

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra chemie**



**Nejvýznamnější potravinové zdroje lipofilních vitaminů**

**Bakalářská práce**

**Autor práce: Simona Šafránková**

**Vedoucí práce: doc. Ing. Alena Hejtmánková, CSc.**

© 2016 ČZU v Praze

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že předložená bakalářská práce "Nejvýznamnější potravinové zdroje lipofilních vitaminů" je mým původním autorským dílem, které jsem vypracovala samostatně. Veškerou literaturu a další zdroje, ze kterých jsem při zpracování čerpala, v práci řádně cituji a jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

V Praze dne 14. dubna 2016

---

## **Poděkování**

Chtěla bych poděkovat doc. Ing. Aleně Hejtmánkové, CSc. za odborné vedení, za pomoc a rady při zpracování této bakalářské práce.

# Nejvýznamnější potravinové zdroje lipofilních vitaminů

## Souhrn

Základní poznatky o živinách a jejich potřebě by měly být nedílnou součástí vzdělání každého člověka. Mezi nezbytné živiny zajišťující plnohodnotné fungování organismu patří vitaminy. Vitaminy jsou esenciální látky, které mají v lidském organismu významnou úlohu. Hrají důležitou roli při procesech vstřebávání a výměny látek mezi vnějším prostředím a živým organismem. Vzhledem k tomu, že k jejich objevení došlo teprve v průběhu 20. století, výzkumy o jejich účincích na lidský organismus stále probíhají.

Vitaminy jsou rozlišeny do dvou základních skupin – vitaminy rozpustné ve vodě, tzv. hydrofilní (skupina vitaminů B a vitamin C) a vitaminy rozpustné v tucích, tzv. lipofilní (vitamin A, D, E, K).

Vitamin A je důležitý pro zajištění správného vidění a rozeznávání barev. Podporuje růst a kvalitu kostí, a je potřebný pro správný vývoj plodu.

Vyskytuje se v potravinách živočišného původu, jako jsou mléčné výrobky, mléko, maso, a játra. V potravinách rostlinného původu je zastoupen mnoha provitaminy, z nichž nejvýznamnější je  $\beta$ -karoten. Velmi bohatým zdrojem těchto provitaminů jsou listové zeleniny, jako jsou špenát nebo zelí.

Doporučená denní dávka vitaminu A je podle norem České republiky 800  $\mu\text{g}$ . Tato potřeba závisí na pohlaví a věku jedince. Nedostatek vitaminu A způsobuje světloplachost a zhoršené vidění. Nadbytek vitaminu A může být pro organismus toxický. Zajímavé je, že  $\beta$  karoten za toxický považován není.

Vitamin A se řadí mezi labilní vitaminy. Je citlivý na teplo, světlo a kyslík. Ztráty při šetrné přípravě pokrmů a při obvyklých stravovacích zvyklostech činí přibližně 20 %.

Vitamin D tvoří skupina několika biologicky účinných látek, z nichž nejvýznamnější je vitamin D<sub>2</sub> – ergokalciferol – vyskytující se v potravinách rostlinného původu, a vitamin D<sub>3</sub> – cholekalciferol – přítomný v živočišných zdrojích potravin.

Vitamin D se v lidském organismu chová jako hormon, tzn., že vzniká na jednom místě organismu, ale působí v jiné části těla. Zajišťuje příjem a vstřebávání vápníku a fosforu a udržuje jejich rovnováhu. Dále podporuje imunitní systém a může pomoci při léčení lupénky.

Doporučená denní dávka vitamínu D se pohybuje mezi 2,5 – 10 µg. Vyšší potřebu mají těhotné a kojící ženy a také kojenci a děti. Nedostatek vitamínu D porušuje homeostázu vápníku a metabolismus fosfátů. Nadbytek vitamínu D způsobuje hyperkalcémii.

Nejvýznamnější potravinové zdroje vitamínu D jsou játra, olej z rybích jater, tuk mořských ryb, fortifikované margaríny a mléko.

Vitamin D je citlivý na kyslík a světelné záření, skladováním ani přípravou pokrmů není aktivita vitamínu D výrazně ovlivněna.

Vitamin E je významným antioxidantem. Je důležitý pro udržení zdravé buněčné stěny, kůže, svalů, nervů, erytrocytů, srdce a také je potřebný pro správnou funkci krevního oběhu.

Doporučená denní dávka vitamínu E je 8 – 20 mg. Jeho potřeba se zvyšuje při vystavování se slunečnímu záření a škodlivým vlivům, při zvýšené tělesné námaze a při přijímání většího množství nenasycených mastných kyselin. K nedostatku vitamínu E u zdravých lidí v podstatě nedochází, neboť je zastoupen téměř ve všech základních druzích potravin. K hypervitaminóze vitamínu E dochází také jen zřídka, jelikož přijímáním běžné stravy žádné riziko předávkování nehrozí.

Nejvýznamnějším zdrojem vitamínu E jsou rostlinné oleje (slunečnicový a řepkový), ořechy, kukuřice, hrášek, obilné výrobky, tmavě zelená listová zelenina, vejce, játra a vnitřnosti.

Vitamin E je považován za nejstabilnější lipofilní vitamin. Zpracováním potravin dochází jen k minimálním ztrátám tokoferolu, tyto ztráty činí přibližně 10 %.

Vitamin K v lidském organismu podporuje srážlivost krve a společně s vitaminem D se podílí na neustálé tvorbě a přestavbě kostí.

Zdrojem vitamínu K jsou potraviny rostlinného i živočišného původu, např. maso, játra, mléko, zelenina a ovoce. Doporučená denní dávka vitamínu K se pohybuje okolo 0,01 - 0,14 mg. Nižší potřebu příjmu vitamínu K mají kojenci a děti do tří let. Nejčastější příčinou hypovitaminózy vitamínu K je narušení střevní mikroflóry podáváním různých léčiv – např. antibiotik. Příliš vysoké dávky vitamínu K se mohou v organismu hromadit a vést k rozpadu erytrocytů, k poškození jater a u dětí mohou způsobit žloutenku.

O stabilitě vitamínu K doposud není známo mnoho informací. Bylo zjištěno, že se vitamin K rychle rozkládá na světle, ale jeho ztráty při přípravě pokrmů jsou minimální.

**Klíčová slova:** Hypervitaminóza, hypovitaminóza, lipofilní vitamíny, potraviny.

# The most important foods source lipid vitamins

## Summary

Basic piece of knowledge about nutrition and its need should be integral to every man's general knowledge. One of the vital nutrients ensuring a full-functioning organism are vitamins. Vitamins are essential ingredients, which play an important role in the human body and also in the processes of absorption and the exchange of substances between the external environment and living organism. They were discovered recently during the 20th century. The researches on their effects on the human body are still ongoing.

The vitamins are divided into two basic groups – water soluble vitamins, the so called hydrophilic (vitamins B and C) – and fat soluble vitamins, the so called lipophilic (vitamins A, D, E and K).

The vitamin A is important to ensure good vision and recognizing colors. It supports the quality and growth of bones, affects the egg and sperm and is needed for proper fetal development.

Vitamin A is found in foods of animal origin, such as dairy products, milk, meat and liver. In the food of plant origin, the vitamin A is replaced with many provitamins, of which most important is the  $\beta$ -carotene. A very rich source of these provitamins are leafy greens such as spinach or cabbage.

The recommended daily intake of vitamin A is 800  $\mu\text{g}$ , according to the standards of Czech republic. This need depends on the gender and age of each individual. The lack of vitamins A causes photophobia and impaired vision. The excess of vitamin A may be toxic for the organism. The interesting fact is that the  $\beta$ -carotene is not considered to be toxic.

Vitamin A is one of the labile vitamins. It is sensitive to heat, light and oxygen. At a gentle meal preparation and usual diet, the losses are around 20 %.

The vitamin D is consisted of group of several biologically active substances, of which the most important are vitamin D<sub>2</sub> – ergocalciferol, to be found in foods of plant origin, and vitamin D<sub>3</sub> – cholecalciferol, to be found in foods of animal origin.

In the human body, vitamin D acts as a hormone – it is formed at one point of the organism, but affects a different part of the body. The vitamin D ensures the intake and absorption of calcium and phosphorus and maintain their balance. It supports the immune system and may help in the psoriasis treatment.

The recommended daily intake of vitamin D is about 2,5 – 10 µg. Pregnant and lactating women have a greater need for it, as well as infants and children. The lack of vitamin D disturbs the homeostasis of calcium and phosphate metabolism. The excess of vitamin D causes hypercalcaemia.

The most important foods source of vitamin D are liver, oil from fish liver, oil sea fish, fortified margarine and milk.

Vitamin D is sensitive to oxygen and light, its activity is not significantly affected by food storage or preparation.

Vitamin E is a major antioxidant. It is important to maintain the healthy cell wall and skin, muscles, nerves, erythrocytes, heart, and it is also responsible for the proper function of blood circulation.

The recommended daily intake of vitamin E is 8 – 20 mg. Its need is increased during exposure to sunlight and harmful influences, during increased physical exertion and when receiving large amounts of unsaturated fatty acids. The lack of vitamin E almost does not occur in healthy people, since it is present in nearly all basic kind of foods. The hypervitaminosis of vitamin E occurs only rarely, because there is no risk of overdose when receiving a normal diet.

The most important foods source of vitamin E are vegetal oils (such as sunflower and rapeseed), nuts, corn, pea, corn products, dark green leaf vegetables, eggs, liver and viscera.

Vitamin E is considered the most stable lipophilic vitamin. There is only a minimal loss of tocopherol during food processing, these losses are approximately 10 %.

The vitamin K supports blood clotting in the human body and, along with the vitamin D, is involved in the constant bone development and remodeling.

Both foods of plant and animal origin are sources of vitamin K, such as meat, liver, milk, vegetables and fruit. The recommended daily intake of vitamin K is around 0,01 - 0,14 mg. The infants and children up to three years have lower need of vitamin K intake. The most common cause of vitamin K hypovitaminosis is disruption of intestinal microflora caused by various drugs - e.g. antibiotics. Too high doses of vitamin K can accumulate in the body and lead to the breakdown of erythrocytes, damage the liver and cause jaundice in children.

There is not much information known about the stability of vitamin K yet. It has been found that vitamin K decomposes rapidly in the light, however its losses during food processing are minimal.

**Keywords:** Hypervitaminosis, hypovitaminosis, lipophilic vitamins, foods.

# Obsah

<b>1.</b>	<b>Úvod</b> .....	<b>10</b>
<b>2.</b>	<b>Cíl práce</b> .....	<b>11</b>
<b>3.</b>	<b>Vitaminy</b> .....	<b>12</b>
3.1.	Obecná charakteristika .....	12
3.2.	Rozdělení vitaminů do skupin.....	13
3.3.	Význam lipofilních vitaminů .....	14
3.4.	Hypovitaminóza .....	14
3.5.	Hypervitaminóza .....	14
<b>4.</b>	<b>Vitamin A</b> .....	<b>16</b>
4.1.	Základní charakteristika .....	16
4.2.	Výskyt v potravinách .....	19
4.3.	Účinek na živé organismy .....	21
4.4.	Doporučená denní dávka.....	22
4.5.	Hypovitaminóza .....	22
4.6.	Hypervitaminóza .....	23
<b>5.</b>	<b>Vitamin D</b> .....	<b>25</b>
5.1.	Základní charakteristika .....	25
5.2.	Výskyt v potravinách .....	26
5.3.	Účinek na živé organismy .....	27
5.4.	Doporučená denní dávka.....	28
5.5.	Hypovitaminóza .....	30
5.6.	Hypervitaminóza .....	30
<b>6.</b>	<b>Vitamin E</b> .....	<b>31</b>
6.1.	Základní charakteristika .....	31
6.2.	Výskyt v potravinách .....	32
6.3.	Účinek na živé organismy .....	34
6.4.	Doporučená denní dávka.....	34
6.5.	Hypovitaminóza .....	35
6.6.	Hypervitaminóza .....	37
<b>7.</b>	<b>Vitamin K</b> .....	<b>38</b>
7.1.	Základní charakteristika .....	38
7.2.	Výskyt v potravinách .....	39
7.3.	Účinek na živé organismy .....	41
7.4.	Doporučená denní dávka.....	41
7.5.	Hypovitaminóza .....	44
7.6.	Hypervitaminóza .....	44
<b>8.</b>	<b>Vliv skladování a kulinární úpravy potravin na obsah lipofilních vitaminů</b> .....	<b>45</b>
8.1.	Vitaminy a jejich ztráty při zpracování .....	45
8.1.1.	Vitamin A.....	46



8.1.2. Vitamin D.....	46
8.1.3. Vitamin E .....	46
8.1.4. Vitamin K.....	47
8.2. Ztráty vitaminů při vaření masa .....	47
8.3. Stabilita lipofilních vitaminů.....	48
8.4. Obsah vitaminů A a E v mléce.....	49
8.4.1. Vliv pasteurace na obsah vitaminů A a E v mléce.....	50
<b>9. Závěr .....</b>	<b>52</b>
<b>10. Seznam obrázků .....</b>	<b>54</b>
<b>11. Seznam tabulek.....</b>	<b>55</b>
<b>12. Seznam použité literatury .....</b>	<b>56</b>

# 1. Úvod

Vitaminy jsou nízkomolekulární, organické látky nezbytné pro život a fungování lidského organismu. V lidském těle plní funkci katalyzátorů biochemických reakcí. Podílejí se na metabolismu bílkovin, tuků a cukrů (Sullivan, 1998).

Vitaminy jsou rozlišeny do dvou základních skupin – vitaminy rozpustné ve vodě a vitaminy rozpustné v tucích (Žamboch, 1996).

Existuje 13 základních typů vitaminů. Až na některé výjimky si lidský organismus nedokáže vitaminy vytvořit sám, a proto je musí získávat prostřednictvím stravy (Ursellová, 2004).

Vitaminy v přiměřeném množství jsou nutné pro udržení mnoha tělesných funkcí a jsou také schopny udržovat a posilovat imunitní reakce (Passwater, 2002).

Při naprostém nedostatku určitého vitamínu dochází k avitaminóze. Hypovitaminóza je stav, kdy lidské tělo obsahuje nedostatečné množství vitaminů. Mohou se objevovat poruchy funkcí organismu, nebo i velmi vážná onemocnění (Hlúbik et Opltová, 2004).

Přebytečné množství vitaminů v organismu se nazývá hypervitaminóza. Nadbytek vitaminů rozpustných ve vodě dokáže organismus sám vyloučit. Pokud přestane vitamin přijímat, organismus z těla nadbytečné množství vyloučí. Vitaminy rozpustné v tuku však organismus sám vyloučit neumí a může tak dojít i k poškození zdraví (Hlúbik et Opltová, 2004).

