

4 VITAMÍNY

Výraz vitamín pochádza približne z roku 1930. Predstavuje spojenie výrazu vita – život a amin – odborné chemické označenie veľkej skupiny látok biologického pôvodu, obsahujúceho aminoskupinu ($-NH_2$). Štúdium vitamínov predstavuje jednu z najpokročilejších oblastí vedeckého výskumu. Mnohé štúdie potvrdili, že vitamíny pôsobia nielen preventívne, ale sú taktiež vhodnými prostriedkami pri liečení mnohých chorôb. Sú veľmi dôležité pre správnu funkciu organizmu, pretože sa podieľajú na metabolizme bielkovín, tukov a cukrov, taktiež sú schopné spomaľovať degeneratívne procesy spôsobené starnutím, posilňujú a obnovujú imunitné, biochemické a intelektuálne reakcie (Fořt 2005).

Vitamíny sú nízkomolekulárne organické zlúčeniny, ktorých množstvo v organizme je pomerne malé, ale majú významné biologické faktory. Predstavujú esenciálne látky len pre určité heterotrofné organizmy. Autotrofné organizmy (mikroorganizmy a rastliny) si samé syntetizujú vitamíny z jednoduchých zlúčenín. Vyššie organizmy túto schopnosť nemajú, musia vitamíny prijímať v potrave. Vytváranie niektorých vitamínov zaisťujú nechoroboplodné mikroorganizmy, ktoré žijú v črevách zvierat aj človeka. Základným kritériom pri rozdelení vitamínov je ich rozpustnosť v lipidoch a vo vode. Toto rozdelenie nesúvisí s ich biologickým účinkom (Madžuková 2005).

Vitamíny zohrávajú významnú úlohu ako prekursori kofaktorov rôznych enzýmov, uplatňujú sa v oxidačno-redukčných systémoch, sú súčasťou katalyzátorov biochemických reakcií, označujú sa ako exogénne esenciálne biokatalyzátory. V posledných rokoch sa venuje zvýšená pozornosť vitamínom predovšetkým vďaka ich antioxidačným účinkom, posilňovaním obranyschopnosti organizmu voči nádorovým, kardiovaskulárnym a degeneratívnym ochoreniam a v starobe. Vitamíny sú látky s rôznou chemickou štruktúrou (Fořt 2005; Madžuková 2005; Gogál'ová a kol. 2013).

Vitamíny sú veľmi citlivé látky. Vplyvom podmienok v prostredí, kde sa potraviny nachádzajú, sa môžu rozkladať, čím sa vlastne potravina o časť vitamínov ochudobňuje. Nepriaznivo na vitamíny pôsobí vysoká teplota, svetlo (UV žiarenie), kyslík z ovzdušia, zásadité prostredie (pridanie sódy bikarbóny) kovy alebo kyseliny a straty vznikajúce mechanickým spracovaním. Napríklad vysokým vymieľaním obilia na biele múky sa z neho stráca nezanedbateľná časť vitamínov (skupina B). S vodou, v ktorej sme varili potraviny (zemiaky, zeleninu) vyliavame do výlevky aj časť vitamínov, ktoré sa do nej vyplavili. Nedostatok tukov v potrave môže spôsobiť nedostatočné vstrebávanie vitamínov A, D, E a K

do organizmu. Pri nesprávnom metabolizme vitamínov alebo aj nedostatočného prijímania vitamínov v potrave sa môžu vyskytnúť problémy. Nedostatočný príjem vitamínov (hypovitaminóza), nadbytok vitamínov (hypervitaminóza), prípadne úplné vylúčenie vitamínov z potravy (avitaminóza) môžu vážne poškodiť organizmus. Niekedy stačí, že organizmus prijme chemicky príbuznú látku – provitamín. Z tejto si je potom schopný vitamín vytvoriť. Provitamínmi sú napríklad rastlinné farbivá karotény (provitamíny vitamínu A), z niektorých sterolov vzniká vitamín D účinkom UV žiarenia (Dluholucký 2016).

V prípade poklesu hladín jednotlivých vitamínov vo vnútornom prostredí dochádza k prejavom hypovitaminózy alebo avitaminózy. Hypovitaminózy sa klinicky manifestujú radou nešpecifických príznakov, avitaminózy sa manifestujú špecifickými príznakmi (avitaminóza C – skorbut). Pokles plazmatických hladín jednotlivých vitamínov môže byť spôsobený znížením príjmu z potravín. Pokles hladiny v plazme môže byť spôsobený zhoršenou resorpciou z tráviaceho traktu alebo zvýšená spotreba organizmu v záťažových situáciách (vzťah thiamínu k metabolizmu glycidov v záťažových, krízových situáciách). Pri nadmernom prísune vitamínov (vitamín A, D, E) stúpa ich koncentrácia v plazme a môže dôjsť k manifestáciám hypervitaminózy až k prejavom toxicity. Ďalším dôvodom je prítomnosť antivitaminu v strave (Hrabě 2008; Šutiaková a kol. 2010).

