35 % bílkovin a 5 % až 10 % sacharidů. Konkrétně sacharidů by se mělo přijmout od 20–50 g maximálně. Záleží na fázi ketogenní diety, druhu diety a také na jedinci (Wajeed & Uppaluri 2019).

Podstatou této diety je dostat lidské tělo do stavu ketózy, což je stav, kdy tělo začne přijímat jako primární zdroj energie lipidy místo sacharidů. Je to způsobeno nízkou koncentrací cukrů v těle, které se za normálních okolností přemění na glukózu, která je pak roznesena do potřebných orgánů, například do mozku, pro který je obzvláště důležitá (Wajeed & Uppaluri 2019).

Ketogenních diet může být více typů a do stavu ketózy se lze dostat různými způsoby. Každá dieta se více či méně liší od standardní ketogenní diety, většinou je to poměrem makro živin, způsobem příjmu potravy anebo dokonce i formou potravin. Pro orientaci jsou hrubé poměry zobrazeny živin vyobrazeny na Obr.1. (Wajeed & Uppaluri 2019).



Obr.1. Hrubé poměry živin v jednotlivých dietách (Atkins 2000; Phinney 2004).

### 3.1 Typy ketogenních diet

Existují různé typy či způsoby, jak tuto dietu držet, ale všechny fungují na stejném principu a mají stejné jádro. Většinou se však ordinují na míru určitým pacientům, které mají nějaké návyky či problémy, které by tato dieta mohla zlepšit či vyřešit. Bohužel nelze zcela jistě říct, která z diet je nejlepší nebo nejpřínosnější, jelikož není dostatečné množství studií, které by to mohly potvrdit.

#### 3.1.1 Standardní ketogenní dieta

Jedná se o dietu s velmi nízkým obsahem sacharidů, mírným obsahem bílkovin a vysokým obsahem tuků. Obvykle obsahuje 70 až 75 procent tuků, 20 procent bílkovin a asi 5 až 10 procent sacharidů. Pokud jde o gramy denně, typická standardní ketogenní strava by měla být: 20–50 g sacharidů 40–60 g bílkovin a žádný stanovený limit pro tuk. Tuk ve stravě by měl poskytovat většinu kalorií. Není stanoven žádný limit pro tuk, protože energetické požadavky se mohou u jednotlivých osob výrazně lišit. Ketogenní diety by měly zahrnovat silný příjem zeleniny, zejména neškrobové zeleniny, z důvodu nízkého obsahu sacharidů. Do těla se tak dostanou stopové prvky, vitamíny a další látky, které by mohly při nedostatečné konzumaci tělu chybět. Standardní ketogenní diety trvale ukazují úspěch při snižování hmotnosti, zlepšování kontroly hladiny glukózy v krvi a zlepšování zdraví srdce (Westman et al. 2008).

#### 3.1.2 Cyklická ketogenní dieta

Cyklická ketogenní dieta, zkráceně CKD, vychází z výzkumů doktora Atkinse. Tato dieta je často kombinovaná s fyzickou aktivitou, převážně silového charakteru jako je například bodybuilding. Základem CKD je jako u klasické ketogenní diety vysoký příjem tuků, strava bohatá na bílkoviny a omezení sacharidů na minimum. Skutečnost, kterou se však liší od klasické ketogenní diety je to, že se dělí na dvě fáze neboli cykly. První cyklus trvá 5 dní, při němž se dodržuje vysoká konzumace tuků a bílkoviny zhruba 3:1. V první fázi je důležité zminimalizovat přísun cukrů, jako to je u jiných typů, tedy do 50 gramů za den, aby se nenarušil proces ketózy. Do tohoto stavu se tělo nedostane ze dne na den, ale v průměru to trvá 3 dny. Pokud si nejsme jisti, zda jsme již ve fázi ketózy, lze zakoupit sadu kontrolních papírků pro stanovení ketonů v moči (Phinney 2004; Récová 2011; Loskot 2014).

Přejdeme k druhému cyklu. Druhá fáze CKD je charakterizována jako excesivní přísun sacharidů, který je důležitý pro obnovení svalového glykogenu, který může být vyčerpán častými silovými tréninky. Tento cyklus je také psychologický, jelikož předchozích 5 dní je jedinec omezen na užší škálu potravin ke konzumaci, nyní má zase možnost jíst co chce. V tomto cyklu není limit na konzumaci sacharidů, zvláště první den. Tento fakt může mít velký vliv na psychiku jedince. Druhý den by se mělo přejít spíše ke konzumaci komplexnějších sacharidů vyskytujících se v potravinách, jako je např.: rýže, těstoviny, pečivo apod. Tímto

způsobem pokračujeme, dokud nedosáhneme požadovaného výsledku. (Phinney 2004; Récová 2011; Loskot 2014).

Je dobré zdůraznit, že tento typ diety není k organismu příliš šetrný, z důvodu neustálého střídání cyklů, a to především v první fázi. Pro mozek je glukóza, která je z velké části postupně eliminována, primárním zdrojem energie a může to mít negativní vliv na chování jedince. CKD se však může použít k léčbě rakoviny, Alzheimerovy choroby, Parkinsonovy choroby, epilepsie a další chorob. V případě CKD nelze jednoznačně potvrdit negativní či pozitivní účinky na lidský organismus, protože neexistuje dostatečné množství výzkumných studií, které by to potvrdily (Phinney 2004; Récová 2011; Loskot 2014).

### 3.1.3 Atkinsova dieta

Atkinsonova dieta, jejímž autorem je Dr. Robert C. Atkins, se dělí na čtyři fáze – **indukční** neboli **zaváděcí**, **pokračovací**, **přípravnou** a **udržovací**. Dr. Atkins doporučuje před zahájením diety zajít na lékařskou prohlídku, aby mohl lékař posoudit následný vliv diety na zdravotní stav dotyčného. Měly by být také vysazeny všechny léky, které nejsou nezbytně nutné. Indukční fáze trvá čtrnáct dní. Cíl indukční fáze je přepnout tělo tak, aby primárně spalovalo tuky, čili stav ketózy a tím nastartovat proces hubnutí. Po dobu jejího trvání je omezena konzumace sacharidů a to na 15-20 g za den. Energetický příjem není limitován. Dr. Atkins vytvořil seznam vhodných potravin, které se dají libovolně kombinovat. Samozřejmě se musí dodržovat kritéria, aby se nepřesáhla hranice příjmu sacharidů, jelikož by to narušilo proces ketózy. Povolena jsou však některá umělá sladidla. Potraviny vhodné v této fázi jsou vejce, olivy, sýry, avokádo, ryby, máslo, prakticky všechny druhy masa. U masných výrobků jako je slanina a šunka, je nutné se vyvarovat konzervaci pomocí cukru, aby nebyl překročen limit. Ze zeleniny se mohou konzumovat jen druhy obsahující do 10 % sacharidů, jako je čínské zelí nebo petržel. Mohou se však konzumovat rostlinné oleje. Vyloučena je škrobovitá zelenina, výrobky z obilí, mléčné výrobky kromě sýrů, másla a šlehačky. Doplnky stravy jsou vítány. Při správném dodržování nastane redukce hmotnosti velmi rychle (Atkins 2000).

Po zahajovací fázi přichází na řadu fáze pokračovací. Při této fázi se zpomaluje redukce hmotnosti. Mírně se navyšuje gramáž sacharidů, která je povolena konzumovat a to po 5 g za den. Následně se sleduje, kdy tělo přestane hubnout. Dané množství se označuje jako kritická hladina sacharidů pro hubnutí. Dva základní body, které se liší v 1. a 2. fázi jsou, že se rozšiřuje škála potravin pro konzumaci a zvyšuje se příjem sacharidů (Atkins 2000).

Následuje 3. fáze, jmenovitě přípravná fáze na udržení hmotnosti, která má přijít na řadu ve chvíli, kdy zbývá do cílové hmotnosti 2–5 kg. Cílem je posledních pár kilo zhubnout pomalu a rychlost se v této fázi ještě více redukuje. Navyšují se sacharidy a hledá se tzv. kritická hladina sacharidů pro udržení hmotnosti. Hladina je subjektivní, ale pro většinu lidí se nachází mezi 25–90 g sacharidů za den. S přibývajícimi sacharidy se zvyšuje chuť k jídlu a ztrácí se proces ketózy. V této fázi se testuje reakce na další jídla, potraviny a kontrola váhy, která by měla být udržitelná (Atkins 2000).

Poté přichází na řadu fáze číslo čtyři, která je trvalá a má pomoci udržet štíhlou postavu a vytvořit z diety životní styl. Do jídelníčku se mohou přidat bobuloviny a začít opatrně zkoušet další potraviny, mezi které patří kus kus, divoká rýže, pohanka, proso, žito či vybrané kousky ovoce. Střídmě se může pít káva a alkohol. Ideální příjem sacharidů má již být vyzkoušený z předchozí fáze. Člověk by se měl cítit dobře a nepřibírat. Dojde-li k navýšení hmotnosti, dieta má být opakována opět od zaváděcí fáze. Při této dietě, je také doporučováno provádět fyzickou aktivitu (Atkins 2000).

## 4 Chemická podstata ketogenní diety

Chemická podstata ketogenní diety funguje na relativně složitém mechanismu, ale je naprosto přirozeným jevem lidského organismu. Sacharidy, které jsou v zásadě primárním zdrojem produkce energie v tělesných tkáních, přestanou být hlavním zdrojem energie, pokud se sníží příjem na méně než 50 g denně. Následně se významně sníží sekrece inzulínu a tělo přejde do katabolického stavu. Zásoby glykogenu se vyčerpávají a nutí tělo projít určitými metabolickými změnami. Při nízké dostupnosti sacharidů v tělních tkáních vstupují v platnost dva metabolické procesy, které nazýváme glukoneogeneze a ketogeneze (Wajeed & Uppaluri 2019).