Vitaminy společně s minerály a stopovými prvky se označují jako „mikrovýživa“. Znalost jejich funkce v lidském organismu se za poslední desetiletí výrazně prohloubila. Je známo, že „mikrovýživa“ je pro správné fungování organismu a život nepostradatelná a její správné užívání dokáže zmenšit zdravotní obtíže a dokonce zabránit vzniku některých chorob (Aihara, 2009).

## **2. Cíl práce**

Cílem této bakalářské práce je seznámení s významem vitaminů, s druhy vitaminů a jejich vlivem na lidský organismus. Zároveň si klade za cíl zjistit jejich potřebné množství pro člověka v různých věkových kategoriích a při různých životních stádiích, a jejich dopad na zdraví lidského organismu. Dílčím cílem této práce je najít druhy potravin, které slouží jako zdroje lipofilních vitaminů.

## 3. Vitaminy

### 3.1. Obecná charakteristika

K objevení vitaminů došlo na začátku 20. století. Jako první byl roku 1932 v Cambridgi objeven vitamin C. V roce 1980 objevil holandský lékař vitamin B<sub>1</sub>. Všiml si, že pacienti, kteří konzumují přednostně bílou rýži, mají velmi slabé dolní končetiny. Tento problém byl odstraněn, když začali konzumovat rýži celozrnnou, která v povrchové vrstvě obsahuje právě vitamin B<sub>1</sub>. Výzkumy dále pokračovaly a jako další byl objeven vitamin A, všechny vitaminy skupiny B, vitamin D, E a vitamin K (Hlúbik et Opltová, 2004). Na základě prvotních objevů vitaminů byly stanoveny doporučené denní dávky v závislosti na vzniku určitých chorob, např. bylo stanoveno množství vitaminu D, které by měli lidé užívat, aby zabránili vzniku rachitidy nebo množství vitaminu B<sub>1</sub> zabraňující vzniku beri-beri<sup>1</sup> (Společnost pro výživu, 2011; Velíšek, 2002).

V současné době stále probíhají výzkumy v oblasti využití vitaminů, na jejichž základě byly stanoveny doporučené denní dávky vyšší než potřebné minimální množství. Tyto vyšší dávky mohou zlepšit zdravotní stav jedince (Bartimeus, 2009).

Označení vitamin často přísluší skupině sloučenin se stejnou aktivitou tzv. vitamerů (Hlúbik et Opltová, 2004). Vitaminy jsou organické sloučeniny, které jsou nezbytné pro fungování lidského organismu. Společně s bílkovinami, tuky, sacharidy a minerálními látkami patří k esenciálním látkám ve výživě a jsou nezbytné pro život (Sullivan, 1998). Ovlivňují téměř všechny funkce organismu, od imunitního systému až po správnou funkci metabolismu (Fořt, 2011).

Doposud bylo identifikováno 13 vitaminů, které se dělí na vitaminy rozpustné v tucích – tzv. lipofilní vitaminy (A, D, E, K) a vitaminy rozpustné ve vodě – tzv. hydrofilní vitaminy (B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>6</sub>, B<sub>12</sub>, niacin, kyselina listová, kyselina pantotenová, vitamin C a H), (Goldsmith, 2012).

Vitaminy udržují v rovnováze metabolismus, zajišťují správnou funkci orgánů, mají vliv na reprodukci a celkově posilují imunitu lidského těla (Unger-Göbel, 1999).

Pro každý vitamin je stanovena doporučená denní dávka (Mandžuková, 2007). Jejich nedostatek, popřípadě nadbytek, je původcem mnoha onemocnění či zdravotních problémů (Goldsmith, 2012). Nadbytek vitaminů v organismu se označuje jako hypervitaminóza. Lehčí

---

<sup>1</sup> Beri-beri – nedostatek vitaminu B<sub>1</sub> se nazývá nemoc beri-beri.

formy nedostatku vitaminů se označují jako hypovitaminóza, velký nedostatek jako avitaminóza. Projevy avitaminóz vzbudily zájem o vitaminy a vedly k poznání jejich funkcí (Velíšek, 2002).

Nedostatek vitaminů je způsoben jejich nedostatečným množstvím v potravě, špatným vstřebáváním, přítomností antivitaminů nebo zvýšenou potřebou v důsledku fyzické zátěže či těhotenství (Tran, 2001). Vzácně může dojít k hypervitaminóze, která je příčinou zdravotních potíží (Synková, 2009).

Některé vitaminy si organismus dokáže vytvářet sám. Patří mezi ně vitamin D, H a K. Převážnou část vitaminů však vytvářet schopen není, a proto je přijímá prostřednictvím stravy a potravinových doplňků (Ursellová, 2004). V potravinách jsou vitaminy zastoupeny v malém množství. Jejich příjem závisí na tělesné a duševní zátěži (Mandžuková, 2007).

U mladistvých, kteří procházejí obdobím růstu, je potřeba vitaminů vyšší než u dospělých. Zvýšenou potřebu mají i těhotné a kojící ženy (Reavley, 1998).

Společně se sacharidy, lipidy a proteiny tvoří vitaminy základ lidských jídelniček (Silverman et al., 1999).

### **3.2. Rozdělení vitaminů do skupin**

#### Vitaminy rozpustné ve vodě – hydrofilní vitaminy

- Vitamin B<sub>1</sub> = Thiamin
- Vitamin B<sub>2</sub> = Riboflavin
- Vitamin B<sub>3</sub> = Niacin
- Vitamin B<sub>5</sub> = pantotenová kyselina
- Vitamin B<sub>6</sub> = Pyridoxin
- Vitamin B<sub>7</sub>, vitamin H = Biotin
- Vitamin B<sub>9</sub> = listová kyselina
- Vitamin B<sub>12</sub> = Kobalamin
- Vitamin C = askorbová kyselina

#### Vitaminy rozpustné v tucích – lipofilní vitaminy

- Vitamin A
- Vitamin D
- Vitamin E
- Vitamin K

### 3.3. Význam lipofilních vitaminů

Vitaminy rozpustné v tucích (A, D, E, K) mají různé funkce a složení (Murray, 1996). Většinou se jedná o sloučeniny několika látek, které nejlépe působí společně (Price, 2015). Obecně lipofilní vitaminy podporují imunitní systém, zlepšují zrak a brání vzniku nemocí, jako jsou kardiovaskulární onemocnění či rakovina. Některé z nich jsou významnými antioxidanty (vitamin A a E), podporují růst kostí a svalů, napomáhají udržování zdravé kůže a zubů, a podporují vstřebávání a udržování různých látek v organismu (Tran, 2001; Gorska et al., 2004; Hlúbik et Opltová, 2004; Lieberman et Bruning, 2007; Goldsmith, 2012).

Vitamin A posiluje imunitní systém, podporuje růst pevných kostí, zubů, vlasů, dásní, zlepšuje vidění, zabraňuje šerosleposti a stárnutí kůže (Passwater, 2002). Může pomoci při zvýšené činnosti štítné žlázy (Landrier, 2012).

Vitamin D zajišťuje zpětné vstřebávání vápníku a fosfátu vylučovaného v ledvinách do moči (Aihara, 2009). Podporuje imunitní systém, může pomoci při léčení lupénky, zabraňuje osteoporóze (Hlúbik et Opltová, 2004). Poslední výzkumy ukázaly, že může sloužit jako prevence před některými druhy rakoviny (Murray, 1996).

Vitamin E má antioxidační účinky, tzn. je schopný bojovat proti volným radikálům (Papap, 2001). Je důležitý k udržení zdravé buněčné stěny, zdravé kůže, svalů, nervů, erytrocytů, srdce a také je důležitý pro správnou funkci krevního oběhu (Hopfenzitz, 1999).

Vitamin K podporuje srážení krve (Žamboch, 1996). U starších lidí udržuje zdravé kosti a společně s vitaminem D se podílí na neustálé tvorbě a přestavbě kostí (Carper, 1997).

### 3.4. Hypovitaminóza

Hypovitaminóza je stav, kdy tělo trpí částečným nedostatkem určitého vitamínu. Jedná se o lehčí formu avitaminózy. V České republice se nejčastěji vyskytuje u lidí, kteří se nevyváženě stravují (např. trpí poruchou příjmu potravy), dále u alkoholiků a lidí s onemocněním trávicího ústrojí (malabsorpce), (Ottaway, 1993; Kasper, 2015).

### 3.5. Hypervitaminóza

Hypervitaminóza neboli předávkování či otrava vitaminy je onemocnění způsobené nadměrným množstvím vitaminů nahromaděných v organismu. Týká se především vitaminů rozpustných v tucích (A, D, E, K), které jsou ukládány v játrech a tělesném tuku, a jejichž dlouhodobá, nadměrná koncentrace může způsobit řadu onemocnění. Vitaminy rozpustné

ve vodě tělo nepřechovává a jejich aktuální přebytek je vyloučen ledvinami, proto se u nich hypervitaminóza projevuje jen výjimečně (Velíšek, 2002; Hlúbik et Opltová, 2004).

## 4. Vitamin A

### 4.1. Základní charakteristika

Vitamin A, odborně nazývaný axeroftol, označuje skupinu látek rozpustných v tucích (Velíšek, 2002). V přírodě se vyskytuje v několika formách. Znamější je retinol – vitamin A<sub>1</sub> (obr. č. 1 – Velíšek, 2002), méně známá forma je 3-dehydroretinol – vitamin A<sub>2</sub> (Žamboch, 1996). „*Retinol je isoprenoid s pěti konjugovanými dvojnými vazbami v molekule, resp. alicyklický diterpenový alkohol s tzv. β-jononovým cyklem a s postranním řetězcem čtyř konjugovaných dvojných vazeb (jeden z 15 možných isomerů). V potravinách je doprovázen řadou analogů a metabolitů lišících se strukturou jononového cyklu nebo postranního řetězce*“ (Velíšek, 2002). Aktivitu vitaminu A má přibližně 50 dalších přirozeně se vyskytujících sloučenin, které se řadí k tzv. karotenoidům. Jsou označovány jako provitaminy A (Moyad et al., 2014). Z těchto provitaminů se v lidském těle vitamin A vytváří a to především v tenkém střevě a v játrech (Společnost pro výživu, 2011). Přeměnu karotenoidů na vitamin A a jejich vstřebávání zvyšuje přítomnost tuků. Existují stovky karotenoidů, uvádí se, že nejvýznamnější z nich jsou provitamin β-karoten, lutein a lykopen (Ursellová, 2004).

β-karoten je v podstatě zdvojený vitamin A. Po rozložení ve střevní sliznici tak dává 2 molekuly tohoto vitaminu (Chong-Han, 2010). Ne všechny provitaminy jsou však přeměněny na vitamin A, a tak neplatí, že 1 mg β-karotenu dává 2 mg vitaminu A (Velíšek, 2002). Molekula vitaminu A má pouze poloviční hmotnost v porovnání s β-karotenem (Unger-Göbel, 1999). Množství přeměněného vitaminu A z β-karotenu je tedy různé. V odborných literaturách se uvádí různá čísla. Žamboch (1996) uvádí, že 2 mg β-karotenu dávají 1 mg retinolu. Častěji se však uvádí poměr 6 mg β-karotenu = 1 mg retinolu (Moyad et al., 2014). β-karoten se vyskytuje v každém barevném ovoci a zelenině (Silverman et al., 1999). Má pozitivní účinek na imunitní systém, je důležitý pro růst, zdravou kůži, oči a umožňuje vidění za šera (Price, 2015).



Tabulka č. 1 – Obsah  $\beta$ -karotenu ve vybraných potravinách

<b>potraviny</b>	<b>mg <math>\beta</math>-karotenu/100 g</b>
Palmový olej	75
Játra hovězí	až 30
Petržel	26
Červená paprika	25
Mrkev	7,5
Špenát	6,5
Cibule (nať)	6
Kapusta	6
Šípek	5
Rajče	3,5
Česnek	3,3
Sýr niva	2,5
Meruňky	2
Žloutek	1,3
Růžičková kapusta	1,2
Hovězí maso	0,9
Tvrdý sýr	0,7
Třešně	0,6
Drůbež	0,3
Okurka	0,3
Banán	0,25
Mandarinka	0,25
Rybíz černý	0,25
Pomeranč	0,15
Rybíz červený	0,15
Zelí bílé	0,1

Žamboch, 1996

Existují i další provitaminy –  $\alpha$ -karoten,  $\gamma$ -karoten, kryptoxanten. Jejich význam je ale daleko menší a místo dvou molekul vitamínu A poskytují pouze jednu (Hopfenzitz, 1999).

Aktivní metabolit vitamínu A je retinová kyselina, která reguluje růst, stavbu a funkci kůže a sliznic, a podílí se na syntéze glykoproteinů (Sullivan, 1998). Retinol je biologicky nejvíce účinný. Je prekursorem retinalu, což je aldehyd retinolu a část sítnicového pigmentu rhodopsinu, který je citlivý na světlo a je důležitý pro vidění (Velíšek, 2002). Retinol je alkohol odvozený od vitamínu A, který se pravděpodobně podílí na spermatogenezi (Bartimeus, 2009). Retinol se vyskytuje pouze v živočišných organismech, které ho získávají z rostlinných barviv, tzv. karotenoidů. Tato barviva bývají živočichy přeměněna na retinol (Reavley, 1998). Rostlinné karotenoidy jsou předstupněm retinolu a označují se jako provitaminy A. Mají však nižší účinnost než retinol (Žamboch, 1996). Karotenoidy mají také antioxidační účinky - nenasycený uhlovodíkový skelet je schopen zachytávat volné radikály *in vitro*<sup>2</sup> (Smith, 2008). Antioxidanty hrají roli v prevenci vzniku nádorů (Ortemberg, 2003). Proběhlo i několik klinických studií, které se zabývaly vlivem karotenoidů na vznik nádorů (Fořt, 2011; Společnost pro výživu, 2011). V jedné z nich byl dobrovolníkům podáván  $\beta$ -karoten ve formě doplňku stravy v dávce 20 – 30 mg denně, nicméně podávání přípravku nemělo na snížení počtu nádorů ve sledované populaci dlouhodobě žádný vliv. Naopak u kuřáků se výskyt nádorů zvýšil až o 25 %. Kuřáci by tedy měli omezit příjem karotenoidů, zejména ve formě doplňků stravy (Společnost pro výživu, 2011).

Běžná strava obsahuje přibližně 5 000 m. j. vitamínu A (5 000 m. j. = cca 1 mg). Jeho zásoba v játrech je obrovská, pohybuje se okolo 800 000 - 1 800 000 m. j., proto není nezbytné přijmát denně doporučenou dávku (800 mikrogramů), (Společnost pro výživu, 2011). V potravě se vitamin A vyskytuje ve formě esterů. Po uvolnění z esterové vazby vstupuje prostou nebo usnadněnou difúzí do enterocytů. Pomocí chylomikronů se dostává do jater, kde je buď uložen do zásoby, nebo se váže na transportní proteiny a vrací se do cirkulace. Transportní proteiny ovlivňují aktivitu jednotlivých forem vitamínu A i jejich metabolismus (Velíšek, 2002).