Množstvo a využitie jednotlivých vitamínov v organizme môže byť ovplyvnené aj prítomnosťou iných zložiek potravín, ktoré zabraňujú využitiu vitamínov, alebo priamo ich metabolizmus inhibujú. Tieto látky nazývame antagonistami vitamínov alebo antivitaminmi. Sú to látky, ktoré určitým spôsobom eliminujú biologické účinky vitamínov, čo vedie k prejavom ich deficitu v organizme. Poznáme tri skupiny antivitaminov: z zlúčeniny s podobnou štruktúrou ako vitamíny, ktoré v reakciách môžu vitamín nahradiť a tým zmeniť priebeh príslušnej reakcie, z enzýmy, ktoré oxidujú alebo rozkladajú vitamíny a tým ich menia na neúčinné látky, z látky, ktoré s vitamínmi tvoria nevyužiteľné komplexy (Pipek 2010).

Látky prvej skupiny, tzv. pravé antivitamíny, sa obyčajne bežnými technologickými postupmi nedajú odstrániť, ale antivitamíny z ďalších dvoch skupín je možné vhodnou úpravou (napr. tepelnou) eliminovať. V potravinách sa vitamíny vyskytujú buď voľné, alebo viazané, najčastejšie na bielkoviny alebo sacharidy, v množstvách od $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ až po niekoľko sto až tisíc $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Významnými zdrojmi vitamínov sú hlavne základné potraviny – mäso, mlieko, vajcia, chlieb, ovocie a zelenina. Niektoré potraviny obsahujú veľmi vysoký obsah vitamínu (napr. šípky vitamín C), iné obsahujú len určitý druh vitamínov (korinoidy sú iba

v potravinách živočíšneho pôvodu). Obsah vitamínov v potravinách závisí významne aj od správneho skladovania, technologického postupu a kulinárnej úpravy. Sú to veľmi labilné zložky potravín, citlivé na rôzne fyzikálno-chemické vplyvy a faktory (teplota, pH, žiarenie), čo spôsobuje väčšie alebo menšie straty počas skladovania a spracovania. Množstvo vitamínov v surovinách a produktoch je preto indikátorom podmienok ich skladovania, kvality a šetrnosti technologických akulinárnych operácií. Vzhľadom na význam vitamínov vo výžive človeka je potrebné používať také spôsoby skladovania a spracovania ich zdrojov, aby sa v maximálnej miere uchovalo ich množstvo v potravine. Nie vždy je však možné dosiahnuť také postupy, ktoré nevedú k žiadnym stratám vitamínov počas ich spracovania. Preto sa uplatňuje tzv. reštitúcia a fortifikácia potravinárskych výrobkov vitamínmi. Pri reštitúcii sa dopĺňa obsah vitamínov na ich pôvodnú hladinu v potravine, pri fortifikácii sa potravina obohacuje vitamínom na vyššiu koncentráciu, ktorá je potrebná z fyziologických alebo iných dôvodov (napr. zlepšenie organoleptických a technologických vlastností výrobkov, antioxidačné účinky) (Takácsová a Paveleková 2006; Pipek 2010).

Vitamíny sa vyskytujú v rastlinných aj živočíšnych zdrojoch potravy. Klasifikujú sa podľa spoločných fyzikálnych vlastností, konkrétne podľa rozpustnosti v polárnych a nepolárnych rozpúšťadlách. Na základe rozpustnosti delíme vitamíny do dvoch skupín:

- vitamíny rozpustné vo vode (hydrofilné) – vitamíny skupiny B (tiamín, riboflavín, nikotínamid, kyselina pantoténová, pyridoxín, kyselina listová, biotín, korinoidy), vitamín C a bioflavonoidy. Hydrofilné vitamíny sa zväčša uplatňujú v organizme ako katalyzátory v metabolizme nukleových kyselín, bielkovín, sacharidov, tukov a ďalších látok.
- vitamíny rozpustné v tukoch (lipofilné) – vitamíny A, D, E a K. Tieto vitamíny plnia v organizme rôzne funkcie. Okrem toho, že sa môžu zúčastňovať na rôznych biochemických reakciách, pôsobia aj ako antioxidanty (Held a kol. 2006).

Vitamíny je možné taktiež rozdeliť podľa ich funkcie na:

Koenzýmy:

- vitamíny B₁, B₂, B₆, B₁₂, C, biotín, kyselina listová, kyselina nikotínová, kyselina pantoténová, vitamíny A, E, K.