### 4.1 Ketogeneze

Ketogeneze je označení pro biochemický proces, který se spouští ve chvíli, kdy tělo má nedostatek primární energie čili sacharidů. Při tomto procesu dochází ke vzniku ketolátek. Ketolátky jsou produkovány v játrech za podmínek, při nichž dochází k rozsáhlé oxidaci mastných kyselin. Utilizace ketolátek však probíhá extrahepatálně. Výchozí látkou ketogeneze je acetyl – CoA. Rozsah ketogeneze závisí na velikosti enzymové lipolýzy v tukové tkáni, dále na množství mastných kyselin, které se esterifikují na triacylglyceroly, a také na tom, kolik acetyl – CoA přejde do citrátového cyklu (Ledvina a kol. 2009; Tomandl 2014).

Proces ketogeneze probíhá výhradně v játrech. Za normálních podmínek, kdy má tělo dostatečný přísun sacharidů, se ketolátky v krvi objevují zřídka, okolo  $0,1 \text{ mol/l}^{-1}$ . Koncentrace ketolátek v těle se dá zjistit krevním odběrem nebo testem moči. Vysoká hladina ketolátek je příčinou ketózy a může se projevovat nepříjemnými příznaky jako je nauzea, únava a podráždění. Ketonémie se může projevit u člověka při dlouhodobém hladovění, kdy se zdrojem energie stává tělesný tuk anebo také při intenzivním cvičení. Může také nastat při vysoké konzumaci tučného jídla s nízkou koncentrací sacharidů (Ledvina a kol. 2009).

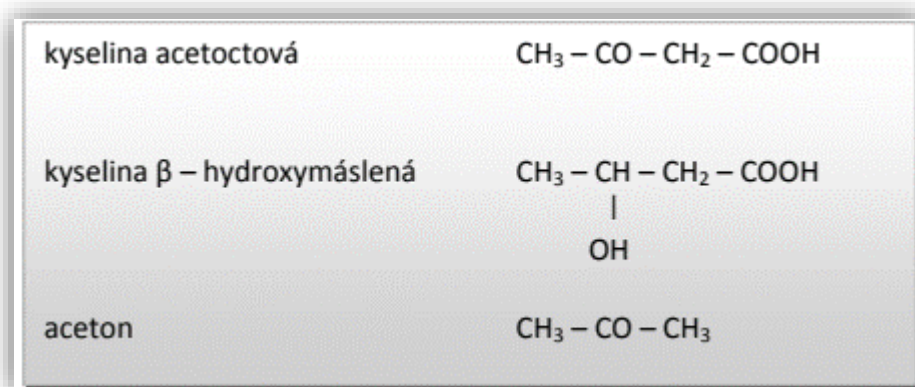
### 4.2 Ketolátky

Jako ketolátky označujeme tuto trojici: acetoctovou kyselinu,  $\beta$  – hydroxymáslenou kyselinu a aceton. Struturní vzorce jsou znázorněny na Obrázku č.2.

Pojem ketolátka však postrádá chemickou definici, jelikož pouze dvě z těchto 3 látek jsou ketosloučeninami. Kyselina  $\beta$ -hydroxymáslená je z medicínského pohledu ta, která není

oxosloučeninou, ale řadí se do této skupiny z důvodu úzké spojitosti s acetonovou kyselinou (Ledvina a kol. 2009).

Ketolátky vznikají z molekul Acetyl-CoA, kdy se 2 molekuly této sloučeniny sloučí v mitochondriích s thiolázou, která umožní uvolnění molekuly koenzymu A a vznikne acetoacetyl-CoA. Poté Acetoacetyl-CoA přibere ještě třetí molekulu Acetyl-CoA a touto reakcí katalyzovanou speciálním enzymem vznikne HMG-Co a jinak  $\beta$ -hydroxy- $\beta$ -methylglutaryl-CoA. Tento meziprodukt je významnou látkou pro tvorbu ketolátek a pro syntézu cholesterolu. Další fází je štěpení HMG-CoA na acetoacetát a acetyl-CoA pomocí lyázy. Acetoacetát se dále buď redukuje v matrixu mitochondrií na  $\beta$ -hydroxybutyrát nebo se neenzymově dekarboxyluje na aceton, který pak tělo vyloučí (Ledvina a kol. 2009).

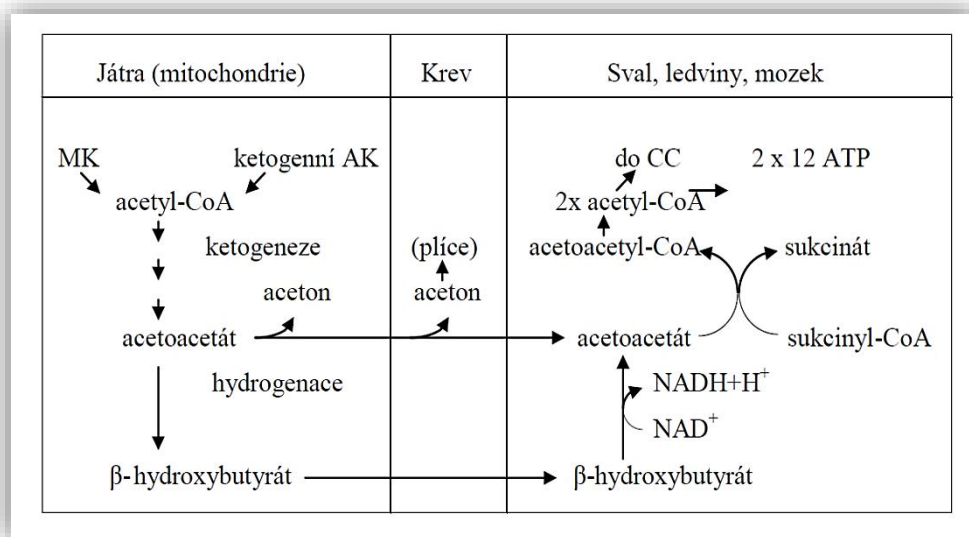


Obr.2. Strukturní vzorce ketolátek (Recová 2011).

#### 4.2.1 Rozsah ketolátek

Úloha ketolátek v lidském těle je dvojího charakteru, může být pozitivní či negativní. Ta nepříznivá bohužel vzniká za chorobných podmínek a tím je především neléčený diabetes mellitus. Tělo dotyčného ohrožuje jak ketonémie, tak ketoacidóza. Jeden z poznávacích prvků je acetonový zápach z úst pacienta (Ledvina a kol. 2009; Recová 2011; Pánek a kol. 2012).

Ketolátky jsou ale především důležitým metabolickým palivem pro některé periferní tkáně při delším hladovění i pro mozkovou tkáň. Jak je již zmíněno, utilizace ketolátek probíhá v periférii na rozdíl od syntézy, která probíhá v játrech. Pro zjednodušení procesu utilizace je přiloženo následující schéma (Ledvina a kol. 2009).



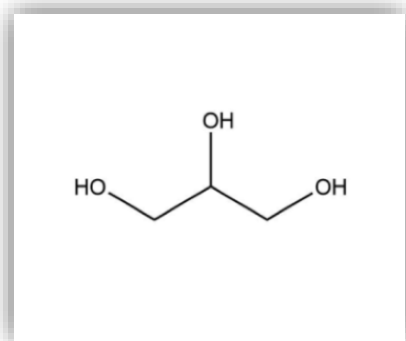
Obr. 3. Schéma tvorby a utilizaci ketolátek (Ledvina a kol. 2009).

## 5 Lipidy a jejich metabolismus

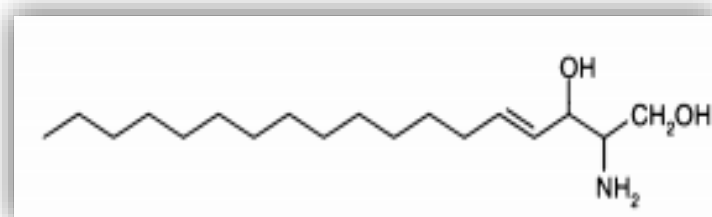
Lipidy, jsou různorodá skupina přírodních látek jak živočišného, tak i rostlinného původu, které jsou jedním z hlavních a nepostradatelných živin v potravě člověka. Je pro ně charakteristická nerozpustnost ve vodě, a naopak rozpustnost v nepolárních rozpouštědlech (Teplá 2013).

Tyto látky slouží jako ochranný obal organismů, jsou součástí biologických membrán, udržují tepelnou izolaci, tvoří hlavní zásobárnu uhlíku, energie a jsou i prekurzory dalších důležitých látek (Teplá 2013). Tuky jsou nejbohatším zdrojem energie ze všech živin a jsou zdrojem esenciálních mastných kyselin. Díky vysokému zdroji energie snižují objem stravy, což je pozitivní pro osoby s vysokým fyzickým výkonem. Naopak u osob se sedavým zaměstnáním a nízkou frekvencí pohybu, může nastat problém vyššího příjmu energie. Tuky sice vyvolávají pocit sytosti, ale ten nastává až zhruba po třiceti minutách po jejich konzumaci, a tudíž nezabrání požití většího množství energie. Jsou také takzvaným nositelem chuti a také zlepšují sensorickou texturu potravin (Pánek a kol. 2012).

Z chemického hlediska je složení lipidů velmi nejednotné, mnohdy jsou to deriváty mastných kyselin a hydroxysloučenin (glycerol) nebo aminosloučenin (sfingosin) viz Obr. č. 3 a 4. Můžeme je tak klasifikovat také dle alkoholu, například na sfingolipidy, obsahující aminoalkohol sfingosin a na glycerolipidy obsahující glycerol. (Řezáčová a Stoklasová 2008).



Obr. 4. Vzorec glycerolu (Collet et al. 2020).