Koncentrace vitamínu A v plasmě je přísně regulována. Jsou to přibližně 2  $\mu\text{mol.l}^{-1}$ . Toto množství není ovlivněno alimentárním příjmem ale játry (Tran, 2001). Koncentraci vitamínu A v plasmě mohou ovlivnit hormonální preparáty. K poklesu dochází při infekci, naopak nadbytek vitamínu A se projevuje bolestmi kloubů a šupinatěním kůže. Vysoké dávky jsou

---

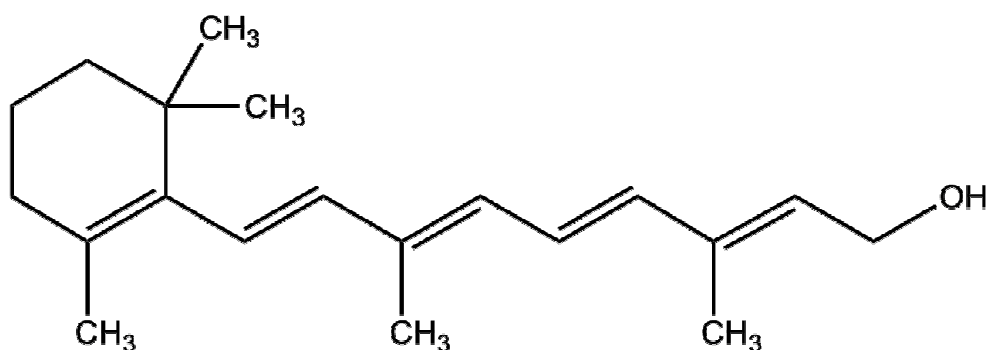
<sup>2</sup> In vitro – studie probíhající za umělých, laboratorních podmínek.

navíc teratogenní (poškozují vývoj plodu), a proto by se mu těhotné ženy měly vyhýbat (Lieberman et Bruning, 2007).

Vitamin A posiluje imunitní systém, podporuje růst pevných kostí, zubů, vlasů, dásní, zlepšuje vidění, zabraňuje šerosleposti a stárnutí kůže, může pomoci při zvýšené činnosti štítné žlázy a má zásadní význam pro růst, vývoj a diferenciaci buněk (Murray, 1996).

Tělo potřebuje vitamin A k výrobě rodopsinu, tj. barvivo umožňující lidem vidět za tmy (Jopp, 2014). Dále je vitamin A potřebný pro růst tělesných tkání, udržuje zdravý reprodukční systém, zdravou kůži, zajišťuje vývoj pevných kostí a udržuje okraje úst a plic stále vlhké (Fořt, 2011). Podílí se také na imunitních reakcích, pomáhá tělu bránit se před bakteriálními, virovými i parazitárními infekcemi (Sullivan, 1998).

Obrázek č. 1 – Chemické složení retinol



Velíšek, 2002

#### 4.2. Výskyt v potravinách

Vitamin A je přítomen v mnoha potravinách živočišného původu (Unger-Göbel, 1999). Přidává se jako aditivní složka do margarínů, stolních olejů, másla či mléka. K těmto účelům se používá relativně stabilní a syntetický retinyl-acetát nebo retinyl-palmitát (Velíšek, 2002). Jako barvivo se pak využívá provitamin  $\beta$ -karoten (Reavley, 1998). Souhrn potravin, kde se vitamin A nejvíce vyskytuje, včetně jeho množství a doporučené denní dávky, je uveden v následující tabulce.

Tabulka č. 2 – Potravinové zdroje vitamínu A

potraviny	porce v gramech	obsah vitamínu A	doporučená denní dávka v %
telecí játra	100 g	9500 µg	2190
mrkev syrová	200 g	3140 µg	314
rybí tuk	10 g	2600 µg	260
uzený úhoř	100 g	980 µg	98
jitrnice libová	45 g	765 µg	77
sýr 60% tuku	30 g	129 µg	13
slepičí vejce	58 g	105 µg	11

Unger-Göbel, 1999

V potravinách živočišného původu je hlavní formou vitamínu A volný retinol nebo retinal a retinol, který je esterifikovaný vyššími mastnými kyselinami (Ursellová, 2004). Provitaminy A se v těchto potravinách vyskytují jen v malém množství. Nejčastějším esterem je palmitát (Smith, 2008). Velíšek (2002) uvádí, že „*například v mléce je hlavní složkou palmitát, následován oleátem a stearátem. V menším množství jsou přítomny estery dalších MK (kaprylové, kapronové, linolenové, linolové, laurové, arachidinové, myristové, palmitoolejové, pentadekanové, gadolejové, heptadekanové) a volný retinol*“ (Velíšek, 2002). Samotné mléko obsahuje poměrně malé množství vitamínu A, avšak jeho dobrým zdrojem jsou mléčné výrobky s vyšším obsahem tuku a máslo. Zvláště bohatým zdrojem jsou játra (Bartimeus, 2009). Z předchozí tabulky vyplývá, že vitamin A se nejvíce vyskytuje v telecích játrech, kde je ve 100 g obsaženo až 9500 µg vitamínu A (Carper, 1997).

V potravinách rostlinného původu je vitamin A zastoupen mnoha provitaminy, z nichž nejvýznamnější je  $\beta$ -karoten (Kono et Arai, 2015). Velmi bohatým zdrojem těchto provitaminů jsou listové zeleniny jako špenát nebo zelí. V nich se vyskytuje 10 – 30 mg.kg<sup>-1</sup> ekvivalentu retinolu, a to převážně ve formě  $\beta$ -karotenu (Gorska et al., 2004). Nejběžnějším zdrojem  $\beta$ -karotenu je mrkev. Její obsah  $\beta$ -karotenu odpovídá přibližně 20 mg.kg<sup>-1</sup> retinolu (Velíšek, 2002). Dalším významným karotenoidem je lykopen vyskytující se hlavně v rajčatech. Dobrým zdrojem provitaminů A je také ovoce, jako jsou meruňky nebo mango (Silverman et al., 1999)

### 4.3. Účinek na živé organismy

Vitamin A hraje nezastupitelnou roli ve vidění člověka. Působí při vidění za šera a pomáhá správnému rozeznávání barev (Žamboch, 1996). Pozitivně působí na sliznice, podporuje růst, vývoj, kvalitu a funkci kostí (Ursellová, 2004). Plní funkci při krvetvorbě. Kladně ovlivňuje spermie a vajíčka a je potřebný pro správný vývoj plodu (Smith, 2008). V lidském organismu vzniká přeměnou karotenoidů. Ty se řadí mezi antioxidanty, které chrání organismus před negativními vlivy volných radikálů,<sup>3</sup> a tím pomáhají snižovat riziko vzniku rakoviny (Reavley, 1998). Mezi karotenoidy patří například lykopen či lutein (Passwater, 2002). Lutein se koncentruje ve žluté skvrně, která se nachází na sítnici oka a je zodpovědná za centrální vidění. Lykopen je nejsilnější známý antioxidant rostlinného původu. Má příznivý vliv na srdce, krevní tlak, prostatu a pokožku (Tran, 2001).

Vitamin A by lidé neměli užívat, pokud berou některé léky, např. antibiotika aminoglykosidy, hormonální antikoncepci, salicyláty (např. ve formě acetylsalicylové kyseliny) a ibuprofen. Pozitivně vitamin A působí v kombinaci s vitaminy skupiny B, C, E, zinkem, vápníkem, selenem a fosforem (Mindell et Mundis, 2011).

Vitamin A ovlivňuje růst povrchových vrstev kůže, proto se používá při léčení problémů s lupénkou nebo akné. Doplnky s jeho obsahem mohou snížit počet respiračních chorob a spalniček u dětí a můžou mít pozitivní účinek při léčení zeleného zákalu (Společnost pro výživu, 2011).

Retinol působí především v biochemii zrakového vjemu a při biosyntéze bílkovin, resp. při diferenciaci buněk. Esenciálním kofaktorem enzymů, které regulují metabolismus vitamínu A, je zinek (Sullivan, 1998). Velíšek (2002) uvádí, že „*biochemie vidění je složitý proces. V tomto procesu isomeruje all-trans-retinol na 11-cis-retinol a ten je enzymově oxidován na příslušný aldehyd, 11-cis-retinal. Tato sloučenina asociuje s bílkoviny známými pod názvem opsiny (skotopsin). Vzniklé komplexy (rhodopsin) jsou vizuálními pigmenty (fotoreceptory). Světlo je destabilizuje, dochází ke změnám konformace bílkoviny, k isomeraci aldehydu a vzniká opět all-trans-retinal*“ (Velíšek, 2002).

---

<sup>3</sup> Volné radikály – toxické formy kyslíku, které negativně působí na lidský organismus a bývají příčinou vzniku rakoviny.

#### 4.4. Doporučená denní dávka

Doporučená denní dávka retinolu je podle norem České republiky 800 µg na den (Společnost pro výživu, 2011). Tato potřeba se mění se zvyšujícím se věkem. Kojenci a děti mají nižší potřebu příjmu vitamínu A nezávisle na jejich pohlaví (Unger-Göbel, 1999). U dospělých lidí potřeba stoupá a je odlišná pro muže a ženy. Muži potřebují dávky o něco vyšší než ženy, přičemž výjimku tvoří ženy těhotné a kojící, které by měly přijímat zvýšené dávky vitamínu A, čili až 1,2 - 2,0 mg denně (Smith, 2008).

Denní potřeba vitamínu A je přibližně z 50 % zajišťována přijímanou potravou, asi 40 % této potřeby pokrývají karotenoidy ze zeleniny, 20 % retinol a retinoidy<sup>4</sup> masa, 15 % retinol a retinoidy mléka, 8 % retinoidy ovoce, 8 % retinol tuků a 6 % retinol a retinoidy vajec (Velíšek, 2002).

V tabulce č. 3 je uvedeno potřebné množství vitamínu A podle věkové kategorie a pohlaví.

Doporučená denní dávka vitamínu A (800 µg pro dospělého člověka) odpovídá 3 g grilovaných telecích jater nebo 8 vejčím. Tělo může vitamin A také syntetizovat z β-karotenu, popřípadě může být podáván ve formě doplňků, které mají většinou olejový základ a vyrábí se z rybího tuku (Moyad et al., 2014).

#### 4.5. Hypovitaminóza

Hlavními projevy nedostatku vitamínu A jsou světloplachost, snížená ostrost vidění za šera až úplná slepota za tmy, nedostatek slzné tekutiny, vyschlé spojivky a zánět spojivek (Mandžuková, 2007). Také se může vyskytnout únava a nechutenství, onemocnění žaludečního a střevního traktu a poruchy jater (Price, 2015). Výrazné jsou změny na pokožce, které vznikají v důsledku zbytnění zrohovatělých buněk, pokožka je suchá a šupinatá. Následkem toho se může objevit akné, může docházet k lámání nehtů a vypadávání vlasů, které ztrácí svůj lesk (Hlúbik et Opltová, 2004). Nedostatek vitamínu A poškozuje sliznice a může tak docházet ke zhoršení obranyschopnosti organismu proti infekci (Sullivan, 1998).

Příčinou nedostatku je chybná výživa, například bezplánovitá dieta nebo narušená schopnost střev přijímat potravu (schopnost resorpce). K tomu může docházet při snížené

---

<sup>4</sup> Retinoidy – přírodní i syntetické látky, jejich biologická aktivita je podobná jako působení vitamínu A. Ovlivňují tvorbu nových buněk, imunitu a produkci kožního mazu.

tvorbě žluči, při střevních infekcích, zvláště při zánětech slepého střeva a u jedinců, kteří jsou závislí na alkoholu (Unger-Göbel, 1999).

#### 4.6. Hypervitaminóza

Symptomy předávkování vitamínem A jsou nevolnost, zvracení, bolesti hlavy, závratě, poruchy vidění, nekontrolované změny pohybu a psychické poruchy (Žamboch, 1996).

Při extrémním předávkování se vyskytuje ospalost, změny na pokožce doprovázené dráždivým svěděním, kosterní změny a změny, které mají za následek zvětšená játra (Ottaway, 1993). Zaznamenány byly také potraty a defekty u narozených dětí. Vitamin A v nadměrných dávkách může být toxický. V tomto případě se rozlišuje akutní a chronická toxicita (Hlúbik et Opltová, 2004).

Akutní toxicita je stav, kdy se projevy nadbytku vitamínu A objeví ihned po jedné dávce. Žamboch (1996) uvádí, že „*tento jev se nejčastěji zmiňuje v souvislosti s polárníky, kteří pozřeli játra ledního medvěda. Tím se do jejich těla jednorázově dostalo více než 500 mg vitamínu A, takže je postihly silné bolesti hlavy, závratě, zvracení, podrážděnost nebo naopak ospalost. Po 24 hodinách se jim začala olupovat kůže po celém těle, a pokud nepožívali játra dál, symptomy poměrně brzy odezněly.* Dále uvádí, že „*u dětí, dojde k takovým projevům už při požití 100 mg, u velmi malých dětí stačí dokonce jen 30 mg vitamínu A*“ (Žamboch, 1996).

Chronická toxicita je projev otravy způsobené pravidelným a dlouhodobým užíváním vyšších dávek než doporučených, ale zároveň nižších než dávek, při kterých se jedovatost projeví ihned (Chong-Han, 2010).

Projevy otravy se u některých lidí objeví už při pravidelném užívání 10 mg vitamínu A denně. U většiny lidí k těmto projevům dochází až při užívání 30 mg vitamínu A denně. U velmi malých dětí stačí k vyvolání projevů toxicity jen 7,5 mg podávaných po dobu 30 dní (Společnost pro výživu, 2011).

Projevy chronické toxicity se od projevů toxicity akutní mírně liší. Objevuje se bolest hlavy, zvracení a nevolnost kvůli zvýšenému nitrolebnímu tlaku (Price, 2015). Dále dochází ke zvětšení jater, nechutenství, zvýšené krvácivosti a k vysušení a svědění kůže. U dětí může docházet k předčasnému uzavření epifýz<sup>5</sup>. Běžné projevy toxicity po přerušení přívodu vitamínu A většinou brzy vymizí (Jopp, 2014).  $\beta$ -karoten není obecně považován za toxický (Gorska et al., 2004).

---

<sup>5</sup> Epifýza – růstové zóny v kostech, po jejichž uzavření je další růst nemožný.