Koenzýmy je možné ďalej rozdeliť podľa reakcií, ktorých sa zúčastňujú ako súčasť enzymatických reakcií. Ide o koenzýmy pôsobiace na:

- prenos jednouchlíkových jednotiek – vitamín B₁₂ a kyselina listová,
- prenos karboxylovej skupiny – vitamín K a biotín,
- prenos karboxylovej skupiny a aminoskupiny – vitamín B₆,
- dekarboxylačné reakcie – vitamín B₁,
 - energetický metabolizmus – vitamín B₂ a niacín,
 - kyselina pantoténová – súčasť koenzýmu A – biosyntetické a katabolické reakcie.

Antioxidačné látky:

- vitamín C,
- vitamín E.

Hormonálne aktívne látky:

- vitamín D,
- vitamín A (Sobotka 2003).

V prípade, že človek konzumuje stravu bohatú na liposolubilné vitamíny, dochádza k ich tezurácií predovšetkým v pečeni a v tukovom tkanive. Z takto vytvorených zásob sú potom v období nedostatočného prísunu vodu uvoľňované postupne podľa potreby organizmu relatívne dlhú dobu, až niekoľko mesiacov. Vitamíny rozpustné vo vode organizmus nedokáže uskladňovať do zásob, a preto sa príznaky hyposaturácie klinicky manifestujú v priebehu niekoľko dní eventuálne týždňov po obmedzení ich konzumácie.

Potreba vitamínov pre organizmus je pomerne nízka, závisí však od viacerých faktorov, ako napr. vek, pohlavie, zdravotný stav organizmu, životný štýl, stravovacie návyky, pracovná aktivita a pod. Hydrofilné vitamíny sa v organizme neukladajú, ich prebytok sa vylučuje močom. Lipofilné vitamíny sa ukladajú v pečeni a čas, počas ktorého množstvo vitamínu predstavuje potrebnú rezervu pre organizmus, tzv. rezervná kapacita, sa môže pohybovať od 4 až 10 dní (thiamín) po niekoľko rokov (vitamín A– 1 až 2 roky, korinoidy – 3 až 5 rokov) (Žamboch 1996; Sobotka 2003; Held a kol. 2006).

Nebezpečenstvo nadbytku sa týka najmä vitamínov rozpustných v tukoch, ktoré sa môžu v tele hromadiť. Predávkovanie môže nastať najčastejšie nadmernou konzumáciou vitamínových prípravkov, nadbytok vitamínov z nadmerného príjmu potravou je veľkou výnimkou. Nebezpečný je príjem vysokých dávok vitamínu A v tehotenstve, pretože môže nastať poškodenie plodu. Vitamíny rozpustné vo vode sa pri nadbytku v organizme prakticky okamžite vylúčia

močom a predávkovanie nimi je až na niektoré špecifické prípady (ťažké ochorenie obličiek) takmer vylúčené. Fajčenie a samozrejme aj nadmerná konzumácia alkoholických nápojov sú príčinou rýchleho odbúravania vitamínov v organizme. Ten, kto každý deň vypije asi 60 g alkoholu, či je približne 1,5 l piva, fľaša vína alebo šesť malých štamperlíkov tvrdého alkoholu, môže si spôsobiť nedostatok vitamínov B₁, E, C a beta- karoténu (provitamínu A). To isté platí aj pre fajčiarov. Čím viac cigariet denne vyfajčíme, o to budeme mať väčší nedostatok beta-karoténu, vitamínu B₂, C, D, E a kyseliny listovej. Fajčenie a alkohol zvyšujú spotrebu týchto vitamínov, ktoré sú pre náš organizmus nevyhnutné (Ursellová 2004; Kopřiva 2014).