Obr. 5. Vzorec sfingosinu (Petr 2006)

## 5.1 Klasifikace lipidů

První skupina, která je tvořena převážně ze skupiny esterů vyšších mastných kyselin a alkoholů, nebo jejich derivátů, se v technické praxi nazývají **zmýdelnitelné lipidy**. Druhá skupina je tvořena sloučeninami sestavených ze zbytků izoprenu, které se nazývají izoprenoidy a patří do **nezmýdelnitelných lipidů**. Dále se lipidy dělí na dvě hlavní skupiny **jednoduché lipidy** a **složené lipidy**. V některých publikacích se uvádí i další skupina, ta se nazývá **odvozené lipidy**. Odvozené lipidy nelze zařadit do předešlých dvou skupin a jsou umístěny do této skupiny makronutrientů díky jejich lipidní povaze, tedy hydrofobního charakteru. Dále také hrají významnou roli v metabolismu lipidů a při jejich biologické funkci (Mathews et al. 1999).

## 5.2 Jednoduché lipidy

Jednoduché lipidy dělíme na dvě skupiny obsahující pouze alkohol a mastnou kyselinu. Najdeme je běžně v přírodě, jsou jimi acylglyceroly a vosky (Řezáčová a Stoklasová, 2008).

### 5.2.1 Acylglyceroly

Jsou estery propan-1,2,3 - triolu neboli glycerolu a mastných kyselin. Glycerol může mít různý počet vazeb a dělí se dle jejich počtu, a to na mono-, di- a triacylglyceroly.

Nejvýznamnější jsou triacylglyceroly, které představují největší podíl lipidů v lidské potravě. V závislosti na fyzikálních vlastnostech (skupenství) je nazýváme neutrální tuky



(pevné) nebo neutrální oleje (kapalné). Tuhy lze hydrolyticky štěpit na mastné kyseliny a glycerol (tzv. kyselá hydrolýza). Při alkalické hydrolýze vznikají soli mastných kyselin, které známe jako mýdlo (Šícho a kol. 1981; Teplá 2013).

V živočišných buňkách mají triacylglyceroly tři základní funkce: **1. tuková zásoba** (zásoba uhlíku a energie); **2. transport a distribuce mastných kyselin**; **3. teplotní izolace a ochrana tělesných orgánů**. U glycerolů, podobně jako u sacharidů a bílkovin, probíhá pouze jeden typ chemické reakce, a tím je hydrolýza. Hydrolýzou triacylglycerolů vzniká mastná kyselina a monoacylglycerol (resp. diacylglycerol). Tato reakce je v živých organismech katalyzována enzymy lipasami. Trávení lipidů navíc usnadňuje žluč tím, že je emulguje. Mastné kyseliny mohou dále vstupovat do krevního řečiště k jednotlivým buňkám (Šícho a kol. 1981; Teplá 2013).

### 5.2.2 Vosky

Vosky, jsou estery mastných kyselin s vyššími alifatickými alkoholy. Nejčastěji jsou tvořeny nasycenými primárními alkoholy s přímým řetězcem o počtu uhlíků 14, 16, 18. Mezi nejběžněji vyskytované patří cetylalkohol.

Alkoholy s kratšími řetězci lze nalézt častěji ve vosku patřícím živočichům. Ve voscích živočišného původu nacházíme nasycené i nenasycené primární alkoholy, což jsou alkoholy, které mají navázanou hydroxylovou skupinu na uhlík s dvěma vodíky čili pokud je skupina –OH navázána na uhlík s dvěma molekulama vodíku, jedná se o primární alkohol. Nejznámější z nich je takzvaný alkohol olejový, podobající se olejové kyselině. Ve voscích často bývají vázány palmitová, stearová a olejová kyselina (Šícho a kol. 1981; Teplá 2013).

### 5.2.3 Mastné kyseliny

Mastné kyseliny jsou alifatické monokarboxylové kyseliny, které klasifikujeme dle délky řetězce. Téměř u všech mastných kyselin probíhá biosyntéza dvouuhlíkatých jednotek acetylkoenzymu A, což koreluje s jejich nerozvětveným řetězcem sudých počtů atomů uhlíku. Podle délky uhlíkatého řetězce klasifikujeme jako **nižší mastné kyseliny** ty, co nemají více než 10 uhlíkatých atomů. Do této skupiny patří **krátké mastné kyseliny**, kam řadíme octovou, propionovou a máselnou kyselinu, které mají 2–6 uhlíků. Mastné kyseliny se středně dlouhým řetězcem mají 8–12 uhlíků. Mastné kyseliny s dlouhým řetězcem mají 14–22 uhlíků a dále se dělí na **nasycené** nebo **nenasycené**, pokud je přítomna alespoň jedna dvojná vazba. Nasycené mastné kyseliny se vyskytují především v živočišných tucích a nenasycené naopak v rostlinných. Dále můžeme zmínit důležité mastné kyseliny, které nazýváme jako esenciální, označujeme tak ty, jež nemohou být syntetizovány lidským tělem a musejí být přijmuty potravou. Jako příklad můžeme uvést linolovou kyselinu nebo linolenovou (Grofova 2010; Tomandl 2014).

Z hlediska získávání energie jsou u lipidů majoritní vyšší mastné kyseliny, a to z důvodu největší koncentrace spalitelného vodíku v uhlovodíkových řetězcích. Při jejich spalování se

také uvolňuje velké množství tepla. Utilizace mastných kyselin probíhá v matrixu mitochondrie, a to do délky 16 uhlíků (Ledvina a kol. 2009).

## 5.3 Složené lipidy

Dle Ledviny a kol. (2009) se ve strukturách složených lipidů se kromě alkoholu a vyšší mastné kyseliny vyskytuje ještě další složka, podle které se rozdělují na:

- Fosfolipidy, kde je složkou zbytek kyseliny fosforečné.
- Sfingolipidy, kde je složkou aminoalkohol sfingosin.
- Glykolipidy, kde je složkou sacharid

### 5.3.1 Fosfolipidy

Jsou integrální součástí všech biomembrán a jejich součástí je alkohol obsahující dusík nebo jsou složeny ze směsi organických kyselin jako například cholin. Mezi nejdůležitější fosfolipidy se řadí glycerofosfolipidy.

Zajímavá funkce fosfolipidů je, že jsou z části hydrofobní a z části hydrofilní, v buňce se tyto části staví proti sobě a vytváří tak polopropustnou vrstvu, která propustí důležité živiny, ale zabrání průniku nežádoucích látek (Břížďala 2020; Ledvina a kol. 2009).

### 5.3.2 Sfingolipidy

Tvoří strukturu mozkové tkáně, odolnou vrstvu plazmatické membrány a chrání buňky před škodlivými látkami z vnějšího prostředí. Aminoalkohol sfingosin je většinou vázán na vyšší mastnou kyselinu. Sfingolipidy jsou tvořeny Ceramidy, které samy o sobě hrají důležitou roli v mechanismu regulace růstu, biosyntéze a katabolismu sfingolipidů (Břížďala 2020).

### 5.3.3 Glykolipidy

Glykolipidy obsahují sacharidovou složku jako je např. glukóza či různé oligosacharidy. Glykolipidy se vyskytují v eukaryotických buňkách, kde jsou součástí plazmatických membrán. Sacharidová část glykolipidů se nachází na vnější straně buňky a slouží jako receptor (Břížďala 2020).

## 5.4 Odvozené lipidy

### 5.4.1 Terpeny

Břížďala (2020) uvádí, že v přírodě jsou zastoupeny převážně jako sloučeniny v rostlinách, a to v pryskyřicích nebo v některých éterických olejích, jako je silice levandulová, kmínová nebo terpentýnová. Pro izolaci terpenů se využívá diethylether. Terpeny jsou

deriváty polymerace izoprenu a dělí se podle počtu izoprenových jednotek obsažených ve struktuře na:

- Monoterpeny – 2 izoprenové jednotky
- Seskviterpeny – 3 izoprenové jednotky
- Diterpeny – 4 izoprenové jednotky
- Triterpeny – 6 izoprenových jednotek
- Tetraterpeny – 8 izoprenových jednotek
- Polyterpeny –  $n$  izoprenových jednotek

Mezi známé terpeny patří kafr, který se používá jako repelent nebo v lékařství. Jeho účinky ve styku s kůží jsou hřejivé. Dále tu máme velmi známý menthol, který je součástí máty. Jedná se o krystalickou látku, která po konzumaci vyvolá pocit chladu a její využití je v potravinářství a v lékařství. Mezi diterpeny patří například  $\beta$ -karoten, který je prekurzorem při výrově vitamínu A. Mezi polterpeny řadíme přírodní kaučuk (Břížďala 2020).

#### 5.4.2 Steroidy

Steroid patří mezi nejdůležitější a nejrozšířenější skupinu isoprenoidů. Vyskytují se ve všech živých organismech a mezi jejich biochemické funkce patří regulování životních procesů, emulgace v procesu trávení, jsou součástí buněčných membrán a řadí se také mezi obranné a léčivé látky. Včetně syntetických analogů je známo přes 20 tisíc steroidních látek a přes 400 je jich uplatňováno v medicíně. Strukturním základem je steran, plně systematickým názvem cyklopentanoperhydrofenanthren. Na tuto strukturní jednotku mohou být dále navázány další skupiny, různé uhlovodíkové zbytky. Podle struktury je pak dále dělíme na **sterol**, **žlučové kyseliny** a **hormony** (Břížďala 2020; Mathews et al. 1999).

Dle Mathews et al. (1999) se ve struktuře sterolů vyskytují hydroxylové skupiny. Sterol je tedy steroidní alkohol a v přírodě se může vyskytovat volně nebo navázán na jiné látky. V živočišných buňkách jsou vázány na mastné kyseliny a v rostlinách na sacharidy. Steroly lze dělit na:

- Živočišné steroly (zoosteroly)
- Rostlinné steroly (fytosteroly)
- Steroly hub (mykosteroly)
- Mořské steroly (mořských rostlin a živočichů)

Mezi nejznámější sterol patří **cholesterol**, který patří do zoosterolů. Cholesterol je přítomen v každé živočišné buňce a dospělý jedinec má přibližně 100 g v těle. Lidská kůže vylučuje denně 300 mg cholesterolu jako ochrannou látku. Mezi další funkce patří stavba biologických membrán, biosyntéza žlučových kyselin, pohlavních hormonů a vitamínu D. Má také důležitou roli při odbourávání tuků. Je přítomen v mozku, žluči, krevní plazmě atd. Je důležité cholesterol rozlišovat mezi jednotlivé typy. Pozitivní účinky lze očekávat u vysokodenzitního HDL cholesterolu. Naopak nízkodenzitní LDL cholesterol má negativní účinky. Ukládá se na stěnách cév, a to může mít za následek onemocnění srdce.