Tabulka č. 3 – Doporučené denní dávky vitamínu A

Věk	Retinol			
	mg ekvivalentu <sup>1</sup> /na den		mg ekvivalentu <sup>1</sup> /MJ <sup>2</sup> (hustota živiny)	
	<i>muži</i>	<i>ženy</i>	<i>muži</i>	<i>ženy</i>
<b>Kojenci</b>				
0-3 měsíce <sup>3</sup>	0,5	0,5	0,25	0,26
4-11 měsíců	0,6	0,6	0,20	0,21
<b>Děti</b>				
1-3 roky	0,6	0,6	0,13	0,14
4-6 let	0,7	0,7	0,11	0,12
7-9 let	0,8	0,8	0,10	0,11
10-12 let	0,9	0,9	0,10	0,11
13-14 let	1,1	1,0	0,10	0,11
<b>Dospívající a dospělí</b>				
15-18 let	1,1	0,9	0,10	0,11
19-24 let	1,0	0,8	0,09	0,10
25-50 let	1,0	0,8	0,10	0,10
51-64 let	1,0	0,8	0,11	0,11
≥ 65 let	1,0	0,8	0,12	0,12
<b>Těhotné</b>				
od 4. měsíce		1,1		0,12
<b>Kojící<sup>4</sup></b>				
		1,5		0,14

<sup>1</sup> 1 mg ekvivalentu retinolu = 1 mg retinolu = 6 mg all-trans- β-karotenu = 12 mg jiných karotenoidů s charakterem provitaminu A = 1,15 mg all-trans-retinylacetátu = 1,83 mg all-trans-retinyl-palmitátu; 1 IE (mezinárodní jednotky – jsou používány pouze pro farmaceutické účely) = 0,3 μg retinolu

<sup>2</sup> Vypočteno pro dospívající a dospělé s převážně sedavou činností (PAL 1,4)

<sup>3</sup> Zde se jedná o odhadnutou hodnotu

<sup>4</sup> Navýšení o cca 70 μg ekvivalentu retinolu na 100 g mateřského mléka

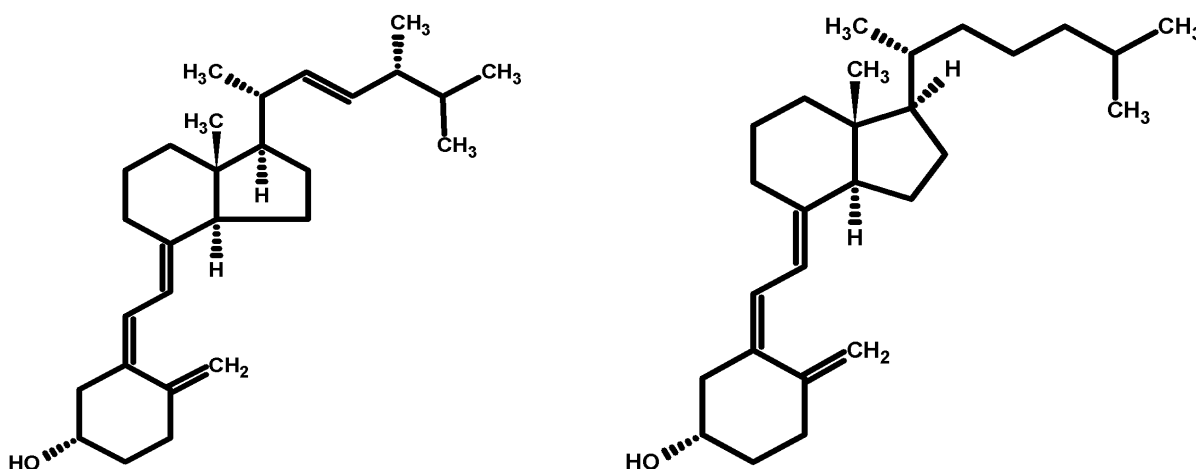


## 5. Vitamin D

### 5.1. Základní charakteristika

Skupina vitaminu D se skládá z několika biologicky účinných látek, které se označují jako kalciferoly. Nejvýznamnější z nich jsou ergokalciferol – vitamin D<sub>2</sub> (obr. č. 2), který je přítomen v potravinách rostlinného původu, a cholekalciferol – vitamin D<sub>3</sub> (obr. č. 2), obsažený v potravinách původu živočišného (Ottaway, 1993).

Obrázek č. 2 – Chemický vzorec vitaminu D<sub>2</sub> a D<sub>3</sub>



Reavley, 1998

Lidský organismus je schopen syntetizovat vitamin D<sub>3</sub> v kůži z předstupně dehydrocholesterolu. Je k tomu zapotřebí UV záření o vlnové délce 290 - 315 nm (tzv. UVB záření), (Fořt, 2011). „Cholekalciferol je endogenně tvořený v kůži nebo exogenně získaný z potravin živočišného původu. Může být definován jako pre-prohormon. Z něho v játrech vzniká hydroxylací na C 25 atomu prohormon 25-hydroxykalciferol (25-hydroxyvinyl-tamin). Tento metabolit, nazývaný kalcidiol, je v ledvinách opět hydroxylován a vzniká vitamin D - hormon 1,25-dihydroxycholecalciferol = kalcitriol“ (Velíšek, 2002). Stejným způsobem je metabolizován i rostlinný ergokalciferol (Ursellová, 2004). Vitaminy D<sub>2</sub> a D<sub>3</sub> účinkují v lidském těle podobným způsobem, jejich metabolismus končí další hydroxylací a odbouráním (Price, 2015). Celkem je známo kolem 40 metabolitů. Nejvýznamnějším konečným produktem vylučovaným močí je pravděpodobně kalcitriinová kyselina (Murray, 1996).

Hormony vitaminu D jsou nezbytné pro metabolismus fosfátů a pro regulaci homeostázy vápníku. Kalcitriol je nejúčinnějším aktivátorem střevní absorpce vápníku.

Zvyšuje absorpci fosfátů ze střeva, tubulární reabsorpci vápníku v ledvinách a umožňuje mineralizaci kostí (Mindell et Mundis, 2011). Kalcitriol modeluje buněčnou aktivitu imunitního systému, ovlivňuje diferenciaci epitelových buněk kůže, váže se na receptory buněčného jádra asi třiceti orgánů a ovlivňuje transkripci genů, které jsou sensitivní na hormon. Takto je řízena syntéza mnoha proteinů (Müller-Urban et Hylla, 2004). Resorpci vápníku také zvyšuje kalcidiol ve fyziologických dávkách. Pro optimální účinek vitamínu D je zapotřebí dostatečného přísunu vápníku a naopak pro optimální účinek vápníku je nutný dostatečný přísun vitamínu D (Price, 2015).

## 5.2. Výskyt v potravinách

Jen málo potravin obsahuje takové množství vitamínu D, které je schopno tělu doplnit potřebné zásoby. Řadí se mezi ně rybí tuk, tučné ryby (makrely, sled''), margaríny obohacené vitamínem D, vaječné žloutky a játra (Dostálová, 2008).

Velké množství vitamínu D se vyskytuje v potravinách živočišného původu. Vysoké koncentrace cholekalciferolu jsou přítomny v jaterním tuku mořských ryb, např. halibut obsahuje  $30 \text{ mg.kg}^{-1}$ , makrela obsahuje  $15 \text{ mg.kg}^{-1}$  a treska  $2,5 \text{ mg.kg}^{-1}$  cholekalciferolu (Společnost pro výživu, 2011). Významným zdrojem je také maso tučných ryb, mezi které patří sled', losos či makrela (Ottaway, 1993). Nižší obsah vitamínu D má maso, vnitřnosti hospodářských zvířat a živočišné produkty jako jsou máslo, mléko, vejce či sýry. Obsah vitamínu D v těchto výrobcích je ovlivněn řadou faktorů, jako je teplota, která hraje důležitou roli – např. mléko v zimním období obsahuje přibližně 4x méně cholekalciferolu než mléko v letním období (Kasper, 2015).

Vitamin D ve formě ergosterolu se také vyskytuje v potravinách rostlinného původu. Hojně je přítomen v semenech olejnin, v obilovinách a v cereálních výrobcích. V malém množství se může vyskytovat v zelenině – např. mrkev obsahuje asi  $0,7 \text{ } \mu\text{g.kg}^{-2}$  ergosterolu (Velíšek, 2002).

Dalším důležitým zdrojem ergokalciferolu mohou být také vyšší houby (*Basidiomycetes*). Ten zde vzniká z ergosterolu působením slunečního záření. Obsah ergosterolu v houbách se pohybuje v širokém rozmezí od  $0,2$  do  $8 \text{ } \mu\text{g.kg}^{-1}$  a představuje 60 – 70 % ze všech přítomných sterolů. Množství ergokalciferolu je závislé na řadě faktorů, jako jsou klimatické podmínky, barva třeně houby apod. (Unger-Göbel, 1999). Obecně platí, že divoce rostoucí houby jako je např. liška obecná obsahují více ergokalciferolu než cíleně pěstované žampiony (Moyad et al., 2014).

V některých zemích probíhá fortifikace<sup>6</sup> margarínů, mléka a cereálií ergokalciferolem. Ergokalciferol se také přidává do farmaceutických výrobků (Reavley, 1998).

Souhrn potravin obsahujících vitamin D (podle množství) je uveden v následující tabulce (č. 4).

Tabulka č. 4 – Potravinové zdroje vitaminu D

<b>Potraviny</b>	<b>µg/100 g</b>
Olej z rybích jater	400 000
Tuňák	1000
Kakaové máslo	750
Rybí olej	50-500
Sled'	400
Žloutek	8
Tvrdý sýr	5
Vejce (celé)	3
Máslo	2,5
Hovězí játra	2,5
Vepřová játra	2,2
Vepřové maso	1,1
Tvaroh	0,25
Mléko	0,01
Mateřské mléko	0,01

Unger-Göbel, 1999

### **5.3. Účinek na živé organismy**

Účinky vitaminů D<sub>2</sub> a D<sub>3</sub> v lidském organismu jsou téměř stejné, proto se často o vitaminu D hovoří bez bližšího rozdělení. Vitamin D se chová jako hormon, tzn., že vzniká v jednom místě organismu, ale účinkuje v jiné části. Většina vitaminu D vzniká v podkoží působením UV záření a v játrech je pak přeměněn na kalcifediol, ze kterého v ledvinách vznikají další metabolity (Smith, 2008).

---

<sup>6</sup> Fortifikace – obohacování potravin vitaminy, vlákninou a bílkovinami.

Vitamin D v lidském těle zajišťuje příjem vápníku a fosforu, udržuje jejich rovnováhu a umožňuje jejich ukládání v kostech a zubech, které zpevňují (Žamboch, 1996). Dále vitamin D zajišťuje zpětné vstřebávání vápníku a fosfátu vylučovaného v ledvinách do moči, podporuje imunitní systém, může pomoci při léčení lupénky, zabraňuje osteoporóze<sup>7</sup> a poslední výzkumy také ukázaly, že může sloužit jako prevence před některými druhy rakoviny (Carper, 1997; Fořt, 2011; Goldsmith, 2012).

Doplňky s vitamínem D by měli užívat vegetariáni, lidé starší 55 let, malé děti a těhotné a kojící ženy. Pokud je totiž hladina vitamínu D v mateřském mléce nízká, může se u kojenců zvyšovat riziko vývoje slabých křivičnatých kostí, které mají tendenci se ohýbat a lámat. Jako příčina se nejčastěji označuje nevyvážená strava, která je chudá na přírodní zdroje vitamínu D a také nedostatek slunečního záření (Ortemberg, 2003; Moyad et al., 2014).

#### **5.4. Doporučená denní dávka**

Denní potřeba vitamínu D je 2,5 - 10 µg. Vyšší potřebu mají těhotné a kojící ženy a také kojenci a děti. Tato denní potřeba je kryta zejména díky vitaminům D<sub>2</sub> a D<sub>3</sub> obsažených v potravinách a vitamínu D<sub>3</sub> získávaným biosyntézou z provitaminu 7dehydrocholesterolu (Společnost pro výživu, 2011). Díky schopnosti biosyntézy a biologické účinnosti se cholecalciferol řadí mezi hormony. Dávky vyšší i nižší než doporučené negativně působí na organismus člověka a mohou být příčinou vzniku mnoha onemocnění (Velíšek, 2002).

Tabulka č. 5 uvádí potřebné množství vitamínu D v závislosti na pohlaví a věku.

---

<sup>7</sup> Osteoporóza – nejčastější metabolické onemocnění kostní tkáně, dochází k tzv. řídnutí kostí – úbytku kostní hmoty.

Tabulka č. 5 – Doporučené denní dávky vitamínu D

Věk	Vitamin D <sup>1</sup>		
	$\mu\text{g}/\text{den}$	$\mu\text{g}/\text{MJ}^2$ (hustota živin)	
		muži	ženy
<b>Kojenci<sup>3</sup></b>			
0-3 měsíce	10	5,0	5,3
4-11 měsíců	10	3,3	3,4
<b>Děti</b>			
1-3 roky	5	1,1	1,1
4-6 let	5	0,8	0,9
7-9 let	5	0,6	0,7
10-12 let	5	0,5	0,6
13-14 let	5	0,4	0,5
<b>Dospívající a dospělí</b>			
15-18 let	5	0,5	0,6
19-24 let	5	0,5	0,6
25-50 let	5	0,5	0,6
51-64 let	5	0,5	0,7
$\geq 65$ let	10	1,2	1,4
<b>Těhotné</b>	5		0,5
<b>Kojící</b>	5		0,5

<sup>1</sup> 1  $\mu\text{g}$  = 40 IU; 1 IU = 0,025  $\mu\text{g}$

<sup>2</sup> Vypočteno pro dospívající a dospělé s převážně sedavou činností (hodnota PAL = 1,4)

<sup>3</sup> Německá Společnost pro dětské lékařství doporučuje nezávisle na produkci vitamínu D

UV zářením v kůži na příjmu vitamínu D z mateřského mléka, resp. z kojenecké mléčné stravy (základní vitaminizace) pro profylaxi křivice u kojených i nekojených dětí denní dávku vitamínu D 10 - 12,5  $\mu\text{g}$  (400 - 600 IE) od konce 1. týdne života až do konce 1. roku. Profylaxe může pokračovat v 2. roce života během zimních měsíců

## 5.5. Hypovitaminóza

Nedostatek vitamínu D porušuje homeostázu vápníku a metabolismus fosfátů. U kojenců a malých dětí se hypovitaminóza vitamínu D klinicky projevuje jako rachitida, kdy kvůli poruše mineralizace kostí dochází k deformacím skeletu. To způsobuje zbytnění v růstových zónách (rachitický růženec<sup>8</sup>, vybočená kolena, měkké lebeční kosti, caput quadratum<sup>9</sup>), (Landrier, 2012). Nedostatek vitamínu D se dále projevuje svalovou slabostí, snížením svalového tonu a zvýšenou náchylností k infekcím. V dospělém věku může vést výrazný nedostatek vitamínu D k osteomalacii<sup>10</sup>. Hlavním příznakem osteomalacie jsou bolesti celého skeletu a myopatie. Typickým projevem jsou Looserovy zóny<sup>11</sup>. V těchto zónách může docházet ke spontánním frakturám. Nosné kosti se pomalu deformují (Khalsa, 2009). Hypovitaminóza se také projevuje křivicí<sup>12</sup> (Mandžuková, 2007).