4.1 Vitamíny rozpustné vo vode

Vitamíny skupiny B sú zapojené do bunkových enzymatických systémov energetického a substrátového metabolizmu. Zúčastňujú sa pri vedení nervového vzruchu. Pre svoj spoločný výskyt sa málokedy vyskytuje izolovaný deficit jedného vitamínu. Vitamíny skupiny B sa vyskytujú v rastlinných surovinách (obilniny a produkty z nich, ryža, brokolica, hrášok, orechy) a v živočíšnych produktoch (mäso, vnútornosti, vajcia, syry, tuniak, losos). Hypovitaminóza môže vzniknúť pri nedostatku v potrave (konzumácia bieleho pečiva), pri poruche vstrebávania (atrofická gastritída, celiakia, enterokolitída, ochorenie pečene, pankreasu, syndróm krátkeho čreva, chronické hnačky) alebo zvýšených potrebách (rast, zvýšená fyzická aktivita, infekčné ochorenie, liečba antibiotikami, diabetes, hypertyreóza, novorodenecký ikterus liečený fototerapiou, tehotenstvom, strava bohatá na sacharidy, abúzus alkoholu). Príznaky hypovitaminózy sa prejavujú zmenou ovplyvneného tkaniva s rýchlym metabolizmom. Deficit vitamínu B₁ (thiamín) môže vyústiť v 3 rôznych syndrómoch. Suchá forma beri-beri – jedná sa o deficit thiamínu charakterizovaný polyneuropatiou s parastéziami prevažne dolných končatín, areflexiou, slabosťou a atrofiou svalstva s postihnutím vyšších nervových centier a niekedy zmätenosťou. Súčasne je vyšší sklon k infekciám. Srdcová forma beri-beri – jedná sa o deficit thiamínu charakterizovaný edémom ascendentného typu, hromadením potu v niektorých dutinách, opuchy (hlavne na dolných končatinách, na trupe a v tvári), postupujúcou hypertrofiou a srdcovou dilatáciou s príznakmi venózneho umiestnenia. Postihnutý je trvale ohrozený náhlým obehovým zlyhaním (Hendrychová a Malý 2013).

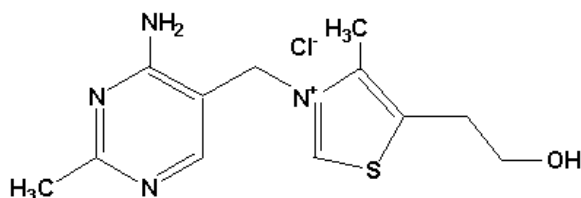
Syndróm Wernicke-Korsakov – tento syndróm sa vyskytuje pri alkoholizme alebo pri abúze omamných látok. Prejavuje sa zmätenosťou, dezorientáciou, oftalmoplégiou, nystagmom, diplopiou a ataxiou (Wernickeho encefalopatia). Ďalej sa prejavuje vážnymi stratami pamäte a konfabuláciami (Korsakova psychóza). Denné odporúčané množstvo thiamínu je pre dospelých 1,2 mg (muži), 1,1 mg (ženy) a pre tehotné a dojčiace 1,4 mg. Deficit vitamínu B₂ (riboflavín) sa klinicky prejavuje ako cheilitída, angulárna stomatitída, atrofická glositída a seboroická dermatitída. Môže sa objaviť aj konjunktivitída s vaskularizáciou rohovky a zákalom šošovky vedúcou k rozvoju katarakty. Ďalej deficit riboflavínu môže prispieť k rozvoju druhotného deficitu železa vedúceho k anémii. Denné odporúčané množstvo riboflavínu je pre dospelých 1,6 mg (muži), 1,3 mg (ženy), tehotné 1,6 mg a dojčiace 1,7 mg (Kokindová a Šturdík 2004; Anonym 2016).

Deficit vitamínu B₆ (pyridoxín) je vzácny, môže sa vyskytnúť spolu s deficitom riboflavínu. Stretávame sa s ním predovšetkým u alkoholikov. Prejavuje sa zvýšenou pohotovosťou ku kŕčom, mikrocytárnou anémiou alebo nešpecifickou dermatitídou. Denné odporúčané množstvo pre dospelých je 1,5–2 mg. Deficit vitamínu B₁₂ (kyanokobalamín) je veľmi vzácny pre jeho široké zastúpenie v živočíšnej strave. Preto sa s ním môžeme stretnúť u vegetariánov, respektíve u vegánov, ktorí nekonzumujú ani mliečne výrobky a vajcia. Ku klinickým symptómom patrí perniciózna anémia, periférna neuropatia a obmedzenie rastu. Ďalej deficit B₁₂ spôsobuje zvýšenie hladín homocysteínu v plazme. Denné odporúčané množstvo pre dospelých je 1,5–2,5 µg, pre tehotné a dojčiace ženy je 3 µg. Deficit kyseliny listovej sa prejavuje predovšetkým v rýchle sa deliacich bunkách. Ku klinickým symptómom patrí megaloblastická anémia, trombocytopénia a leukopénia. K nešpecifickým príznakom patrí poruchy rastu, zápaly v ústnej dutine, poruchy tráviaceho traktu, celková slabosť a únava. Ďalej deficit kyseliny listovej spôsobuje zvýšenie hladín homocysteínu v plazme. V tehotenstve deficit kyseliny listovej je spájaný s defektom neuronálnej trubice plodu. Denné odporúčané množstvo pre dospelých je 200 µg, pre tehotné je 400 µg (Kostiuk 2014). Deficit niacínu sa prejavuje ako pellagra (ochorenie troch D). K typickým príznakom pellagry patrí dermatitída, diarrhea a demencia. Deficit niacínu vedie k poruchám sekrécie kyseliny soľnej v žalúdku a tým k poruche vstrebávania vitamínu B₁₂. Denné odporúčané množstvo pre dospelých je 16–22 mg. Deficit kyseliny pantoténovej je pre jej široké zastúpenie v zmiešanej strave ojedinelý. K prejavom deficitu patrí dermatitída, depigmentácia, vypadávanie vlasov, anémia, celkovú slabosť, únavu. Denné odporúčané množstvo pre dospelých je 8 mg, pre tehotné a dojčiace ženy 10 mg (Galčík 2014). Deficit biotínu je vzácny vzhľadom