Známým zástupcem fytoosterolů je stigmasterol, který se užívá jako surovina při syntéze hormonů. Mezi nejrozšířenější mykosteroly patří ergosterol, který se používá v pekařském droždí. Tato látka je také prekurzorem vitamínu D a nedostatek tohoto vitamínu způsobuje u dětí křivici (Mathews et al. 1999).

**Žlučové kyseliny** jsou součástí žluče. Jsou syntetizovány v játrech, koncentrovány ve žlučníku a dále vtékají do duodena a pokračují do tenkého střeva. V organismu se vyskytují v podobě svých solí, které mají emulgační schopnosti. Jeden z předních zástupců, je cholová kyselina (Mathews et al. 1999; Ledvina a kol. 2009; Břížďala 2020).

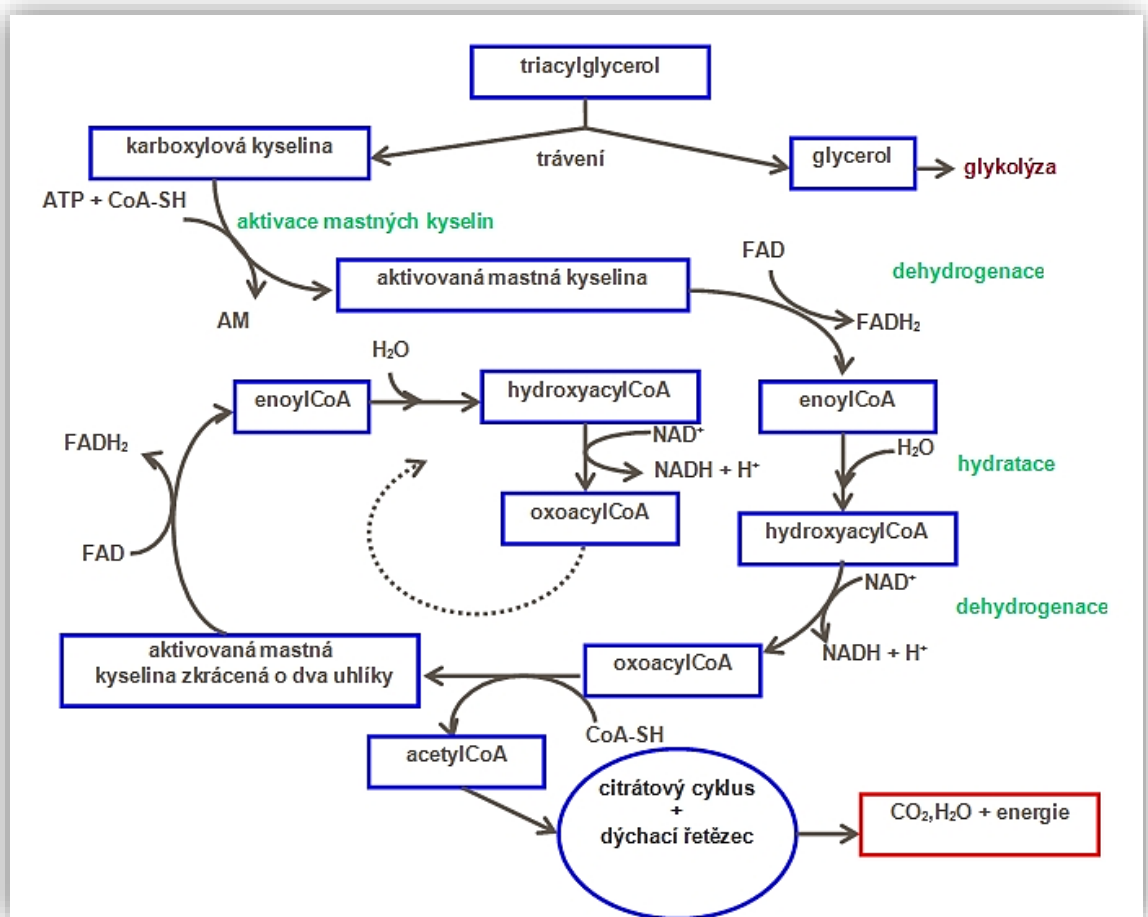
Poslední skupinou jsou **hormony**, které se dělí na kortikoidní hormony a gonadální hormony neboli pohlavní hormony. Mezi známé mužské pohlavní hormony patří testosteron, který zajišťuje spermatogenezi, u žen se vyskytuje progesteron, který řídí proces těhotenství. Kortikoidní hormony jsou vylučovány kůrou nadledvinek a jsou deriváty kortisolu. Kortisol má katabolický účinek v metabolismu organismu (Mathews et al. 1999; Ledvina a kol. 2009; Břížďala 2020).

## 5.5 Beta-oxidace

Beta-oxidace ( $\beta$ -oxidace) je proces degradace mastných kyselin. Tento sled opakujících se reakcí, zpracovává řetězec uhlíků, který je neustále zkracován o dva až do výsledného acetyl-CoA. K oxidaci dochází na  $\beta$ -uhlíku, proto se tento proces nazývá  $\beta$ -oxidace. Mastná kyselina s 12 uhlíky nám tedy dá 6 molekul acetyl-CoA. Jelikož vyšší mastné kyseliny, které jsou přírodního charakteru, mají sudý počet uhlíků, nezůstává nám tedy nic dalšího než zmíněné molekuly acetyl-CoA. Důležité je zmínit, že tento proces nemůže probíhat bez kyslíku, jelikož je vázán na dýchací řetězec, tudíž ho nazýváme aerobním procesem (Teplá 2013)

### 5.5.1 Průběh Beta-oxidace

Oxidační degradace acylů s dlouhým a středním řetězcem probíhá v mitochondriích. Samostatná oxidace se skládá ze 4 reakcí a ve všech těchto fázích je acyl vázaný na koenzym A. Celý proces viz Obr.6.



Obr. 6. Schéma  $\beta$ -oxidace (Teplá 2013).

## 6 Historické aspekty a léčba ketodietou

Diety a ostatní úpravy stravovacích návyků mají kořeny již 500 let př. n. l. Ketodieta byla však poprvé popsána až ve 20. století. Po dobu dvou desetiletí byla tato dieta často používána, ale s příchodem léčiv proti epileptickým onemocněním se od ní ustoupilo (Whelees 2008).

### 6.1 Využití půstu

Ketogenní dieta udělala zlom ve velmi efektivní nefarmakologické léčbě epilepsií u dětí. Léčba epilepsie byla poprvé zmíněna již Hippocratem v 5. století př. n. l., kdy podle jeho spisů vyléčil dospělého muže díky úplnému omezení přísunu potravy a tekutin. Půst byl popsán jako limitace každé substance, kterou člověk konzumuje (zelenina, maso, minerály apod.) Půst byl uznáván jako léčba mnohých onemocnění po několik stovek let. O pět století později byl v biblických dobách dokumentován půst jako léčba epileptických záchvatů. V citátu Bible Jakuba Marka se vypráví příběh o Ježíšově léčbě chlapce s epilepsií (Huisjen 2000; Ledvina, Stoklasová a Cerman 2004).

### 6.2 Epilepsie

Epilepsie je chronické neurologické onemocnění, kterým trpí na světě okolo 50 milionů lidí (World Health Organization 2018). Epilepsie je definována jako opakovaný výskyt neprovokovaných epileptických záchvatů. Epileptickým záchvatem se rozumí náhlá a přechodná porucha chování, emocí, sensorických, motorických či autonomních funkcí, která je způsobena dysfunkcí podmíněnou excesivními výboji mozkových neuronů (Bušek 2013). Existuje více možných příčin tohoto onemocnění, mezi nejčastější však patří vrozené vývojové vady a genetické dispozice. Toto onemocnění je možné si přivodit, a to například poraněním mozku, cévní mozkovou příhodou, alkoholismem či důsledkem nádorového onemocnění (World Health Organization 2018).

Při stanovování diagnózy je potřeba postupovat obezřetně, epilepsie není jen jedna a označuje se tak celá skupina nemocí. Může také dojít k záměně za jiné onemocnění. Ke stanovení diagnózy je potřeba pozitivní průkaz epileptických záchvatů, provádí se EEG vyšetření a zobrazovací vyšetření, standardně magnetická rezonance (Bušek 2013).

#### 6.2.1 Léčba rezistentní epilepsie

I přes velké pokroky v léčbě epilepsie za poslední roky, zůstává až 30 % pacientů rezistentních vůči antiepileptikům. V tomto případě se v posledních letech doporučuje užívání ketogenní diety, která je v tomto odvětví využívána již od 20. let minulého století. Její účinnost je v tomto směru benefiční. To je podloženo a prokázáno v mnoha klinických studiích. Naprostá většina pacientů dietu dobře a dlouhodobě toleruje. Příznivý vliv ketodiety nebyl dosud dostatečně objasněn, ale pravděpodobně půjde o proces, který se liší od efektu antiepileptik. Vysoká koncentrace ketolátek a metabolická acidóza se podílí na

antikonvulzivním působení, stejně tak i vysoká aktivita a funkčnost mitochondrií (Kossoff EH & McGrogan JR 2005).