## 5.6. Hypervitaminóza

Dávky převyšující doporučené denní množství, tzn. vyšší než 10 000 IU (250 – 1250 µg), se negativně projevují různými symptomy. Dlouhodobě přijímané vyšší dávky vitamínu D se projevují jako velmi vysoká hladina vápníku – hyperkalcémie<sup>13</sup>. Dále se může vyskytovat svalová slabost, nechut' k jídlu, velká žízeň a zvýšená potřeba močit. U pacientů, kteří užívají léky jako digoxin či verapamil, se také může vyskytnout srdeční arytmie (Chong-Han, 2010).

Vystavování se vyšším dávkám vitamínu K jsou zdraví škodlivé a mohou vést až k smrti jedince (Fořt, 2011).

---

<sup>8</sup> Rachitický růženec – symetrická sférická rozšíření přechodu kostěné a chrupavčité části žeber.

<sup>9</sup> Caput quadratum – nález na hlavě, který má čtyřhranný tvar. Může vznikat při rachitidě.

<sup>10</sup> Osteomalacie - onemocnění, pro které je charakteristická demineralizace a přestavba plně vyvinutých kostí.

<sup>11</sup> Looserovy zóny - pruhovité zóny přestavby.

<sup>12</sup> Křivice = rachitida, změny na kostře, které vedou až k osteomalacii. Jedno z nejčastěji se vyskytujících onemocnění pohybového aparátu u dětí.

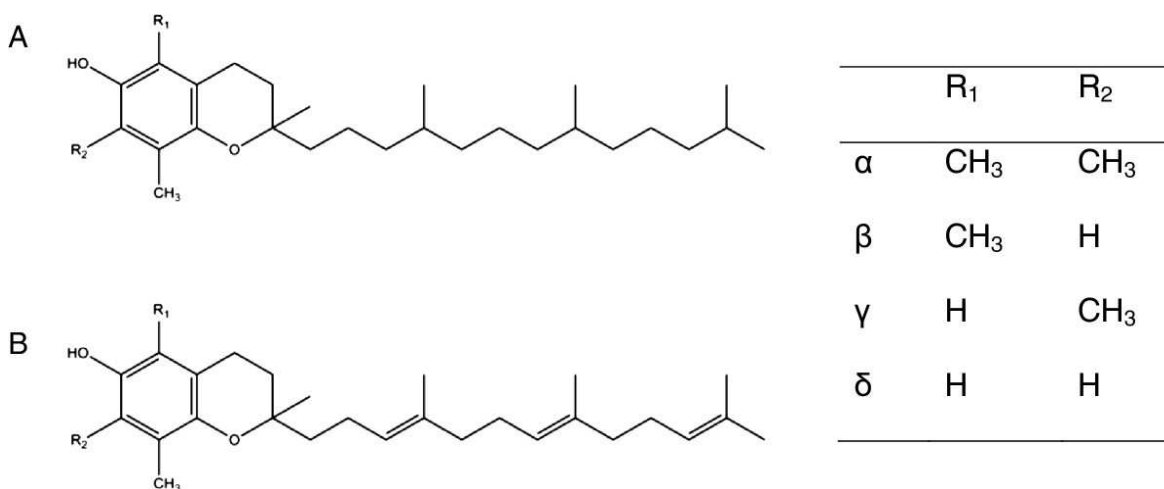
<sup>13</sup> Hyperkalcémie – množství kalcia v séru je vyšší než 2,8 mmol.l<sup>-1</sup>, ionizované kalcium vyšší než 1,4 mmol.l<sup>-1</sup> (Kasper, 2015).

## 6. Vitamin E

### 6.1. Základní charakteristika

Aktivitou vitaminu E se vyznačuje 8 strukturně příbuzných derivátů. Společným strukturním základem těchto sloučenin (tzv. vitagenů E) jsou tokol a tokotrienol, které obsahují chromanový cyklus s nenasyceným nebo nasyceným isoprenoidním postranním řetězcem obsahujícím 16 atomů uhlíku (Unger-Göbel, 1999). „Jsou odvozeny od diterpenoidního alkoholu fytolu, ale obsahuje navíc ještě methylovou skupinu v poloze C-2 a hydroxyskupinu v poloze C-6 chromanového cyklu. Přítomnost těchto funkčních skupin je nezbytná pro biologickou aktivitu všech vitamérů“ (Velíšek, 2002). Tokoferoly (obr. č. 3A) jsou čtyři formy vitaminu E, které obsahují nasycený terpenoidní postranní řetězec a jsou odvozené od tokolu. Tokotrienoly (obr. č. 3B) jsou čtyři formy, které obsahují nenasycený postranní řetězec a jsou odvozené od tokotrienolu.

Obr. č. 3 – A: chemická struktura tokoferolu, B: chemická struktura tokotrienolu



Smith, 2008

Tokotrienoly a tokoferoly se navzájem liší biologickou aktivitou a počtem a polohou methylových skupin v chromanovém cyklu (Ottaway, 1993). Skupinu vitaminu E tedy tvoří 8 složek – 4 tokoferoly (α-tokoferol,

β-tokoferol, γ-tokoferol, δ-tokoferol) a 4 tokotrienoly (α-tokotrienol, β-tokotrienol, γ-tokotrienol, δ-tokotrienol) a jen jejich kompletní řada zaručuje dokonalý účinek vitaminu E (Papap, 2001). Z tokoferolů jsou nejvýznamnější α-tokoferol a γ-tokoferol. Tokoferoly jsou

hlavními antioxidanty rozpustnými v tucích, které působí proti volným radikálům, proto je vitamin E jeden z nejdůležitějších antioxidantů vůbec (Murray, 1996). Mezi  $\alpha$ -tokoferolem a  $\gamma$ -tokoferolem existují určité rozdíly.  $\alpha$ -tokoferol je hlavní formou vitaminu E v Evropě,  $\gamma$ -tokoferol je hlavní formou vitaminu E v Severní Americe. Druhý jmenovaný je méně lipofilní, protože obsahuje o jeden methyl méně, lépe detoxikuje oxidy dusíku, má protizánětlivé účinky a chrání před karcinomem prostaty. Bylo prokázáno, že  $\gamma$ -tokoferol má lepší účinky než  $\alpha$ -tokoferol při ochraně lidského těla před působením některých specifických volných radikálů jako jsou peroxydusitan nebo NOx (Price, 2015). Jestliže se  $\alpha$ -tokoferol a  $\gamma$ -tokoferol užívají současně, je  $\gamma$ -tokoferol vylučován organismem přednostně (Papas, 2001).

Aktivitu vitaminu E mají také tokotrienoly, které slouží k prevenci některých nádorů a snižují hladinu cholesterolu. Na rozdíl od ostatních lipofilních vitaminů je vitamin E v organismu uchovávan pouze určitou dobu a až 75 % denní dávky je organismem vyloučeno. Látky, které se vyznačují stejnými účinky jako vitamin E, jsou tepelně odolné oleje, které jsou samy o sobě schopny přestát teploty až do 100 °C (Passwater, 2002).

Jedna z hlavních úloh vitaminu E je jeho působení při srážení krve, dále významně posiluje imunitní systém a chrání organismus před cévními a srdečními chorobami. Zdrojem vitaminu E jsou obiloviny, zejména obilné klíčky, sója, rostlinné oleje, brokolice, vejce a zelená listová zelenina. Vitamin E se také vyrábí synteticky a je zcela běžně přidáván do rostlinných olejů a krmných směsí pro hospodářská zvířata jako antioxidant (Žamboch, 1996).

Vitamin E se vstřebává v tenkém střevě a jeho vstřebávání je úzce spojeno s obsahem tuku v organismu, tzn., že při nedostatku tuku v potravě nebo při poruchách vstřebávání tuků může docházet k hypovitaminóze. Po vstřebání v tenkém střevě je vitamin E zabudován do chylomikronů a krví je roznášen do tkání a jater, kde se zabudovává do lipoproteinů. Do zásoby je pak ukládán v tukové tkáni (Aihara, 2009). Doporučená denní dávka vitaminu E je 8 - 20 mg (Hopfenzitz, 1999).

## **6.2. Výskyt v potravinách**

Vitamin E se nejvíce vyskytuje v potravinách rostlinného původu, v menším množství v živočišných potravinách, v houbách a kvasinkách (Papas, 2001). V následující tabulce je uveden výčet potravin, ve kterých se vyskytuje vitamin E.



Tabulka č. 6 – Potravinové zdroje vitamínu E

<b>Potraviny</b>	<b>mg vitamínu E/100 g</b>
Sójový olej	100
Ovesné vločky	15
Kukuřice (celé zrno)	10
Ledvinky	10
Olivový olej	8
Rýže celozrnná	5
Hovězí maso	4
Ječná mouka	4
Žloutek	3,5
Sardinky	3
Pšeničná mouka celozrnná	2,5
Zelenina	1,5-4
Máslo (v létě)	2,5
Špek	2,3
Pšeničná mouka	1,7
Hovězí játra	1,6
Sádlo	1,5
Vejce	1,2
Tvrdý sýr	1
Sýr niva	1
Králičí maso	0,75
Vepřové maso	0,6
Skopové maso	0,5
Drůbež	0,2
Mateřské mléko	0,66
Mléko	0,15

Žamboch, 1996

### 6.3. Účinek na živé organismy

Vitamin E slouží jako ochrana jiných vitaminů, hormonů, enzymů a tuků před volnými radikály. Má tedy antioxidační účinky, čili je schopen omezit vliv mnoha škodlivých látek, které se vyskytují v životním prostředí a podněcují vznik rakoviny. Organismus, který trpí nedostatkem vitaminu E, je náchylnější ke vzniku rakovinného bujení (Papavas, 2001). Vitamin E je důležitý k udržení zdravé buněčné stěny, zdravé kůže, svalů, nervů, erytrocytů, srdce a také je důležitý pro správnou funkci krevního oběhu. Chrání před vznikem srdečních a cévních chorob, společně s vitaminem B<sub>6</sub> snižuje projevy PMS, pomáhá při prevenci potratů, zlepšuje činnost vitaminu A v organismu. Zmírňuje bolesti a zánětlivé procesy při revmatu, přidává se do opalovacích krémů, v nichž tlumí účinky slunečního záření (Murray, 1996). Vitamin E v rostlinných olejích zabraňuje jejich znehodnocování. Jelikož je ale vitamin E citlivý na světlo, měly by se oleje uchovávat v tmavých lahvích nebo v temných prostorech (Ottaway, 1993).

Vitamin E, zvláště  $\alpha$ -tokoferol, je nejvýznamnějším lipofilním antioxidantem. Slouží jako ochrana nenasycených lipidů před poškozením volnými radikály. Společně s koenzymy Q a  $\beta$ -karotenem chrání integritu a strukturu biomembrán, což znamená, že chrání cytoplasmatické membrány a membrány buněčných organel. Slouží také jako ochrana lipoproteinů v plasmě (Velíšek, 2002). Je také jednou z látek, které se podílí na snižování rizika vzniku autoimunitních chorob<sup>14</sup> (Tomasello et al., 2015).

Vitamin E je považován za prevenci proti oxidaci lipidů biomembrán. Zpomaluje proces stárnutí organismu a uplatňuje se v prevenci vzniku rakoviny a kardiovaskulárních chorob (Velíšek, 2002). Jeho nedostatek se projevuje svalovou únavou, oxidačním stresem, zhoršením reflexů a soustředěnosti (Sullivan, 1998).

### 6.4. Doporučená denní dávka

Doporučená denní dávka vitaminu E se pohybuje v rozmezí 8 - 20 mg. Jeho potřeba se zvyšuje při vystavování se slunečnímu záření a škodlivým vlivům, při zvýšené tělesné námaze (až 50 mg denně) a při příjmu většího množství nenasycených mastných kyselin (Chong-Han, 2010). Osobám, které denně průměrně přijmou 14 - 19 g těchto mastných

---

<sup>14</sup> Autoimunitní onemocnění – stav, kdy organismus kromě cizích antigenů ničí i svoje vlastní buňky. Příkladem autoimunitního onemocnění je celiakie nebo roztroušená skleróza apod.

kyselin, se doporučuje denní příjem 15 mg vitamínu E. Na každý další přijatý gram nenasycených mastných kyselin připadá 0,5 - 0,6 mg  $\alpha$ -tokoferolu. Těhotné ženy by měly zvýšit příjem vitamínu E o 2 mg a kojící ženy o 5 mg (Velíšek, 2002). Nadměrně vysokému příjmu vitamínu E by se však měly vyhýbat. Při příjmu přes 300 mg denně může docházet k teratogenitě<sup>15</sup> plodu. Nicméně takto vysoký příjem vitamínu E není zdravý pro všechny lidi bez ohledu na těhotenství či zdravotní stav. Pokusy s příjmem extrémně vysokých dávek vitamínu E odhalily zvýšenou tendenci ke krvácení, snížené imunitě, k tvorbě zánětů kůže, poruchám trávení a zvyšování únavy (Papás, 2001).

Zdrojem vitamínu E jsou potraviny rostlinného i živočišného původu – maso, ovoce, zelenina. Jeho potřebu pokrývají především rostlinné tuky, zejména oleje (Tran, 2001).

V Tabulce č. 6 jsou uvedeny doporučené denní dávky vitamínu E podle pohlaví a věku.

## 6.5. Hypovitaminóza

Nedostatkem vitamínu E se nejčastěji vyskytuje u novorozeňat a adolescentů. Nedostatek se projevuje poruchami trávení a alergiemi. Ve vzácných případech hypovitaminózy vitamínu E může docházet k odbourávání nervové tkáně a svalové hmoty (Jopp, 2014).

Na základě provedené studie bylo potvrzeno, že u samců potkanů se nedostatek vitamínu E projevuje neplodností, u samic neschopností donosit počatá mláďata. U obou pohlaví také dochází k poruchám svalů (Kono et Arai, 2015).

Projevy nedostatku vitamínu E se u zdravých lidí zpravidla neobjevují, protože se vyskytuje ve všech základních druzích potravin a navíc je uložen do zásoby v tukové tkáni. Vstřebávání vitamínu E snižuje užívání antikoncepčních pilulek, cholestyraminu<sup>16</sup> a také vysoké dávky železa, hořčíku a mědi mohou snížit množství vitamínu E v těle. Negativní vliv na jeho vstřebávání mají dále tuky v některých margarínech, konzervovaných potravinách a znečištěné ovzduší (Mindell et Mundis, 2011).

---

<sup>15</sup> Teratogenita – je schopnost určité látky (v tomto případě vysokého obsahu vitamínu E) vyvolat vrozenou vývojovou vadu u vyvíjejícího se plodu.

<sup>16</sup> Cholestyramin - lék na snížení vysoké hladiny cholesterolu.