k vysokému obsahu v potrave a aj vďaka jeho syntéze črevnou mikroflórou. Deficit sa môže prejavovať exantémom v oblasti obočia a na tvári, eventuálne svalovou slabosťou. Denné odporúčané množstvo pre dospelých je 30–100 µg. Predávkovanie nebýva u tejto skupiny vitamínov veľmi časté, ale môžeme sa stretnúť s neurologickou symptomatológiou po dlhodobom podávaní vysokých dávok vitamínu B₆ (viac ako 1 g/deň). Suplementácia kyselinou listovou vo vysokých dávkach (viac ako 5 mg/deň) môže maskovať príznaky deficitu vitamínu B₁₂. Dlhodobé vysoké dávky niacínu (3–7 g) spôsobujú bolesti hlavy, návaly krvi do tváre, pocit horúčavy, závrate, palpitáciu a zvracanie. Ďalej vedú k zhoršenej glukózovej tolerancii, hyperurikémii a k poškodeniu pečeneových funkcií (Hlúbik a Opltová 2004; Kodíček a Karpenko 2004; Fajtrová 2011).

4.1.1 B₁ – thiamín

Thiamín objavil v roku 1897 imunológ Eijkman, neskôr ho z droždia izoloval Windaus a syntetizoval Williams. Skladá sa z dvoch heterocyklických jadier – pyrimidínového a tiazolového. Svalov. V organizme funguje vo forme tiamíndifosfátu (TDP) a tiamínpyrofosfátu (TPP) ako koenzým pri rôznych enzymatických reakciách. Predovšetkým je dôležitým kofaktorom pri metabolizme cukrov a rozvetvených aminokyselín, ale zúčastňuje sa aj syntézy tukov. Tiamíndifosfát sa zúčastňuje ako koenzým pri premene kyseliny pyrohroznovej na acetyl-CoA a ako koenzým transketolázy, dôležitého enzýmu pentózového cyklu. Okrem toho sa zúčastňuje pri premene kyseliny 2-oxoketoglutarovej na sukcinyl-CoA v citrátovom cykle. Následkom úzkeho prepojenia s metabolizmom vznikajú interakcie s ostatnými vitamínmi B komplexu. Pri nedostatku vitamínu B₁, dochádza k celkovému poklesu glycidového metabolizmu, ako aj k poklesu interakcií s metabolizmom aminokyselín s následnými závažnými následkami, ako je napríklad pokles tvorby acetylcholínu určeného pre funkciu nervového systému (Minárik a Mináriková 2012).



Obrázok 16 Vitamín B₁ Thiamín
(Zdroj: Look for Diagnosis 2016)

Kryštalizuje sa vo forme ihličiek, dobre rozpustných vo vode. Vitamín B₁ sa vyskytuje v obilných klíčkoch, v celozrnnnej múke, v droždí, vaječnom žĺtku, vo vnútornostiach. Medzi potraviny, ktoré sú bohatým zdrojom thiamínu, patria taktiež mäso zvlášť bravčové mäso a mäsové výrobky, zelenina, ovocie, strukoviny, vajcia a mliečne výrobky (Türler 2009). Sú krajiny, kde sa thiamínom obohacujú niektoré potraviny. Napríklad vo Veľkej Británii je povinná fortifikácia bielej a hnedej ryže, a to až do úrovne nie menšej ako 0,24 mg/100 g múky. Týmto opatrením sa nahrádzajú straty, ktoré vznikajú počas výroby. Obilné výrobky sú preto (vo Veľkej Británii) takisto dobrým zdrojom thiamínu. Mononitrátové a hydrochloridové zlúčeniny thiamínu sa vyskytujú vo viaczložkových multivitaminových liekoch a používajú sa pri deficite thiamínu, a to na prevenciu v dávke 1 – 5 mg denne a na liečbu v dávke 10 – 35 mg denne. Takisto sú dostupné aj prípravky s výlučným obsahom thiamínu a s dávkou niekedy až do 300 mg (Minárik 2012).