Ketodieta může samozřejmě být i kontraindikací, a to v případě onemocnění s poruchou transportu či oxidace mastných kyselin. Nehodí se tedy pro každého pacienta a je důležité důkladně zvážit, zda zdravotní stav pacienta není absolutní kontraindikací ketodiety. Mezi metabolická onemocnění, která mohou být letální při nedokonalém vyšetření, patří: porfyrie, primární deficit karnitinu, poruchy beta-oxidace MK a další. Jelikož dieta může být náročná, je důležitá spolupráce pacienta a v případě dětí spolupráce rodiny (Kossoff EH & McGrogan JR 2005).

Po nasazení ketogenní diety se obvykle výsledky projeví již po dvou týdnech. U některých pacientů to může trvat delší dobu, ale léčba by se neměla ukončit dřív, než za 3 měsíce, kdy už by mělo být možné zhodnotit její přínos. Většinou se dieta drží dva roky (Kossoff EH & McGrogan JR 2005).

Ketogenní dieta je dobře tolerovaný způsob farmakorezistentní epilepsie jak u dětí, tak u dospělých. Měla by se zvážit u všech pacientů s rezistencí vůči epileptikům, kteří nejsou vhodnými kandidáty k epileptikochirurgické léčbě (Brožová a Hadač 2013).

### **6.3 Ketodieta jako alternativa léčby rakoviny**

Maligní rakovina mozku přetrvává v přední příčkách úmrtí na tuto nemoc. Neschopnost uznat rakovinu mozku jako poruchu energetického metabolismu přispívá k jejímu šíření. Dokud budou mít buňky zhoubného nádoru přístup ke glukóze a glutaminu, bude nemoc postupovat. Současný standardní systém léčby tomu přispívá a neomezuje konzumaci glukózy. Nízkosacharidová dieta s vysokým obsahem tuku se zaměřuje na poskytování glukózy tělu a pokud se podává pečlivě, sníží kalorický příjem a cirkulující hladiny glukózy. Při výzkumu na myších se zhoubným nádorem mozku, byla hodnocena jako antiinvazivní, antiangiogenní, protizánětlivá a proapoptická. Terapeutická účinnost omezené ketodiety může být zvýšena léky. Terapeutická účinnost omezené ketogenní diety byla také pozorována na lidech. Může být tak účinnou netoxickou, terapeutickou alternativou k současnému standardu péče o inhibici růstu a invazivních vlastností zhoubného karcinomu mozku. (Thomas et. al. 2012; Seyfried et al. 2012)

### **6.4 Ketogenní dieta v léčbě diabetes mellitus**

#### **6.4.1 Ketoacidóza**

Při absolutním deficitu inzulínu dochází k masivnímu uvolňování mastných kyselin z tukových zásob, které se v játrech mění na velké množství ketolátů, dochází k acidóze (Krejci et al. 2018). Ketoacidóza zhoršuje vylučování urátů a navozuje hyperurikémii. Některé studie poukazují na to, že u některých jedinců, kteří konzumovali nízkosacharidovou stravu, byl zaznamenán výraznější pokles triacylglycerolu a vzestup HDL cholesterolu (Astrup et al. 2004, Volek et al. 2003, Stern et al. 2004). Nízký příjem sacharidů dehydratuje organismus

z důvodu vyčerpání glykogenových zásob. Nízkosacharidová dieta tedy nefunguje pro dlouhodobé režimy a je také nevhodná pro osoby s hyperlipidemií, diabetem a dalšími metabolickými nemocemi (Brehm et al. 2005).

Ketóza, kterou způsobuje hladovění nebo ketogenická dieta není stejná jako ketoacidóza, která se vyskytuje u pacientů s *diabetes mellitus*. Ketodieta a s ní doprovázená ketóza není nebezpečná. Mnoho lékařů může být zmateno, pokud se bavíme o ketóze, a to na základě jejich znalostí o diabetické ketoacidóze. Často je ketóza chybně určována za patologický stav (Freeman et Kossoff 2010). Ketóza je však lidský mechanismus, který slouží k přežití a je rozdílný od patologického stavu, který je spojovaný s diabetem a znám jako ketoacidóza.

#### 6.4.2 Spouštěcí mechanismus ketózy

Ketóza je mechanismus přežití při dlouhodobém hladovění nebo nedostatku sacharidů v těle. Metabolismus tuků a jejich vedlejší produkty – ketolátky jsou esenciálními pro přežití jak člověka, tak i zvířat. Lidé se dřív dělili na sběrače a lovce a pro další příjem energie tedy záleželo na tom, zda byl lov úspěšný. Do té doby využívali svůj uložený tuk jako energii pro své tělo (Veech et al. 2001; Phinney 2004; Veech 2004). Když člověk objevil zemědělství, stalo se obilí jeho stabilním přísunem živin, tudíž převážně sacharidů a možná kvůli této změně výživy, přestal být tuk, jako primární zdroj energie, využíván. Pokud ale nastane proces hladovění, primární zdroj energie tělo bere ze sacharidové rezervy v podobě glykogenu. Glykogen slouží tělu jako rezerva pouze 12-14 hodin (Phinney 2004). Během delšího půstu nebo hladovění, se stává hlavním zdrojem energie tuk, uložený v tukových tkáních. Tento tělesný tuk je v játrech snadno metabolizován na ketolátky a tyto snadno rozpustitelné sloučeniny ve vodě získávají jednoduchý přístup do centrálního nervového systému. Jednotlivci s normální hmotností mohou přežít dva měsíce a obézní jedinci dokonce celý rok, pouze na uloženém tuku spalovaném na ketolátky (Freeman & Kossoff 2010). Nutriční ketóza tedy nemá nic společného s diabetickou ketoacidózou, která je závažnou komplikací především dekompenzovaného diabetes mellitus 1. typu. Při nutriční ketóze je tvorba ketolátek regulovaná a přiměřená, hladina  $\beta$ -hydroxybutyrátu se pohybuje v jednotkách mmol/l (asi 0,5–5 mmol/l). Doporovodná ketóza je tedy v kontrastu s ketoacidózou u pacientů s *diabetes mellitus* (Krejci et al. 2018).

Jsou k nalezení různé zdroje, které uvádějí, že nízkosacharidové diety, kam patří i KD, mohou způsobovat ketoacidózu. Většina těchto zdrojů je již staršího data a na základě argumentů z novějších vědeckých článků je přikláněno, že vznik ketoacidózy u člověka užívajícího ketodietu je nepravdivý. (Veech et al. 2001; Phinney 2004; Veech 2004; Krejci et al. 2018).



## 7 Výživa a složky potravy

Již bylo několikrát v práci zmíněno, že je nutné značně omezit sacharidy ve stravě. Potraviny vhodné k nízkosacharidové dietě dle Chocenské (2005) budou zmíněny v této kapitole.

Tuky – rostlinné oleje, máslo, sádlo, škvarky, špek, smetana (33 % tuku), rybí tuk, majonéza, vypečený tuk, burákové máslo (Chocenská 2005; Récová 2011).

Bílkoviny – maso, vejce, ryba, šunka, tvrdé sýry např. Parmezán, tavené sýry s vyšším obsahem tuku (Chocenská 2005; Récová 2011).

Zelenina – hlávkový i ledodvý salát, zelí, špenát, čekanka, zelí, kapusta, okurka, lilek, cuketa, mrkev, celer, avokádo, brokolice, květák, rajčata, olivy, houby, mungo klíčky (Chocenská 2005; Récová 2011).

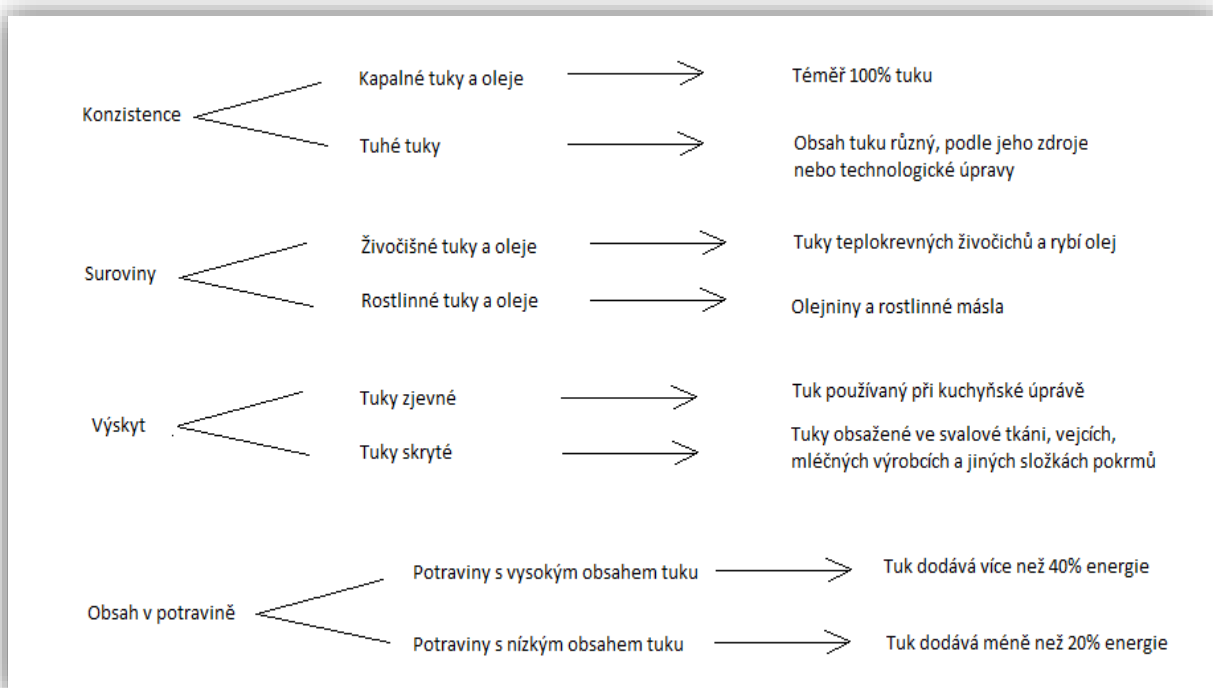
Ovoce – jablka, maliny, rybíz, jahody, meruňky, broskve, angrešt, borůvky, třešně, švestky, meloun. (Chocenská 2005; Récová 2011).