Tabulka č. 7 – Doporučené denní dávky vitamínu E

Věk	Tokoferol	
	<i>mg ekvivalentu<sup>2</sup>/den</i>	
	<i>muži</i>	<i>ženy</i>
<b>Kojenci</b>		
0-3 měsíce	3	3
4-11 měsíců	4	4
<b>Děti</b>		
1-3 roky	6	5
4-6 let	8	8
7-9 let	10	9
10-12 let	13	11
13-14 let	14	12
<b>Dospívající a dospělí</b>		
15-18 let	15	12
19-24 let	15	12
25-50 let	14	12
51-64 let	13	12
≥ 65 let	12	11
<b>Těhotné</b>		13
<b>Kojící<sup>3</sup></b>		17

<sup>1</sup> 1 µg ekvivalentu RRR- $\alpha$ -tokoferolu = 1 mg RRR- $\alpha$ -tokoferolu = 1,49 IE;

1 IE = 0,67 mg RRR- $\alpha$ -tokoferolu = 1 mg all-rac- $\alpha$ -tokoferylacetátu.

<sup>2</sup> 1 mg ekvivalentu RRR- $\alpha$ -tokoferolu (D- $\alpha$ -tokoferolu) = 1,1 mg RRR- $\alpha$ -tokoferylacetátu

(D- $\alpha$ -tokoferylacetátu) = 2 mg RRR- $\alpha$ -tokoferolu (D- $\beta$ -tokoferolu) = 4 mg RRR- $\gamma$ -tokoferolu

(D- $\gamma$ -tokoferol) = 100 mg RRR- $\delta$ -tokoferolu (D- $\delta$ -tokoferolu) = 3,3 mg RRR- $\alpha$ -tokotrienolu

(D- $\alpha$ -tokotrienol) = 1,49 mg all-rac- $\alpha$ -tokoferylacetátu (D,L- $\alpha$ -tokoferylacetátu).

<sup>3</sup> Příkladvek cca 260 µg ekvivalentu RRR-  $\alpha$ -tokoferolu na 100 g mateřského mléka.

## 6.6. Hypervitaminóza

Přijatelné množství vitamínu E pro organismus je do 100 mg denně. Dávky vyšší než 300 mg denně mohou zvýšit krvácivost u pacientů léčených kumariny<sup>17</sup>, způsobovat sníženou imunitu, únavu, poruchy trávení, zablokování vstřebávání vitamínu K a záněty kůže (Papas, 2001; Landrier, 2012; Kasper, 2015).

K hypervitaminóze vitamínu E však dochází jen zřídka. Z běžné stravy žádné nebezpečí nehrozí. Vysoké dávky, které by zapříčinily vznik hypervitaminózy, je možné docílit pouze pomocí vitaminového přípravku (Mandžuková, 2007; Goldsmith, 2012; Kono et Arai, 2015).

---

<sup>17</sup> Kumariny – látky zamezující srážení krve, tlumí křeče, podporují srdeční činnost, ovlivňují vstřebávání vápníku.

## 7. Vitamin K

### 7.1. Základní charakteristika

Vitamin K představuje skupina několika látek s podobnými fyzikálně-chemickými vlastnostmi. Jsou to deriváty menadionu (2methyl-1,4naftochinonu) s isoprenoidním nenasyčeným postranním řetězcem v poloze C-3 aromatického jádra. Do této skupiny patří vitamin K<sub>1</sub> (tzv. fylochinon, který obsahuje hexahydrotetraprenylový řetězec fytyl a vyskytuje se v potravinách rostlinného původu), vitamin K<sub>2</sub> (tzv. menachinon, který je produkován mnoha bakteriemi a aktinomycetami) a vitamin K<sub>3</sub> (tzv. menadion, což je syntetická látka). Redukcí menadionu vzniká menadiol a odvozené sloučeniny, mezi které patří např. menadiol-diacetát nebo menadiol-dibutyrát a ty jsou označovány jako vitamin K<sub>1</sub> (Velíšek, 2002).

Vitamin K v lidském organismu podporuje srážlivost krve a společně s vitaminem D se podílí na neustálé tvorbě a přestavbě kostí. U starších lidí udržuje zdravé kosti a podle některých výzkumů dokáže společně s vitaminem D zmírnit problémy při osteoporóze (Murray, 1996). U ptáků a savců je vitamin K v redukované formě esenciálním faktorem pro karboxylaci vybraných bílkovin, resp. jsou esenciálním faktorem pro karboxylaci vázané glutamové kyseliny na  $\gamma$ -karboxyglutamovou kyselinu. Zbytky této kyseliny dávají proteinům schopnost vázat vápenaté ionty a fosfolipidy, které jsou nezbytné pro jejich aktivaci a funkci při srážení krve. Nejznámější reakcí je přeměna neaktivního protrombinu<sup>18</sup> na aktivní trombin<sup>19</sup> (Velíšek, 2002).

V plasmě je hlavní formou vitaminu K fylochinon (obr. č. 4a), který je transportovaný ve vazbě na určitý druh lipoproteinu VLDL. V játrech tvoří asi 90 % vitaminu K menachinony (obr. č. 4b) MK-7 až MK-12 (Velíšek, 2002). Vitamin K se přidává jako aditivum do krmných směsí kuřat, kde slouží jako prevence krvácení do svalů a kůže (Společnost pro výživu, 2011).

Výzkumy ukázaly, že vysoký příjem vitaminu K může vést ke zvýšenému krvácení, proto by se lidé, kteří musí brát léky na zředění krve (tzv. antikoagulanty), měli vitaminu K vyhýbat (Reavley, 1998). Jelikož je ale vitamin K vytvářen ve střevech bakteriemi *coli*, je úplné zamezení jeho příjmu nemožné. Také vysoké dávky vitaminů A a E působí proti účinkům

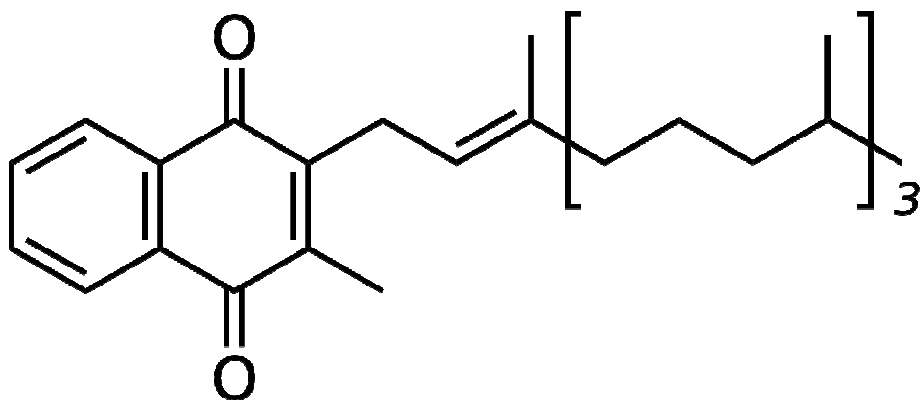
---

<sup>18</sup> Protrombin - glykoprotein, který je aktivován v průběhu krevního srážení na trombin.

<sup>19</sup> Trombin - aktivní proteolytický enzym, který přeměňuje fibrinogen na fibrin.

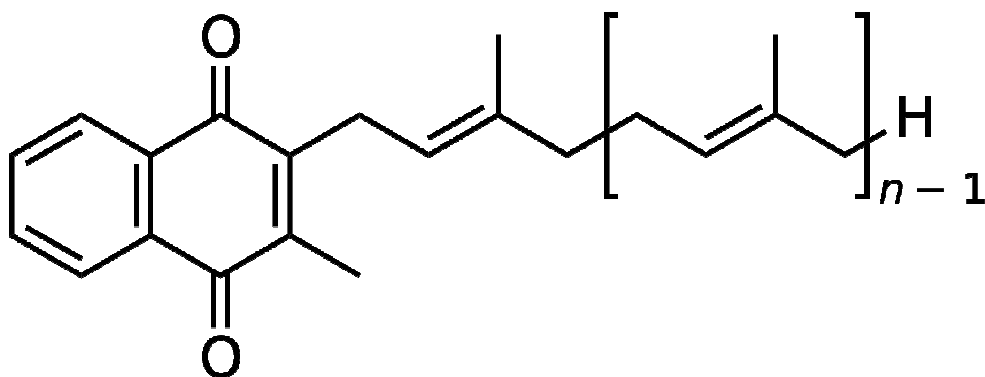
vitaminu K a v takových případech také dochází k nekontrolovanému krvácení (Hopfenzitz, 1999).

Obrázek č. 4a – Chemické složení vitaminu K<sub>1</sub> (fylochinon)



Velíšek, 2002

Obrázek č. 4b – Chemické složení vitaminu K<sub>2</sub> (menachinon)



Velíšek, 2002

## 7.2. Výskyt v potravinách

Zdrojem vitaminu K jsou potraviny rostlinného i živočišného původu (Silverman et al., 1999). V následující tabulce (č. 8) je uvedeno několik potravin, ve kterých se tento vitamin vyskytuje.

Tabulka č. 8 – Potravinové zdroje vitamínu K

Potraviny	µg vitamínu K/100 g
Červené zelí	3200
Bílé zelí	1600
Vepřová játra	600
Žloutek	500
Rajče	400
Lískový ořech	240
Šípek	200
Hrách	200
Hovězí játra	200
Vejce (celé)	160
Vepřové maso	150
Králičí maso	150
Skopové maso	150
Hovězí maso	140
Jahody	120
Petržel	100
Brambory vařené	100
Květák	60
Ovesné vločky	40
Pšeničná mouka celozrnná	40
Drůbeží maso	25
Mléko	4
Mateřské mléko	1

Žamboch, 1996

Zdrojem vitamínu K jsou potraviny rostlinného i živočišného původu (Moyad et al., 2014). Z následující tabulky vyplývá, že nejvíce vitamínu K obsahují játra, např. ve vepřových játrech bylo identifikováno více než 10 aktivních látek, mezi které patří vitamin K<sub>1</sub>, MK-4 (H<sub>4</sub>) a MK-7 až MK-10 (Velíšek, 2002). V potravinách rostlinného původu se vyskytuje výhradně vitamin K<sub>1</sub>, který je součástí chloroplastů (Murray, 1996). Bohatým zdrojem jsou hlavně listové zeleniny, více vitamínu K se vyskytuje v zelených částech



na okraji hlávek než ve žlutých listech uvnitř hlávky. Dobrým zdrojem jsou také rostlinné oleje. Naopak malé množství vitamínu K se vyskytuje v obilovinách, bramborách a ovoci (Price, 2015).

### 7.3. Účinek na živé organismy

V současné době je známo přibližně 100 látek s účinky vitamínu K (Ortemberg, 2003). Nejvýznamnější jsou vitamín K<sub>1</sub> z rostlinné stravy a K<sub>2</sub> vytvářený symbiotickými bakteriemi ve střevech člověka. Vstřebávání těchto vitamínů je podporováno esenciálními mastnými kyselinami (Gorska et al., 2004). Některé literární zdroje uvádějí, že podávání antibiotik může způsobit akutní avitaminózu a s ní spojené poruchy srážení krve (Gorska et al., 2004; Mindell et Mundis, 2011; Lieberman et Bruning, 2007).

Příjem vitamínu K by se měl zvýšit při poruchách tvorby žluči, cystické fibróze<sup>20</sup>, při dlouhodobém podávání antibiotik, při chronických gastrointestinálních potížích, v případě užívání léků na TBC, statinů<sup>21</sup>, laxativ, hypnotik a léků působících proti křečím (Landrier, 2012).

### 7.4. Doporučená denní dávka

Denní potřeba vitamínu K se pohybuje okolo 0,01 - 0,14 mg (Fořt, 2011). Nižší potřebu příjmu vitamínu K mají kojenci a děti do tří let. Od čtyř let pak potřeba vitamínu K stoupá a u mužů i žen se pohybuje na stejné úrovni. Mnohé studie prokázaly, že denní příjem vitamínu K potravou činí 0,3 - 0,5 mg. Nicméně pouze 30 – 70 % takto přijatého vitamínu je absorbováno ve střevech, tzn., že asi 40 – 50 % potřebné denní dávky je získáváno prostřednictvím stravy a zbylých 50 – 60 % produkuje intestinální mikroflóra<sup>22</sup> (Společnost pro výživu, 2011).

Doporučené denní dávky vitamínů K jsou uvedeny v Tabulce č. 9.

---

<sup>20</sup> Cystická fibróza – nejčastější autozomálně recesivně dědičné onemocnění. Onemocnění je způsobeno mutací v genu CFTR, který řídí syntézu bílkovin v buněčných organelách.

<sup>21</sup> Statiny – léky, které můžeme řadit mezi léky na vysoký cholesterol.

<sup>22</sup> Intestinální mikroflóra - směs více než 400 různých bakteriálních druhů. Je důležitá pro správnou funkci trávicího traktu. Přítomné bakterie jsou důležité pro správný vývoj imunitního systému a slouží k ochraně lidského zdraví.

Tabulka č. 9 – Doporučené denní dávky vitamínu K

Věk	Vitamin K $\mu\text{g}/\text{den}$	
	<i>muži</i>	<i>ženy</i>
<b>Kojenci</b>		
0-3 měsíce		4
4-11 měsíců		10
<b>Děti</b>		
1-3 roky		15
4-6 let		20
7-9 let		30
10-12 let		40
13-14 let		50
<b>Dospívající a dospělí</b>		
15-18 let	70	60
19-24 let	70	60
25-50 let	70	60
51-64 let	80	65
$\geq$ 65 let	80	65
<b>Těhotné</b>		60
<b>Kojící</b>		60

Společnost pro výživu, 2011

V následující tabulce (č. 10) jsou uvedeny potraviny obsahující vitamin K včetně jeho množství v  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ .

Tabulka č. 10 – Obsah vitaminu K v potravinách rostlinného i živočišného původu

<b>Potravina</b>	<b><math>\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}</math> (nebo <math>\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}</math>) v jedlém podílu</b>
Maso	0,03
Játra	1,1 – 4,0
Mléko	0,01 – 0,03
Vejce	0,02
Chléb	0,004
Zelí	1,1 – 2,5
Brokolice	1,5 – 1,8
Špenát	2,0 – 14,4
Fazolové lusky	0,1 – 0,5
Hrášek	0,4
Rajčata	0,02 – 0,06
Mrkev	0,01 – 0,05
Brambory	0,01 – 0,02
Jahody	0,01
Olej sójový	1,39 – 2,90
Olej řepkový	1,14 – 1,88
Olej slunečnicový	0,09
Olej olivový	0,3 – 0,8

Velíšek, 2002

## **7.5. Hypovitaminóza**

Nejčastější příčinou hypovitaminózy vitamínu K je narušení střevní mikroflóry podáváním různých léčiv – např. antibiotik, která se používají k vyhubení bakterií. Ty však zabíjí všechny jejich druhy a to škodlivé i prospěšné (Goldsmith, 2012). Proto by lidé užívající antibiotika měli doplňovat střevní bakterie pomocí různých probiotických přípravků. Dále cholestyramin, který se používá ke snížení hladiny cholesterolu, nebo acylpyrin, užívaný k úlevě od bolesti, mohou způsobit snížení vstřebávání vitamínu K (Gorska et al., 2004).