Pre mikroorganizmy je thiamín rastovým faktorom. Vyššie rastliny si ho dokážu vyprodukovať samy a využívajú ho pre metabolizmus. U vyšších stavovcov thiamín ovplyvňuje funkciu nervového systému, posilňuje ho a predlžuje účinok mediátora acetylcholínu. Vitamín B₁ je tiež dôležitou zložkou koenzýmov, ktoré sa zúčastňujú na procesoch látkovej premeny, napr. dekarboxylácií α -ketokyselín.

Jeho nedostatok zapríčiňuje chorobu beri – beri, ktorá sa prejavuje rôznymi poruchami nervovej sústavy – zápalmi, poruchami srdcovej činnosti, stratou citlivosti a pod. U cicavcov hromadenie kyseliny pyrohroznovej, ktorému thiamín zabraňuje, je príčinou kŕčov a ochrnutia. Nedostatok thiamínu môže vyústiť tiež do poruchy centrálnej nervovej sústavy (CNS), tzv. Wernickeho encefalopatie. Avitaminóza ďalej spôsobuje spomalenie srdcového tepu a poruchy tráviaceho traktu (Minárik 2012).

Thiamín je nevyhnutnou súčasťou troch dôležitých enzýmov, ktoré sa zúčastňujú na metabolizme glukózy. Tie majú veľký význam pri znižovaní hladiny látok, ktoré odbúravajú glukózu, a ktoré hrajú kľúčovú úlohu pri poškodzovaní buniek a tkanív v prípade dlhodobej hyperglykémii.

Bez dostatočného prísunu thiamínu, tieto kľúčové enzýmy nefungujú. Pri hyperglykémii sú aktivované alternatívne metabolické cesty odbúravania glukózy, pri ktorých vznikajú látky so škodlivým účinkom na bunky a orgány.

Chronická a neliečená hyperglykémia, a následná zvýšená koncentrácia glukózy v bunkách, systematicky poškodzuje telesné bunky, tkanivá a orgány.

Škody sa prejavujú najmä na stenách ciev – ako bujnenie svaloviny cievnej steny, jazvenie, zúženie ciev .

Tabuľka 4 Obsah vitamínu B₁ vo vybraných potravinách (Sobotka 2003)

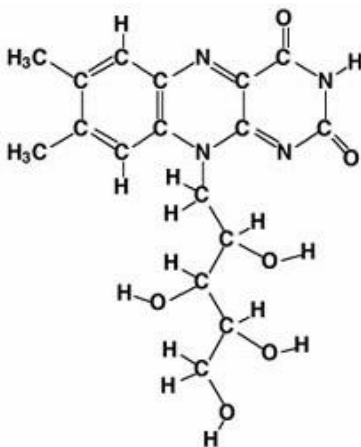
POTRAVINA	OBSAH VITAMÍNU B ₁ mg/100 g
lúpaná ryža	1,84
sójová múka	1,09
arašidové orechy	0,99
mak	0,95
chlieb pšeničný biely	0,88
dušená hovädzia oblička	0,67
lúpané pistácieve orechy	0,67
žitná múka, tmavá	0,61
bravčové mäso	0,61
pšeničná múka	0,55
pečená šunka	0,51
zemiaková múka	0,42
zelený hrášok	0,35

4.1.2 B₂ – riboflavín

Vitamín B₂ bol objavený Warburgom a Christianom v roku 1932. V roku 1935 sa ho podarilo laboratórne vyrobiť Karrerovi. Čistý riboflavín tvorí oranžovožlté ihličky, rozpustné vo vode. Molekula riboflavínu obsahuje štyri základné prvky: cukor (pentitol), pyrimidínové jadro, benzénové jadro a základnú kostru diazinových farbív. Základom štruktúry riboflavínu (vitamínu B₂) je izoalloxazínové jadro, na ktorom je v polohe N-10 viazaný ribitol, čo je alditol odvodený od D-ribózy.

Riboflavín, 7,8- dimetyl-10-(1'-D-ribityl)izoalloxazín, C₁₇H₂₀N₄O₆ sa v prírode vyskytuje ako voľná látka, najčastejšie vo forme riboflavín-5'-fosfátu (flavínmononukleotid – FMN), ďalej flavínadenínukleotidu (FAD), alebo viazaný na bielkoviny. Riboflavín je vo forme FMN a FAD koenzýmom oxidoreduk-

táz, ktoré sú známe aj pod názvom flavoproteíny. Flavoproteíny získané z potravín sa v zažívacom trakte štiepia na riboflavín, ktorý sa transportovaný pomocou bielkovín transformuje v pečeni na koenzýmy FMN a FAD. Ich hlavné pôsobenie je v dýchacom systéme pri prenose kyslíka. V tejto forme sa riboflavín zúčastňuje oxidoredukčných reakcií, neustále prebiehajúcich v ľudskom organizme (Kokindová a Šturdík 2004).