Nápoje – voda, neslazený čaj (Chocenská 2005; Récová 2011).

Umělá sladidla – aspartam, sacharin, cyklamát (Chocenská 2005; Récová 2011).

### 7.1 Rozdělení tuků

Z hlediska výživy, můžeme lipidy rozdělit na 4 skupiny a to podle: konzistence, podle suroviny, z níž se získávají, podle výskytu a podle obsahu v potravině.



Obr. 7 Rozdělení tuků v oblasti potravin (Pánek a kol. 2012)

### 7.1.1 Použití tuků

Použití tuků pro kuchyňské účely by se mělo lišit způsobem úpravy pokrmu, tedy je vhodné používat tuky s odlišným složením mastných kyselin a doprovodných látek. Mezi všeobecně známá fakta patří nízký obsah trans-nenasycených mastných kyselin a nízký obsah cholesterolu (Pánek a kol. 2012).

Pokud bychom měli více specifikovat, je všeobecně známo, že máme dva druhy vitamínů. Jedna skupina je rozpustná ve vodě a druhá v tucích. Vitamíny, které se řadí do druhé skupiny se nazývají vitamíny A, D, E, K. Při konzumaci studených pokrmů s vysokým obsahem vitamínů, například salátů, podpoříme vstřebatelnost přidáním kvalitních rostlinných olejů. Rostlinné oleje by měly mít nízký obsah nasycených mastných kyselin a vysoký obsah polyenových mastných kyselin. Většinou se tedy volí oleje lisované za studena, které neprošly rafinací, nebyly tak zbaveny chuti a dalších látek. Záleží na preferencích konzumujícího. Mezi standardně používané patří olivový olej, řepkový olej anebo exotičtější avokádový či sezamový (Pánek a kol. 2012).

## 7.2 Potraviny a pokrmy při ketodietě

Ať se to na první pohled může zdát složité, pokrmů, které splňují pravidla pro účinný průběh ketogenní diety se dá vymyslet mnoho. Je zde uvedeno pár příkladů pokrmů, které jsou čerpány z knihy „Ketodieta pro začátečníky“ od Amy Ramos, kde jsou i recepty, jak pokrmy připravit.

Snídaně: Granola z ořechové směsi, Smoothie z burákového másla, Zapékaná mísa, Vejce s avokádem (Ramos 2018).

Svačina: Ořechové cookies z lineckého těsta, Kuřecí závin s avokádem a hlávkovým salátem, Šlehaná pěna z burákového másla, křehké parmazánové sušenky (Ramos 2018).

Oběd: Květáková polévka s čedarem, Salát BLT, Vepřová pečeně s omáčkou z hrubozrné hořčice, Krůtí sekaná (Ramos 2018).

Večeře: Pečená treska s kokosem a růžičkovou kapustou, Jehněčí kýta s pestem z rajčat sušených na slunci, Krůtí sekaná a smetanový špenát, Kuřecí karbanátky se slaninou (Ramos 2018).

## 7.3 Stravování mimo domov

Odolávat kulinářským potěšením v pohodlí domova je pro mnohé snadné, ale odolat lákání vnějších vlivů už může být náročnější. Zde jsou tipy, které by mohly ulehčit průběh diety (Ramos 2018).

K snídani je nutné vynechat pečivo, palačinky, toasty apod. Ideální je si zvolit omeletu s masným výrobkem. Oběd může být salát s velkou porcí masa, například Caesar. Vynechat těstoviny a pizzu je zásadní. Alternativa by měla být objednat si jídla na bázi bílkovin a místo přílohy zvolit salát (Ramos 2018).

Přílohy jako jsou hranolky, brambory, rýže, fazole atd. lze nahradit chřestem, brokolicí, fazolovými lusky nebo jinou zeleninou s nízkým obsahem sacharidů.

Jako nápoj lze využít limonády s umělými sladidly, vodu nebo čaj. Pivo může být alternativa jedině, že by v restauraci měli nízkosacharidová piva typu Modelo, která mají 3-4 g sacharidů na láhev. Jako alternativu může sloužit suché víno, které má okolo 3 g na skleničku (Ramos 2018).

## **8 Shrnutí pozitiv a negativ ketogenní diety**

### **8.1 Pozitiva**

Ketogenní strava je cenným terapeutickým přístupem k léčbě epilepsie a tento přístup se využívá zejména u dětské věkové skupiny. I když mechanismus, kterým dieta chrání před záchvaty, není znám, existují důkazy, že způsobuje účinky na meziproductový metabolismus. Ten ovlivňuje dynamiku hlavních inhibičních a excitačních neurotransmitterových systémů v mozku. Schéma ochrany ketogenní stravy na zvířecích modelech záchvatů je odlišné od vzorce jiných antikonvulziv, což naznačuje, že má jedinečný mechanismus účinku. (Freeman et Kossoff 2010)

Během konzumace této diety s vysokým příjmem lipidů a proteinů dochází k výrazným změnám v energetickém metabolismu mozku, přičemž právě již zmíněné ketolátky částečně nahrazují glukózu jako formu energie pro tělo (Hartman et al. 2007).

Léčba ketodietou se většinou ukončuje po dvou letech, ale může se ukončit i dříve. Stále není prokázáno, jak velký je rozdíl mezi vysazením diety po několika týdnech nebo po několika měsících až letech. Studie ale ukazují, že rozdíl je minimální. Pozitivum je v tomto případě stejné a to, že u většiny pacientů trvá efekt ketogenní diety i po jejím vysazení (Brožová & Hadač 2013).

Ketodietu při správném držení snižuje hmotnost obézních jedinců. Schopnost splnit určité hmotnostní cíle daných pacientů je relativně rychlá a při správném užívání nenastává po ukončení procedury návrat do obezity. Jelikož je to strava bohatá na tuky, tak je doprovázena velkým pocitem sytosti, což má za výsledek nižší konzumaci potravin, která má za následek úbytek hmotnosti (Atkins 2000).

Studie, která zkoumala u dvaceti mužů po dobu 6 týdnů účinky ketogenní diety, došla k závěru, že ketogenní dieta má pozitivní vliv na rizikové faktory kardiovaskulárních onemocnění, a to především snížením především snížením LDL cholesterolu. (Sharman et al. 2002)

Vliv výživy na pokožku je předmětem mnoha studií. Jedna z těchto studií je zaměřena na roli sacharidů v rozvoji akné. Dle výsledků lze konstatovat, že fyziologické a biochemické účinky ketogenní stravy mohou přispívat ke zmírnění projevů akné (Paoli et. Al. 2012).

## 8.2 Negativa

Jako každá terapie i ketogenní dieta má své nežádoucí účinky. Mezi nejčastější patří gastrointestinální obtíže (obstipace, emesis, abdomenalgie), které postihují přibližně polovinu pacientů. Tyto obtíže se následně upravují a poté už bývají zaznamenány pozitivní změny (Horák 2019).

Časté vedlejší účinky se projevují zejména na začátku léčby, ale po určité úpravě diety vymizí. Převážně se jedná o gastrointestinální příznaky (nauzea, emesis), hypoglykemie, metabolická acidóza, ospalost, dehydratace nebo anorexie. Z pozdních vedlejších účinků je třeba zmínit nefrolitiázu, obstipaci, hypercholesteremii a zpomalení růstmu. Ve vzácných případech může dojít k pankreatitidě, osteoporóze, hyponatremii, hypokalcemii nebo anemii a leukopenii. (Brožová & Hadač 2013).

V souvislosti s tímto stravovacím směrem jsou často zmiňována některá rizika. Jedním z těch, na která bývá upozorňováno, je nedostatek vlákniny (Hlavatá 2016).

Když se zaměříme na sportovce, ve svém výzkumu (J Physiol 2017) udává, že při tří týdenním intenzivním tréninku a mírném energetickém deficitu, se u elitních závodních chodců zvýšila aerobní kapacita. Aerobní kapacita nám udává, jaká část maximální spotřeby kyslíku je spotřebována při aerobním způsobu úhrady energie. V praxi to znamená, že délka práce v setrvalém stavu, je bez významného kumulování kyseliny mléčné ve svalech. Jak je nám již známo, i z tohoto výzkumu vyplynulo, že adaptace na ketogenní dietu výrazně zvýšila rychlost oxidace tuku v celém těle během cvičení. Na rozdíl od tréninků, při závodech a vytrvalostních závodech, adaptace na nízkosacharidovou stravu zhoršuje výkon, a to i přes výrazné zlepšení aerobní kapacity (Burke et al. 2017).

Dle různých zdrojů, byla ketogenní dieta určena jako dieta nutričně neplnohodnotná, zvláště u pacientů s neurologickým onemocněním. Musí se tak dieta nastavit individuálně a být doplněna o minerály, vitamíny a stopové prvky (Brožová & Hadač 2013).

Další velké mínus pro většinu společnosti je nemalé omezení v konzumaci jídel, se kterými se setkáváme v běžném životě. Je velmi složité si vybrat jídlo v restauraci, občas i nemožné a člověk si musí plánovat a neustále hlídat své příští kroky. Velmi se ztenčí spektrum pokrmů a pochutin. Dotyčný si musí odepřít sladkosti, alkohol, pečivo, těstoviny apod. To je pro mnoho lidí nereálná představa. Vůle osoby držící tuto speciální stravu musí být neoblomná (Ramos 2018).