Další příčinou nedostatku jsou onemocnění jater nebo zablokování žlučnickových cest (žlučové kameny), (Lieberman et Bruning, 2007). Pokud matka v době kojení užívá některé výše uvedené léky, je i novorozenec v ohrožení vzniku hypovitaminózy. Tyto děti by měly dostávat vitamin K preventivně (Murray, 1996). Dalším projevem nedostatku je zvýšená náchylnost ke krvácení z důvodu chybějících faktorů, které ovlivňují srážení krve. Častým projevem je krvácení dásní (Fořt, 2011).

## **7.6. Hypervitaminóza**

Nadbytek vitamínu K snižuje vstřebávání léků působících na krevní srážlivost, např. warfarinu. Toxicita vitamínu K<sub>1</sub> nebyla prokázána. Hypervitaminóza syntetického vitamínu K<sub>3</sub> způsobuje poškození buněk volnými radikály (Suttie, 2009). Příliš vysoké dávky daného vitamínu se mohou v organismu hromadit a vést k rozpadu erytrocytů nebo k poškození jater. V organismu dětí byl, v důsledku nahromadění vitamínu K<sub>3</sub>, pozorován vznik žloutenky (Gorska et al., 2004).

## **8. Vliv skladování a kulinární úpravy potravin na obsah lipofilních vitaminů**

### **8.1. Vitaminy a jejich ztráty při zpracování**

Vitaminy jsou jednou z mála skupin složek potravin, u kterých je možné prokázat snížení jejich obsahu při skladování a kulinářské úpravě. Stupeň snížení obsahu vitaminů je dán řadou faktorů, z nichž nejvýznamnější jsou teplota, vlhkost, kyslík, světlo, pH, oxidační a redukční činidla, přítomnost kovových iontů, přítomnost jiných vitaminů a ostatních složek potravy jako je např. oxid uhličitý nebo kombinace výše uvedených faktorů (Dostálová, 2008).

Při kulinární neboli kuchyňské úpravě se z potravin připravují pokrmy. Jejím cílem je zvýšit stravitelnost potravin a využitelnost živin. Kulinární úprava musí zajistit zdravotní nezávadnost pokrmů, tzn., musí dojít ke zničení všech nežádoucích a patogenních mikroorganismů, popřípadě toxinů (Silverman et al., 1999).

Přípravou pokrmů dále dochází ke snížení obsahu znečišťujících látek, jako jsou chemické látky a jiné kontaminanty, které se do potravin dostávají zemědělskou činností (používání pesticidů a herbicidů). Kulinární úpravou také dochází ke snížení obsahu přirozených toxinů, které se vyskytují zejména v potravinách rostlinného původu a mají negativní vliv na lidské zdraví. Toho všeho by se mělo dosáhnout s minimální ztrátou živin (bílkoviny, sacharidy, tuky) a ochranných látek (vitaminy a minerální látky), (Ottaway, 1993).

Vitaminy se rozlišují na stabilní, mezi které patří vitamin D, E, biotin, niacin, B<sub>6</sub> a B<sub>2</sub>, a labilní vitaminy, ke kterým se řadí vitamin A, K, B<sub>1</sub>, B<sub>12</sub>, vitamin C, listová a pantotenová kyselina (Velíšek, 2002).

Využití vitaminů v organismu je závislé na surovině, ve které se vyskytují, na způsobu zpracování a na schopnosti organismu dokázat daný vitamin využít. Lidský organismus lépe využívá vitaminy, které jsou obsaženy v živočišných zdrojích (Kasper, 2015).

Vstřebávání vitaminů také ovlivňují vnější vlivy, jako jsou doba sklizně, způsob a délka uskladnění, teplota při skladování, způsob a délka přepravy, konzervování, kuchyňská úprava a pochody před ní (Hopfenzitz, 1999).

Vitaminy jsou citlivé na světlo a teplo a náchylné k působení kovů a k oxidaci (Ottaway, 1993).

### 8.1.1. Vitamin A

Vitamin A se řadí k labilním vitaminům. Je citlivý na teplo, světlo a kyslík. Ztráty při šetrné přípravě pokrmů a při obvyklých stravovacích zvyklostech činí přibližně 20 %. Aktivita provitaminů se snižuje tvorbou cis-isomerů vznikajících působením světla a tepla bez přístupu kyslíku (Dostálová, 2008).

Vitamin A v mléce je při zpracování mléčné suroviny považován za stabilní. Jeho obsah v syrovém a sterilovaném mléce a v mléce ošetřeném UHT technologií se výrazně neliší. Nicméně není doporučeno vystavovat mléko či máslo dlouhodobým účinkům vysokých teplot, protože dochází ke snížení aktivity vitaminu A (Michlová et al., 2015).

### 8.1.2. Vitamin D

Skladováním ani přípravou není aktivita vitaminu D významně ovlivněna. Je citlivý na kyslík, světelné záření a je rezistentní do teploty 180 °C. Ztráty vitaminu D z potravin činí asi 10 % (Kasper, 2015).

### 8.1.3. Vitamin E

Vitamin E je považován za nejvíce stabilní lipofilní vitamin. Přirozeně se vyskytující formy vitaminu E (tokoferoly) jsou více stabilní než estery tokoferolů (Velíšek, 2002).

Při zpracování potravin dochází jen k minimálním ztrátám tokoferolu. Vitamin E je však citlivý na světlo a UV paprsky. V přítomnosti žluklých tuků dochází k rychlé oxidaci kyslíkem. Bez přítomnosti kyslíku a peroxidů jsou tokoferoly rezistentní do teploty 200 °C. Při pH pod 7 je vitamin E stabilní (Ottaway, 1993).

Specifická vlastnost vitaminu E spočívá v jeho snížené stabilitě při teplotách pod bodem mrazu. Bylo prokázáno, že při skladování potravin obsahujících vitamin E při teplotě -12°C, došlo k velikým ztrátám  $\alpha$ -tokoferolu (Kasper, 2015).

Ztráty vitaminu E při přípravě pokrmů zasyrova jsou nízké, činí přibližně 10 %. Při dušení, vaření a smažení se ztrácí 20 – 25 % vitaminu E (Silverman et al., 1999). Největší ztráty vznikají při pečení (až 60 %), opékání a dušení (Ottaway, 1993).

Pokud se potraviny obsahující vitamin E zamrazí a skladují, obsah tokoferolu postupně klesá. Při opětovném zahřívání tuků při pečení prakticky dojde ke zničení veškerého tokoferolu (Dostálová, 2008).

### 8.1.4. Vitamin K

O stabilitě vitamínu K doposud nebylo zjištěno mnoho informací. Nicméně je prokázáno, že se rychle rozkládá na světlo. Není však citlivý na teplo a působení kyslíku. Jeho ztráty při přípravě pokrmů jsou nízké (Kasper, 2015).

### 8.2. Ztráty vitaminů při vaření masa

Tabulka č. 11 popisuje ztráty lipofilních vitaminů v % v hovězím, vepřovém a kuřecím mase v průběhu vaření.

Tabulka č. 11 – Ztráty lipofilních vitaminů při vaření

Vitamin	celkové ztráty/ztráty rozkladem při vaření (%)		
	hovězí	vepřové	kuřecí
<b>Vitamin A</b>	25/20	25/20	45/20
<b>Vitamin D</b>	25/20	25/20	45/20
<b>Vitamin E</b>	25/0	25/0	45/0
<b>Vitamin K</b>	25/0	25/0	45/0

Dostálová, 2008

### 8.3. Stabilita lipofilních vitaminů

V následující tabulce (č. 12) je uveden souhrn faktorů – teplo, světlo, kyslík, pH, oxidační a redukční činidla, kovové ionty, ionizující záření – které působí na vitaminy rozpustné v tucích.

Tabulka č. 12 – Stabilita lipofilních vitaminů

	Vitamin A	$\beta$ -karoten	Vitamin D	Vitamin E	Vitamin K
<b>Teplo</b>	-	-	-	nestabilní (v přítomnosti vzduchu)	-
<b>Světlo</b>	nestabilní	nestabilní	nestabilní	nestabilní	nestabilní
<b>Vzduch</b>	velmi nestabilní	nestabilní	nestabilní	-	nestabilní
<b>pH</b>					
< 7	nestabilní	nestabilní	-	-	-
> 7	-	-	-	-	nestabilní
<b>Oxidační činidla</b>	-	-	-	-	-
<b>Redukční činidla</b>	-	-	-	-	-
<b>Kovové ionty</b>	nestabilní	-	-	-	-
<b>Ionizující záření</b>	nestabilní	-	-	nestabilní	nestabilní
<b>Další informace</b>	snadno podléhá isomeraci	-	snadno podléhá isomeraci	estery vitaminu E jsou velmi stabilní	snadno podléhá isomeraci

Ottaway, 1993



#### 8.4. Obsah vitaminů A a E v mléce

Mléko a mléčné výrobky tvoří nedílnou součást lidské stravy už od první domestikace zvířat. Dominujícím zdrojem ve většině zemí je kravské mléko. Vzhledem k zajímavým vlastnostem, jako je hypoalergenita nebo lepší stravitelnost, se však v současné době začíná stále víc využívat mléko ovčí a kozí. Kozí mléko je nejčastěji využíváno k tvorbě mléčných výrobků, zatímco ovčí mléko se využívá zejména k výrobě sýrů (Michlová et al., 2015).

Mléko obsahuje poměrně malé množství vitaminů A a E, vzhledem k jeho časté konzumaci se však jedná o relativně významný zdroj. Obsah výše zmíněných vitaminů v mléce je závislý na mnoha faktorech, jako jsou druh zvířete, plemeno, stádium laktace a individuální zdravotní stav (Kasper, 2015). Morand-Fehr et al. (2007) společně se Zervas et Tsilapkou (2011) navíc ještě uvádí, že na obsah těchto dvou lipofilních vitaminů má vliv i technologické a tepelné zpracování mléka.

Problematikou působení vnějších faktorů na obsah lipofilních vitaminů se zabývaly i Michlová et al. (2015) a ve své studii porovnávaly obsah vitaminů A a E v mléce různých plemen ovcí a koz chovaných na devíti různých farmách. Zjistily, že na obsah těchto dvou lipofilních vitaminů má významný vliv způsob chovu hospodářských zvířat a krmný systém. Stanovené hladiny vitaminů A a E v ovčím mléce se pohybovaly od  $0,44 \text{ mg.kg}^{-1}$  do  $1,80 \text{ mg.kg}^{-1}$  u vitaminu A, a od  $0,45 \text{ mg.kg}^{-1}$  až  $9,61 \text{ mg.kg}^{-1}$  u vitaminu E. V kozím mléce se obsah vitaminů pohyboval v rozmezí od  $0,30 \text{ mg.kg}^{-1}$  do  $1,36 \text{ mg.kg}^{-1}$  pro vitamin A, a od  $0,33 \text{ mg.kg}^{-1}$  až  $2,56 \text{ mg.kg}^{-1}$  pro vitamin E. Variabilita obsahu vitaminu E v mléce malých přežvýkavců ze všech zemědělských podniků, které byly zahrnuty do studie, byl 52,9 %, což byla více než dvakrát vyšší hodnota než variabilita v obsahu vitaminu A, která činí 23,6 %.

Kondyli et al. (2012) studovali rozdíl v obsahu vitaminů A a E u dvou plemen ovcí. Zjistili, že rozdíly v obsahu vitaminu A v mléce u různých plemen existují, ovšem výkyvy v obsahu vitaminu E nebyly popsány. Dále zjistili, že kozí mléko má nižší obsah vitaminů A i E než ovčí mléko.

Mnohé studie (Dostálová, 2008; Chong-Han, 2010) dále ukázaly, že procentuální podíl mléčného tuku je významným faktorem, který ovlivňuje obsah vitaminů A a E v mléce. Tento objev potvrzuje i studie, kterou učinily Michlová et al. (2015). Podle nich korelační koeficient dosahuje hodnot  $R^2 = 0,57$ , což odpovídá středně silnému vztahu mezi obsahem vitaminu A a E v mléce a procentem mléčného tuku. Tento předpoklad potvrzuje i zjištění, že v ovčím mléce, které obsahuje více tuku, se vyskytuje více vitaminu A a E, než v mléce kozím.

Dalším významným objevem bylo zjištění, že k výkyvům v obsahu vitaminů A a E dochází i v průběhu laktace. Michlová et al. (2015) popsaly, že obsah obou vitaminů v ovčím i kozím mléce byl na počátku období laktace statisticky významně odlišný od jejich obsahu na konci laktačního období. V polovině laktace se jejich obsah příliš nelišil. Rozdíly v obsahu vitaminu E v mléce na začátku a na konci laktačního období byly podstatně větší, než rozdíly v obsahu vitaminu A. Bylo vyzorováno, že obsah vitamínu A se v průběhu laktace o něco snížil, zatímco obsah vitamínu E naopak o něco vzrostl. Ke zvýšení obsahu obou vitaminů v mléce došlo na konci období laktace, což velmi dobře koresponduje s vyšším podílem mléčného tuku, který se vyskytuje na samém konci laktačního období.

#### **8.4.1. Vliv pasterace na obsah vitaminů A a E v mléce**

Je obecně známo (Dostálová, 2008; Hlúbik et Opltová, 2004; Kasper, 2015), že obsah vitaminů se snižuje v průběhu zpracování a technologických procesů. K poklesu obou lipofilních vitaminů v ovčím a kozím mléce dochází nejčastěji používáním vysokých teplot pro ošetření mléka a v průběhu pasterace.

Podle Michlové et al. (2015) byl pokles vitaminu A v kozím mléce v rozmezí od 4 % do 27 % a v ovčím mléce se pohyboval mezi 1 % až 57 %. Průměrná ztráta vitaminu A tedy byla 13 % v kozím mléce a 14 % v mléce ovčím.

Pokles vitaminu E v pasterovaném ovčím mléce se pohyboval okolo 1 % až 70 %, v pasterovaném kozím mléce mezi 6 % až 31 %. Průměrná ztráta vitaminu E tak činila 23 % v ovčím mléce a 14 % v kozím (Michlová et al., 2015).

Další studie rovněž popisují pozorovaný pokles obou vitaminů v průběhu pasterace, který činí téměř 50 %. Na druhou stranu Pol et Groot (1990) uvádí, že pasterace na změnu obsahu vitaminů A nemá žádný vliv. Öste et al. (1997) však ve své studii uvedli, že ztráta vitaminu E během pasterace činila 5 %. Obdobně podle Holta (1995) pokles vitaminu A v mléce v průběhu pasterace představuje přibližně 6 %.