Obrázok 17 Vitamín B2 Riboflavín
(Zdroj: Casiday and Frey 2016)

Vitamín B₂ je v nepatrnom množstve obsiahnutý vo všetkých bunkách rastlín a živočíchov. K prirodzeným zdrojom tohto vitamínu patria potraviny rastlinného aj živočíšneho pôvodu. Vzhľadom na zloženie našej stravy sa odhaduje, že asi 40 % riboflavínu získavame z mlieka a mliečnych výrobkov, 20 % z mäsa a mäsových výrobkov, 15 % z chleba, 10 % zastúpenie majú vajcia a rovnaké aj zelenina. Vo väčšom množstve sa vyskytuje v kvasniciach, vajciach, pečeni a obličkách. Na rozdiel od thiamínu, ktorý pri fermentácii zostáva v kvasničných bunkách, je riboflavín vo významnom množstve prítomný v pive (Madžuková 2004).

Pre mnohé mikroorganizmy je riboflavín rastovým faktorom. Tento vitamín je dôležitý pre redoxné procesy v šošovke a rohovke, kde sa nenachádzajú porfyrínové enzýmy. Z riboflavínu prijatého potravou, najmä vo viazanej forme nukleotidov, sa v žalúdku odštiepuje kyselina fosforečná a bielkovinová zložka. Potom je vitamín rozmiestnený do všetkých tkanív organizmu. Koenzýmy riboflavínu sú dôležité aj pre využitie niektorých ďalších vitamínov, konkrétne pri ich

konverzii do aktívnych koenzýmových foriem (pyridoxín, kyselina listová) a tiež pri transformácii tryptofánu na kyselinu nikotínovú. Dostatočné zastúpenie riboflavínu pozitívne ovplyvňuje základné metabolické reakcie, metabolizmus sacharidov, lipidov a bielkovín. Zúčastňuje sa na všetkých procesoch získavania energie v bunkách. Prítomnosť tohto vitamínu je bezpodmienečne potrebná pre normálnu funkciu kože, slizníc a periférnej nervovej sústavy (Fajfrová 2011; Galčík 2014).

Deficiencia nazývaná ariboflavinóza je pomerne vzácna a prejavuje sa bolesťou hrdla, edémom hltana, glositídou, stomatitídou a dermatitídou. Resorpcia v tráviacom trakte je ľahšia z potravín živočíšneho pôvodu ako z potravín rastlinného pôvodu, v ktorých prevládajú kovalentné viazané formy, a tak uvoľnenie riboflavínu z týchto väzieb účinkom proteáz je ťažšie.

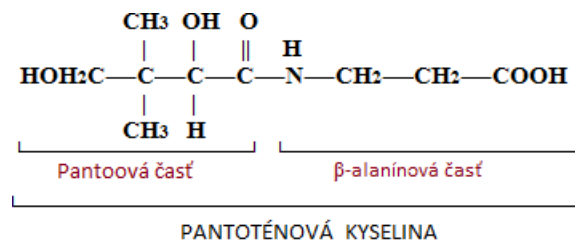
Nedostatok riboflavínu, u človeka spôsobený buď nedostatčným prísunom, alebo úplným vstrebávaním v čreve v dôsledku nedokonalnej fosforylácie, spôsobuje choroby očí, najčastejšie zápal spojiviek a rohovky. Avitaminóza ďalej spôsobuje patologické zmeny na perách, purpurové sfarbenie jazyka, zrakovú únavu a rôzne zmeny na koži (zdrsnenie). Denná potreba vitamínu B₂ pre človeka je 1,8 mg (Hlúbik 2001).

Tabuľka 5 Obsah vitamínu B₂ vo vybraných potravinách (Sobotka 2003)

POTRAVINA	OBSAH VITAMÍNU B ₂ mg/100g
hovädzia pečeň	9,14
teľacia pečeň	4,17
bravčová oblička	1,73
jahňacie srdce	1,62
kuracie drobký	1,52
teľacie srdce	1,44
hovädzie srdce	1,22
lúpané mandle	0,93
pšeničný chlieb biely	0,58
divina	0,48
syr eidam	0,39
ovsené vločky	0,38
makrela	0,36
kurča	0,35

4.1.3 B₅ – kyselina pantoténová

Je známa od roku 1932. Objavil je Williams. Voľná kyselina nebola pripravená kryštalická, ale ako žltý viskózný olej. Kyselina pantoténová je rastovým faktorom pre mnohé baktérie, patogénne mikroby a kvasinky. Je taktiež nevyhnutná pre normálny vývoj niektorých rastlín, vtákov a cicavcov. Tvorí zložku koenzýmu A, ktorý katalyzuje acylačné reakcie v bunke a tiež enzýmu ACP (Acyl Carrier Protein), ktorý umožňuje a urýchl'uje syntézu mastných kyselín v ľudskom organizme. Chemický názov kyseliny pantoténovej je D-(+)-α, γ-dihydroxy-β-dimetylbutyryl-β'-alanín, C₉H₁₇O₅N (Hlúbik 2001; Mindell a Mundis 2006).