V roce 2000 byla zahájena studie, která zkoumala výskyt ledvinových kamenů u dětí s nevléčitelnou epilepsií. Zhruba u 6 % dětí se ledvinové kameny vyvinuly. Pokud se použije preventivně v léčbě citrát draselný a doba ketogenní stravy se prodlouží, nejsou identifikovány žádné významné rizikové faktory. (Samphat et al. 2007)

## 8.3 Názor odborníků

Komerční ketodiety, určené k redukci hmotnosti, nejsou dle odborníků dlouhodobě únosné a necílí na základní problém spojený s nadváhou či obezitou, kterým je obvykle nedostatek pohybové aktivity a špatné stravovací návyky. Využití komerčních ketodiet k

redukci hmotnosti sice může přinést výsledky, hrozí ale jojo efekt po přechodu zpět na normální stravu. Ketodieta by měla být vyhrazena pro obézní jedince. Z praktického hlediska je možné využít komerční ketodietu k rychlé redukci hmotnosti před operací (Hlavatá 2016).

V souvislosti s ketogenní variantou nízkosacharidové stravy zmiňuje Pláteník (2017) možný úbytek svalové hmoty v důsledku nižších hladin inzulínu. Hlavním stimulem pro jeho vyplavování je totiž glukóza. Není však jediná. Uplatňují se i některé aminokyseliny a další látky, dodává Piňhová (2010). Nedostatkem nízkosacharidové stravy, který by neměl být opomenut, je absence dlouhodobých dat o její bezpečnosti a nežádoucích účincích (Krejčí a kol. 2018).

## 9 Reklamní obraz ketodiety

V nikdy nekončícím moři diet se člověk může velice špatně orientovat. Mnoho lidí si například po dá do nového roku předsevzetí, že budou držet dietu, ale málokdo již toto rozhodnutí konzultuje s odborníkem. Když zadáte do vyhledávače diety na hubnutí, prohlížeč doporučí celou škálu firem, které zprostředkovávají produkty na hubnutí. Z velké většiny jsou to ketodiety, ale nic není tak, jak se na první pohled může zdát. Většinou tyto diety slibují, že zhubnete rychle, snadno, přirozeně a s chutí. Bohužel to ale není tak idylické, jak se na první pohled může zdát (Avramopulu 2018; Kunová 2019).

### 9.1 Výživové preparáty

Když se zaměříme na ketodiety podávané ve formě prášků, koktejlů, omelet a polévek, se skutečnou podstatou ketogenní diety to nemá mnoho společného. Balíčky se skládají výhradně z instantních produktů. Tento jídelníček už z podstaty není vhodný ani přirozený (Avramopulu 2018; Kunová 2019).

Ketoprodukty bývají zatíženy umělými barvivy, aromaty, konzervanty a vysokým obsahem soli. Z toho vyplývá, že kampaň společnosti *KetoDiet*, která tvrdí že proteinová dieta *KetoDiet* vede ke zcela přirozenému spalování uložených tuků, je zavádějící (Kunová 2019).

Společnost Ketofit uvádí: „*my ale hledáme cestu, jak zhubnout 5 kg za týden nebo alespoň 3.*“ (Ketofit 2021). Podle Kunové (2019) se s vyřazením sacharidů ze stravy a dosažením energetického deficitu redukuje glykogen ve svalech a játrech. Tělo se tím zbavuje vody a minerálů. Na začátku ketogenní diety je tedy úbytek váhy velmi rychlý, ale pokud nejde o vyváženou stravu, tělo se začne zbavovat nejříve vody a svalstva (Kunová 2019). Vzhledem ke známému faktu, že 1 g tuku je 9 kcal, tak 1 kg tuku představuje 9000 kcal, přepočteno na kJ 38 000. Celkový energetický výdej člověka během normálních denních aktivit je okolo 7600–12 600 kJ/den (Bernaciková 2012). Z toho vyplývá, že nelze zhubnout při vyvážené ketogenní dietě 5 kg tuku za týden.

Výše zmíněné společnosti uvádí, že redukce hmotnosti bude snadná a bez počítání. To opravdu nelze vyvrátit. Problém tohoto bude spočívat v tom, že po ukončení programu klient nerozumí problematice stravování a nemá zdravé návyky, které ho dovedly k výsledkům. Zde je velké riziko, že po návratu zpět ke stejným stravovacím návykům před onou dietou se klient vrátí k původní hmotnosti (Kunová 2019).

Informace na webových stránkách zmíněných společností nemusí být lživé, ale mohou být nepřesné či zavádějící. Jak bylo již zmiňováno, produkty v prášku nemůžou zcela nahradit plnohodnotnou stravu.

## 10 Závěr

Závěrem této práce není na škodu znovu zopakovat, že dieta je individuální, ale jak bylo výše zmíněno, tak má i svoje pevné místo ve zdravotnictví. Může sloužit jako věrný pomocník při redukci hmotnosti. I přes momentální popularitu, byla ketogenní dieta používána už začátkem 20. století našeho letopočtu. Lze též konstatovat, že aplikace ketogenní diety se ukázala jako účinná terapeurická pomůcka při léčbě epilepsie. Při její přerušované formě může být účinnou netoxickou, terapeutickou alternativou k současnému standardu péče o inhibici růstu a invazivních vlastností zhoubného karcinomu mozku. Ketogenní dietu lze užívat i rekreačně, ale jako jistá daň je nemalé omezení spektra požitelných potravin pro udržení chodu diety. Adaptace na ketózu by mohla přivodit nežádoucí účinky, gastrointestinální příznaky, ospalost aj. U malé části jedinců je i tato adaptace nemožná.

V případě, že tělo přešlo do stavu ketózy, nastaly výrazné změny v energetickém metabolismu v mozku. To mohlo mít benefiční účinky na daného jedince jako například stabilní přísun energie, lepší soustředění či více energie. Při aplikaci na ketogenní dietu, lze při správném držení dosáhnout rychlého výsledku v dosažení hmotnostních cílů a po ukončení procedury nenastává rychlý návrat do obezity.

Při cyklické ketogenní dietě je kladena velká zátěž na tělo jedince. Pro vrcholového sportovce je to dieta velmi náročná. Vyžaduje kvalitní znalosti o výživě a přípravě pokrmů. Proces přechodu do stavu spalování lipidů jako primární energie je náročný.

Ketogenní diety mají nejen různé názvy, ale také formy. Dle většiny odborníků lze konstatovat, že komerční ketogenní diety, ve formě suplementů, instantních jídel a prášků, která byly aplikovány, nejsou dlouhodobě udržitelné a necílí na základní problém například s obezitou či zdravotními komplikacemi. Tato forma diety je zvolena za účelem rychlé redukce váhy a po dokončení programu, je velmi pravděpodobný rychlý návrat k původní hmotnosti.

## 11 Literatura

- 1) Astrup A, Larsen TM, Harper A. Atkins and other low-carbohydrate diets: hoax or an effective tool for weight loss? *Lancet*. 2004. Sv. 364(9437), str. 897–9
- 2) ATKINS, Robert C., 2000. Nová revoluční dieta doktora Atkinse. Praha: Columbus. 369 s. ISBN 80-7249-050-8.
- 3) Avramopulu M., Vím, co jím. Zkusit, nebo nezkusit? Výhody a rizika hubnutí ketodietou. 2018. Dostupné z: [https://www.vimcojim.cz/magazin/clanky/o-zdravi/Zkusit,-nebo-nezkusit-Vyhody-a-rizika-hubnuti-ketodietou\\_s10012x11066.html](https://www.vimcojim.cz/magazin/clanky/o-zdravi/Zkusit,-nebo-nezkusit-Vyhody-a-rizika-hubnuti-ketodietou_s10012x11066.html)
- 4) Barzegar, M., Afghan, M., Tarmahi, V., Behtari, M., Rahimi Khamaneh, S., & Raeisi, S. (2019, June 26). Ketogenic diet: Overview, types, and possible anti-seizure mechanisms. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/31241011>
- 5) Bernaciková, M. Fyziologie [online]. Brno: Masarykova univerzita, 2012 ISBN 978-80-210-5841-5. Dostupné z: 978-80-210-5841-5.
- 6) Branco, A. F., Ferreira, A., Simões, R. F., Magalhães-Novais, S., Zehowski, C., Cope, E., Cunha-Oliveira, T. (2016, March). Ketogenic diets: From cancer to mitochondrial diseases and beyond. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26782788>
- 7) Bravata DM, Sanders L, Huang J, Krumholz HM, Olkin I, Gardner CD, Bravata DM. Efficacy and safety of low-carbohydrate diets: a systematic review. *JAMA*. 2003. Sv. 289(14), str. 1837– 50.
- 8) Brehm BJ, Seeley RJ, Daniels SR, D'Alessio DA. A randomized trial comparing a very low carbohydrate diet and a calorie-restricted low fat diet on body weight and cardiovascular risk factors in healthy women. *J Clin Endocrinol Metab*. 2003. Sv. 88(4), str. 1617–23.
- 9) Brožová K, Hadač J. Ketogenní dieta. *Neurologie pro praxi* 2013; 14(2): 89-91.
- 10) Břížďala, Jan. *Organická chemie pro gymnázia*. 1. vydán. Praha, 2020. ISBN: 9788027081615
- 11) Burke, L. M., Ross, M. L., Garvican-Lewis, L. A., Welvaert, M., Heikura, I. A., Forbes, S. G., Mirtschin, J. G., Cato, L. E., Strobel, N., Sharma, A. P., & Hawley, J. A. (2017). Low carbohydrate, high fat diet impairs exercise economy and negates the performance benefit from intensified training in elite race walkers. *The Journal of physiology*, 595(9), 2785–2807. <https://doi.org/10.1113/JP273230>