Výsledky daných studií se výrazně lišily. Jelikož studie probíhaly v různých zemědělských podnicích, a to především na soukromých farmách, předpokládá se, že rozdíly v naměřených hodnotách byly způsobeny použitím odlišných postupů v průběhu pasterace – nemusel být vždy dodržen standardní postup, např. k ochlazení mléka po pasteraci nedošlo dostatečně rychle nebo pasterace probíhala za vyšší teploty či po delší dobu. Významný vliv na průběh pasterace mají také zaměstnanci, kteří musí být k pracovnímu úkonu řádně vyškoleni a mít dostatečnou praxi.

Závěrem lze říct, že při dodržení standardních postupů během pastérace, odpovídají ztráty vitaminů A a E hodnotám 13 % až 14 % v ovčím mléce a 14 % až 23 % v kozím mléce.

## 9. Závěr

Tato bakalářská práce se zabývala problematikou výživy a její důležitostí v životě každého jedince. Práce zdůraznila, že výživa je důležitým faktorem vnějšího prostředí, který ovlivňuje zdraví člověka. Podle odborníků je její podíl odhadnut v rozmezí 20 – 60 %. Vzhledem k tomu, že je toto procento opravdu vysoké, měli by lidé tématu věnovat více pozornosti. Bude-li se jedinec dostatečně věnovat své výživě, bude předcházet zdravotním komplikacím a zajistí si jak fyzické, tak psychické zdraví.

Pro to, aby bylo možné organismu zajistit dodání potřebného množství vitaminů, je třeba dbát nejen na správný výběr potravin a sledovat jejich konzumované množství, ale umět s nimi správně zacházet při přípravě pokrmů.

Komplexním cílem této bakalářské práce bylo seznámení s významem lipofilních vitaminů. Bylo prokázáno, že různé věkové kategorie lidí mají odlišné nároky na denní příjem vitaminů. Proto se tato práce také věnovala optimálnímu množství vitaminů pro jednotlivé věkové skupiny. Významnou součástí bakalářské práce bylo nalezení zdrojů potravin obsahujících lipofilní vitaminy. Bylo zjištěno, že vitaminy rozpustné v tucích se vyskytují v potravinách rostlinného i živočišného původu, a že jejich vstřebávání je závislé na přítomnosti tuků v potravě.

V práci bylo popsáno, že vitamin A slouží k posílení obranyschopnosti organismu, ovlivňuje proces vidění a má antioxidační vlastnosti. Doporučená denní dávka tohoto vitaminu je 800 µg pro dospělého zdravého člověka. U dětí do 7 let je tato potřeba o něco nižší, pohybuje se od 0,5 do 0,7 µg. Od 8. roku života se postupně zvyšuje na již zmíněnou hodnotu. Nejbohatším zdrojem vitaminů A jsou potraviny živočišného původu, zejména telecí játra a rybí tuk. V potravinách rostlinného původu se vitamin A vyskytuje ve formě β-karotenu. Nejvíce ho je v palmovém oleji, mrkvi či petrželi.

Dále bylo zjištěno, že vitamin D se podílí na regulaci homeostázy vápníku a fosforu, také se podílí na stavbě kostí, dělení a diferenciaci buněk. Denní potřeba vitaminu D se pohybuje v rozmezí 2,5 – 10 µg. V průběhu života se tato potřeba v podstatě nemění.

Nejvýznamnějšími potravinovými zdroji vitaminu D jsou olej z rybích jater či maso. Ve formě ergosterolu se pak také vyskytuje v obilovinách a cereálních výrobcích.

Dále bylo prokázáno, že vitamin E je významným antioxidantem, který chrání organismus před volnými radikály. Jeho denní potřeba činí 8 – 20 mg, přičemž bylo zjištěno, že potřebné množství výše zmíněného vitaminu se v průběhu života mění. Největší potřeba se projevuje

ve věku od 15 let a v době těhotenství. Zdrojem vitamínu E jsou zejména potraviny rostlinného původu, jako jsou sójový olej či ovesné vločky.

Vitamin K hraje nezastupitelnou roli při srážení krve a účastní se biosyntézy bílkovin. Jeho doporučená denní potřeba se pohybuje okolo 0,01 – 0,14 mg. Od narození až do 15. roku života se potřeba vitamínu K u žen a mužů neliší. Od 16. roku se u mužů začíná projevovat o něco vyšší potřeba, zhruba Zdrojem o 10 µg. Nejvíce vitamínu K se vyskytuje v telecích játrech, v mase a v mléce. V rostlinných zdrojích, kde je zastoupen vitamin K<sub>1</sub>, jsou zelí, rajčata či petržel.

V poslední části této práce bylo prokázáno, že ani správný výběr potravin obsahujících velké množství lipofilních vitaminů nezajistí jejich doplnění, pokud potraviny nebudeme upravovat vhodným kulinárním způsobem. U lipofilních vitaminů musíme dbát zejména na způsob skladování, jelikož jsou náchylné především na působení světla a kyslíku.

Cílem této bakalářské práce bylo upozornit na nezbytnost kvalitní výživy lidí a správné zacházení s potravinami. Praktické využití této práce je možno vidět jako přínos pro lidi, kteří trpí zdravotními problémy, ale i pro jedince, kteří zatím problémy nemají, ovšem při nedodržování životosprávy se jejich stav může změnit. Tyto informace tedy mohou sloužit jako prevence před vznikem nejrůznějších zdravotních komplikací, které s sebou přináší hypovitaminóza či hypervitaminóza.

## 10. Seznam obrázků

Obrázek č. 1: Chemické vzorec vitamínu A (retinol)

Obrázek č. 2: Chemický vzorec vitamínu D<sub>2</sub> a D<sub>3</sub>

Obrázek č. 3: A: chemická struktura tokoferolu, B: chemická struktura tokotrienolu

Obrázek č. 4a: Chemický vzorec vitamínu K<sub>1</sub>

Obrázek č. 4b: Chemický vzorec vitamínu K<sub>2</sub>

## **11. Seznam tabulek**

Tabulka č. 1: Obsah  $\beta$ -karotenu ve vybraných potravinách

Tabulka č. 2: Potravinové zdroje vitamínu A

Tabulka č. 3: Doporučené denní dávky vitamínu A

Tabulka č. 4: Potravinové zdroje vitamínu D

Tabulka č. 5: Doporučené denní dávky vitamínu D

Tabulka č. 6: Potravinové zdroje vitamínu E

Tabulka č. 7: Doporučené denní dávky vitamínu E

Tabulka č. 8: Potravinové zdroje vitamínu K

Tabulka č. 9: Doporučené denní dávky vitamínu K

Tabulka č. 10: Obsah vitamínu K v potravinách rostlinného i živočišného původu

Tabulka č. 11: Ztráty lipofilních vitamínů při vaření

Tabulka č. 12: Stabilita lipofilních vitamínů

## 12. Seznam použité literatury

- AIHARA, H. 2009. Kyseliny a zásady. ANAG. Olomouc. 117 s. ISBN 978-80-7263-531-3.
- BARTIMEUS, P. 2009. 100 nej léčivých potravin. Slovart. Praha. 128 s. ISBN 978-80-7391-275-8.
- BRIGERIUS-FLOHÉ, R., TRABER M. G. 1999. Vitamin E: function and metabolism, FASEB J., vol, 13. p. 1145-1155.
- CARD, D. J., GORSKA, R., CUTLER, J., HARRINGTON, D. J. 2014. Vitamin K metabolism: Current knowledge and future research. Molecular Nutrition and Food Research. 58(8). 1590-1600.
- CARPER, J. 1997. Potraviny - zázračné léky: jak pomocí potravin a správných stravovacích návyků zajistit prevenci a vyléčení více než 100 nemocí. Votobia. Olomouc. 588 s. ISBN 80-7198-222-9.
- DOSTÁLOVÁ, J. 2008. Co se děje s potravinami při přípravě pokrmů. Forsapi. Praha. 54 s. ISBN 978-80-903820-8-4.
- FANTÓ, A. Vitamíny a prevence: příručka k dosažení dlouhověkosti a svěžesti pomocí vitamínů a minerálních látek. 1993. Dona. České Budějovice. ISBN 80-85463-18-0.
- FOŘT, P. 2011. Zdraví a potravní doplňky: souhrnný přehled potravních doplňků pro racionální výživu a péči o zdraví: při jakých potížích je užívat, hodnocení jejich účinnosti, doporučené denní dávky: vitaminy, minerální látky, beta-glukany, aminokyseliny, mozkové nutrienty, byliny, řasy, chrupavky, propolis, ovosan a další. Euromedia Group. Praha. 398 s. ISBN 978-80-86938-96-7.
- GOLDSMITH, S. 2012. Vitamin green. NY: Phaidon. New York. p. 352. ISBN 0714862290.
- HLÚBIK, P., OPLTOVÁ, L. 2004. Vitaminy. Grada Publishing, a.s. Praha. 232 s. ISBN 80-247-0373-4.
- HOPFENZITZ, P. 1999. Minerální látky: udržují tělo fit. Ikar. Praha. 88 s. ISBN 80-7202-546-5.
- CHONG-HAN, K. 2010. Dietary Lipophilic Antioxidants: Implications and Significance in the Aging Process. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 50(10). 931-937.



- JOPP, A. 2014. Vitaminy a stopové prvky pro zdraví: optimalizace látkové výměny: význam pro imunitní a nervový systém: osobní program minerálních látek. Eminent. Praha. 223 s. ISBN 978-80-7281-489-3.
- KASPER, H. 2015. Výživa v medicíně a dietetika. Grada. Praha. 592 s. ISBN 978-80-247-4533-6.
- KHALSA, S. 2009. The vitamin D revolution: how the power of this amazing vitamin can change your life. Calif: Hay House. Carlsbad. p. 192. ISBN 1401924700.
- KONDYLI, E., SVARNAS, C., SAMELIS, J., KATSIARI, M.C. 2012. Chemical composition and microbiological quality of ewe and goat milk native Greek breeds. Small Ruminant Researches, 103: 194-199.
- KONO, N., ARAI, H. 2015. Intracellular Transport of Fat-Soluble Vitamins A and E. Traffic. 16 (1). 19-34.
- LANDRIER, J. F., MARCOTORCHINO, J., TOURNIAIRE, F. 2012. Lipophilic Micronutrients and Adipose Tissue Biology. Nutrients. 4 (11). 1622-1649.
- LIEBERMAN, S., BRUNING, N. 2007. The real vitamin and mineral book the definitive guide to designing your personal supplement program. Avery. New York. p. 448. ISBN 9781101118771.
- LU, D., YANG, Y., LI, Y. X., SUN, C. J. 2015. Analysis of Tocopherols and Tocotrienols in Pharmaceuticals and Foods: A Critical Review. Current Pharmaceutical Analysis. 11 (1). 66-78.
- MANDŽUKOVÁ, J. 2007. Potraviny pro zdravou výživu od A do Z. Vyšehrad. Praha. 125 s. ISBN 978-80-7021-865-5.
- MICHLOVÁ, T., DRAGOUNOVÁ, H., HORNÍČKOVÁ, Š., HEJTMNÁKOVÁ, A. 2015. Factors influencing the content of vitamins A and E in sheep and goat milk. Czech J. Food Sci., 33: 58-65.
- MINDEL, E., MUNDIS, H. 2011. Earl Mindell's new vitamin bible. Grand Central Life and Style. New York. p. 608. ISBN 0446561983.
- MOYAD, M., LEE, J. 2014. The supplement handbook: a trusted expert's guide to what works and what's worthless for more than 100 conditions. Pennsylvania: Rodale. Emmaus. ISBN 1623360358.

- MÜLLER-URBAN, K., HYLLA, S. 2004. Vitaminy na vašem stole. Albatros. Praha. 189 s. ISBN 80-00-01315-0.
- MURRAY, M. T. 1996. Encyclopedia of nutritional supplements: the essential guide for improving your health naturally. Calif.: Prima Pub. Rocklin. p. 576. ISBN 0761504109.
- ORTEMBERG, A. 2003. Mládneme s antioxidanty. Ivo Železný. Praha. 126 s. ISBN 80-237-3742-2.
- OTTAWAY, P. 1993. The Technology of vitamins in food. NY: Blackie Academic and Professional. New York. p. 270. ISBN 0751400920.
- PAPAS, A. 2001. Vitamin E: zázračný antioxidant při prevenci a léčbě srdečních chorob, rakoviny a stárnutí. Pragma. Praha. 380 s. ISBN 80-7205-773-1.
- PASSWATER, R. A. 2002. O antioxidantech. Pragma. Praha. 94 s. ISBN 80-7205-897-5.
- PRICE, C. 2015. Vitamania: our obsessive quest for nutritional perfection. Penguin Press. New York. p. 336. ISBN 1594205043.
- REAVLEY, N. 1998. The new encyclopedia of vitamins, minerals, supplements and herbs. M. Evans. New York. p. 794. ISBN 0871318970.
- SILVERMAN, H. M., ROMANO, J., ELMER, G. 1999. The vitamin book. Bantam Books. New York. p. 512. ISBN 0553579576.
- SPOLEČNOST PRO VÝŽIVU. 2011. Referenční hodnoty pro příjem živin. Výživaservis sro. Praha. 192 s. ISBN 978-80-254-6987-3.
- SULLIVAN, K. 1998. Vitaminy a minerály v kostce. Slovart. Praha. 58 s. ISBN 80-7209-068-2.
- SUTTIE, J. 2009. Vitamin K in health and disease. CRC Press. Boca Raton. p. 224. ISBN 084933392X.
- SYNKOVÁ, H. 2009. Všechno je jedlé: co jíst, když nám něco chybí. Triton. Praha. 431 s. ISBN 978-80-7387-229-8.
- SMITH, P. W. 2008. What you must know about vitamins, minerals, herbs and more. NY: Square One Publishers. Garden City Park. p. 448. ISBN 0757002331.
- TIMOTHY, S. H. 2012. Vitamin K levels in common foods. Harlan Brothers Productions. New York. p. 122. ISBN 0985440147.

TOMASELLO, G., SINAGRA, E., RAIMONDO, D., CAPPELLO, F., DAMIANO, G., PALUMBO, V. D., CAMMA, C., MACALUSO, F. S., GENCO, C., CIOFALO, M. 2015. The complex interplay between vitamin D deficiency and diabetes. *Progress in Nutrition*. 17 (1). 3-14.

TRAN, T.L. 2001. Antioxidant supplements to prevent heart disease: real hope or empty type? *Postgraduate Medicine*, vol. 190. p. 109-114.

UNGER-GÖBEL, U. 1999. Vitaminy: účinné látky podporující zdraví. Ikar. Praha. 91 s. ISBN 80-7202-508-2.

URSELLOVÁ, A. 2004. Vitaminy a minerály. NOXI. Bratislava. 128 s. ISBN 80-89179-00-2.

VELÍŠEK, J. 2002. *Chemie potravin 2*. OSSIS. Tábor. 303 s. ISBN 8086659011. (Silverman, Romano, & Elmer, 1999)

ŽAMBOCH, J. 1996. Vitaminy. Grada. Praha. 77 s. ISBN 80-7169-322-7.