- 12) Bušek, P. (2013). Epilepsie. *Medicína pro praxi*, 10(3), 111-114.
- 13) Foster GD, Wyatt HR, Hill JO, McGuckin BG, Brill C, Mohammed BS, Szapary PO, Rader DJ, Edman JS, Klein S. A randomized trial of a low-carbohydrate diet for obesity. *N Engl J Med*. 2003. Sv. 348(21), str. 2082–90.
- 14) Freeman, J. M., Kossoff, E. H. 2010. Ketosis and the Ketogenic Diet, 2010: Advances in Treating Epilepsy and Other Disorders. *Advances in Pediatrics*.
- 15) Grofova, Z. 2010. Mastné kyseliny. *Medicína pro praxi*. 7 (8). 388–390. Dostupné z: <https://www.medicinapropraxi.cz/artkey/med-201008-0010.php>
- 16) Hartman, A. L. aj. The Neuropharmacology of the Ketogenic Diet. *Pediatric Neurology*, 2007, roč. 36, č. 5, s. 281 – 292.
- 17) Horák, Ondřej. Ketogenic diet – effective treatment of childhood and adolescent epilepsies. *Česká a slovenská neurologie a neurochirurgie* [online]. 2019, **82/115**(1), 8-14 [cit. 2020-12-28]. ISSN 12107859.
- 18) Huisjen D. (2000) Today's parallel bible. Zondervan Corp., Grand Rapids, MI ; Mark 9:14–29, 2306–2308.
- 19) Chocenská, E. *Ketogenní dieta. Průvodce a rádce*. Nutricia, 2005. 80 s.
- 20) Janíčková T. 2020. Trendy v české tradici stravování [BSc. Thesis]. Filozofická fakulta Univerzity Karlovy v Praze, Praha.
- 21) Johnstone, A. M., Horgan, G. W., Murison, S. D., Bremner, D. M., & Lobley, G. E. (2008, January). Effects of a high-protein ketogenic diet on hunger, appetite, and weight loss in obese men feeding ad libitum. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18175736>
- 22) Ketofit, 2021, Jak zhubnout za týden. Dostupné z: <https://www.ketofit.cz/jak-zhubnout-za-tyden>
- 23) Kossoff EH, McGrogan JR 2005. Worldwide use of the ketogenic diet. *Epilepsia*.
- 24) Kossoff, E. H., Zupec-Kania, B. A., Amark, P. E., Ballaban-Gil, K. R., Christina Bergqvist, A. G., Blackford, R., International Ketogenic Diet Study Group. (2009, February). Optimal clinical management of children receiving the ketogenic diet: Recommendations of the International Ketogenic Diet Study Group. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18823325/>

- 25) Krejčí, H., Vyjidak, J., Kohutiar, M. 2018. Nizkosacharidova strava v lečbě diabetes mellitus. *Vnitřní Lékařství*. 64 (7). 742–752. Retrieved from <https://casopisvnitrnilekarstvi.cz/artkey/vnl-201807-0007.php>
- 26) Kunová V., Co vám o ketodietách nikdo neřekne. 2019. Dostupné z: <https://www.rozumnehubnuti.cz/co-vam-o-ketodietach-nikdo-nerekne/>
- 27) Ledvina, M. Stoklasová, A. Cerman, J. *Biochemie pro studující medicíny I. díl*. Praha: Karolinum, 2004. 562 s. ISBN 80-246-0849-9
- 28) Levy RG, Cooper PN, Giri P, Weston J. Ketogenic diet and other dietary treatments for epilepsy. *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2012, Issue 3. Art. No.: CD001903. DOI: 10.1002/14651858.CD001903.pub2.
- 29) Loskot P. 2014. Nejlepší dieta k redukci hmotnosti. [BSc. Thesis] Masarykova univerzita v Brně, Brno
- 30) MASINO, Susan. *Ketogenic diet and metabolic therapies: expanded roles in health and disease*. New York, NY, United States of America: Oxford University Press, [2017]. ISBN 978-0190497996.
- 31) Mathews, Ch. K., van Holde K. E. Ahern, K. G., *Biochemistry*, 3. vydání, San Francisco, Benjamin. Cummings, 1999, 1186 s., ISBN 978-0805330663
- 32) Okénková E. 2006. Vliv rafinace na kvalitativní parametry a stabilitu rostlinných olejů lisovaných za studena [MSc. Thesis] Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Zlín.
- 33) Pánek, J., Pokorný J. a Dostálová J. *Základy výživy a výživová politika*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2012. ISBN 978-80-7080-468-1
- 34) Paoli A, Grimaldi K, Toniolo L, Canato M, Bianco A, Fratter A. Nutrition and acne: therapeutic potential of ketogenic diets. *Skin Pharmacol Physiol*. 2012;25(3):111-7. doi: 10.1159/000336404. Epub 2012 Feb 11. PMID: 22327146.
- 35) Paoli, Antonio, Bianco, Antonino, Damiani, Bosco, & Gerardo. (2014, July 03). *Ketogenic Diet in Neuromuscular and Neurodegenerative Diseases*. Retrieved from <https://www.hindawi.com/journals/bmri/2014/474296/>
- 36) Phinney SD. Ketogenic diets and physical performance. *Nutr Metab (Lond)* 2004;1:2.
- 37) Phinney, S. D. 2004. Ketogenic diets and physical performance. *Nutrition and Metabolism*.

- 38) Pláteník, Jan, 2017. Paleo dieta jako prevence metabolického syndromu - pohled biochemika. Atherosklerosa. Praha: Společnost patologické a klinické fyziologie ČLS JEP, Sekce pro atherosklerosu: IV. interní klinika 1. LF UK, s. 51-54. ISBN 978-89-905595-4-7.
- 39) Pokorný J.: Tuky a jiné lipidy. V knize: Pánek Velíšek, J. 2002. Chemie potravin díl 1, kap. 3, str 107-162, Tábor 2002, ISBN: 9788086659008 + Filip V.: Technologie olejů, tuků, detergentů a kosmetiky. V knize: Co byste měli vědět o výrobě potravin? Technologie potravin (Kadlec P., Melzoch K., Voldřich M., ed.), kap. 5, str. 295-316, KEY Publishing s.r.o., Praha 2009.
- 40) RAMOS, Amy. *Keteodieta pro začátečníky: nepostradatelný průvodce keto životním stylem*. Přeložil Zdeněk HAŠTABA. Praha: Dobrovský, [2018]. Via. ISBN 978-80-7585-156-7.
- 41) Recová I. 2011. Ketogenní dieta. [BSc. Thesis] Masarykova univerzita v Brně, Brno
- 42) Řezáčová, Martina a Alena STOKLASOVÁ. *Základy biochemie lidského organismu*. Praha: Karolinum, 2008. ISBN 978-80-246-1510-3.
- 43) Sampath A, Kossoff EH, Furth SL, Pyzik PL, Vining EP. Kidney stones and the ketogenic diet: risk factors and prevention. *J Child Neurol.* 2007 Apr;22(4):375-8. doi: 10.1177/0883073807301926. PMID: 17621514.
- 44) Seyfried, TNMarsh, JShelton, LMHuysentruyt, LCMukherjee, Purna Mukherjeels. Is the restricted ketogenic diet a viable alternative to the standard of care for managing malignant brain cancer? [2012] Online dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.eplepsyres.2011.06.017>
- 45) Sharman MJ, Kraemer WJ, Love DM, Avery NG, Gómez AL, Scheett TP, Volek JS. A ketogenic diet favorably affects serum biomarkers for cardiovascular disease in normal-weight men. *J Nutr.* 2002 Jul;132(7):1879-85. doi: 10.1093/jn/132.7.1879. PMID: 12097663.
- 46) Streblová, E 2013, Souhrnné Texty Z Chemie Pro Přípravu K Přijímacím Zkouškám II, Karolinum Press, Prague. Available from: ProQuest Ebook Central. [30 December 2020].
- 47) Šícho, Vladislav, VODRÁŽKA, Zdeněk a KRÁLOVÁ, Blanka. *Potravinářská biochemie*. Praha: SNTL, 1981. s. 55. Dostupné také z: <https://ndk.cz/uuid/uuid:d028e6e0-63ec-11e3-ae93-001018b5eb5c>
- 48) Teplá M. studiumbiochemie.cz, 2013 dostupné z: [http://www.studiumbiochemie.cz/metabolismus\\_lipidy.html](http://www.studiumbiochemie.cz/metabolismus_lipidy.html)

- 49) Thomas N. Seyfried, Jeremy Marsh, Laura M. Shelton, Leanne C. Huysentruyt, Purna Mukherjee, 2012, Pages 310-326 ISSN 0920-1211,. Is the restricted ketogenic diet a viable alternative to the standard of care for managing malignant brain cancer? Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.eplepsyres.2011.06.017>
- 50) Tomandl, Josef a Lékařská fakulta. Základy lékařské chemie a biochemie. Brno: Masarykova univerzita, 2014. s. 165. ISBN 978-80-210-6973-2. Dostupné také z: <https://ndk.cz/uuid/uuid:36f2d1fc-8455-48cf-9b4b-61c7f905af64>
- 51) Veech, R. L. 2004. The therapeutic implications of ketone bodies: The effects of ketone bodies in pathological conditions: Ketosis, ketogenic diet, redox states, insulin resistance, and mitochondrial metabolism. Prostaglandins Leukotrienes and Essential Fatty Acids. doi: 10.1016/j.plefa.2003.09.007.
- 52) Veech, R. L., Chance, B., Kashiwaya, Y., Lardy, H. A., Cahill, G. F. 2001. Ketone bodies, potential therapeutic uses. IUBMB Life. doi: 10.1080/152165401753311780.
- 53) Wajeed, M., Uppaluri, K. 2019. Ketogenic Diet - StatPearls - NCBI Bookshelf. StatPearls Publishing LLC.
- 54) Westman, E. C., Yancy, W. S., Mavropoulos, J. C., Marquart, M., McDuffie, J. R. 2008. The effect of a low-carbohydrate, ketogenic diet versus a low-glycemic index diet on glycemic control in type 2 diabetes mellitus. Nutrition and Metabolism. doi: 10.1186/1743-7075-5-36.
- 55) Wheless, J. W. History of the ketogenic diet. Epilepsia, 2008, roč. 49, č. 8, s. 3 – 5
- 56) World health statistics 2018: monitoring health for the SDGs, sustainable development goals. Geneva: World Health Organization; 2018. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.