Obrázok 18 Kyselina pantoténová
(Zdroj: Study and Exam 2016)

Je životne dôležitá pre normálnu činnosť nadobličiek a pre uvoľňovanie energie z tukov, cukrov a pre syntézu sterolov (cholesterol, vitamín D a niektoré hormóny), ale aj pre syntézu porfyrínu, ktorý je súčasťou hemoglobínu, myoglobínu a cytochrómov dýchacieho reťazca. Je dôležitá pre dobrú funkciu imunitného a nervového systému. Kyselina pantoténová je nevyhnutná pre tvorbu acetylcholínu, ktorý sa, okrem iného, zúčastňuje na odovzdávaní informácií v centrálnej nervovej sústave. Vitamín B₅ sa tiež zúčastňuje na syntéze protilátok. Pantoténová kyselina sa v rastlinách a v niektorých mikroorganizmoch syntetizuje z kyseliny pantoovej a β-alanínu. Živočíchy (aj kvasinky a baktérie) pantoténovú kyselinu nesyntetizujú, iba konvertujú exogenný vitamín získavaný potravou na koenzým A a ACP (Kokindová a Šturdík 2004).

Avitaminóza sa veľmi líši u jednotlivých druhov. U vtákov boli pozorované degeneratívne zmeny ústredného nervového systému a strata pigmentu peria, u krýs sa zastavil rast, zadné končatiny boli paralyzované a srst šedivela. Prípady deficiencie, prejavujúce sa predovšetkým dermatitídami bývajú ojedine-

lé. Človek potrebuje denne 10 – 15 mg tohto vitamínu. Pri nedostatku sa pozoruje apatia, depresia, svalová slabosť.

Kyselina pantoténová sa nachádza vo všetkých potravinách rastlinného a živočíšneho pôvodu, vo viazanej forme ako koenzým A, acetylkoenzým A alebo ACP. Z potravín živočíšneho pôvodu sú na kyselinu pantoténovú bohaté hlavne vnútornosti, bravčové mäso a vaječný žĺtok. Pomerne málo tohto vitamínu obsahuje mlieko. Z potravín rastlinného pôvodu je zastúpenie kyseliny pantoténovej v cereálnych výrobkoch v závislosti od druhu múky. V zelenine a ovocí má nižšie zastúpenie. Dobrým zdrojom sú huby a droždie, čo je však z hľadiska ich podielu vo výžive človeka takmer bezvýznamné (Sobotka 2003; Kokindová a Šturdík 2004; Ursellová 2004).

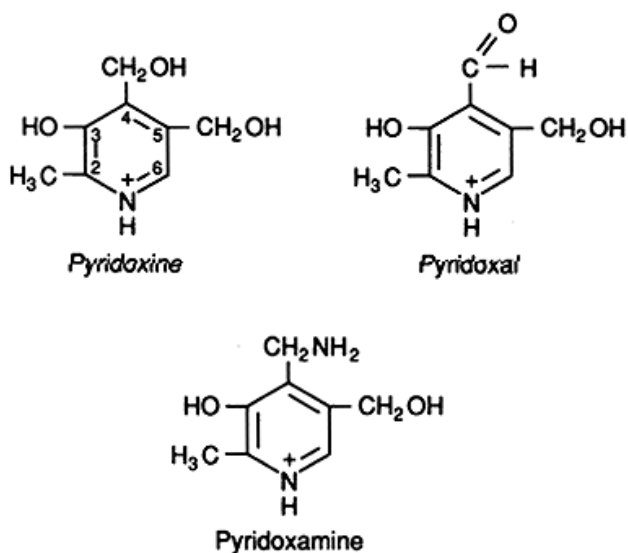
Tabuľka 6 Obsah kyseliny pantoténovej vo vybraných potravinách (Sobotka 2003)

POTRAVINA	OBSAH VITAMÍNU B5 mg/100g
teľacia pečeň	8,8
jahňacia pečeň	7,6
kuracia pečeň	5,5
slepačí žĺtok	4,4
lúpaná ryža	3,3
múka sójová nízkotučná	2,8
arašidové orechy	2,8
búrske orechy	2,1
tehla syr 30 %	1,8
kačacie mäso	1,5
slnečnicové semeno	1,4

4.1.4 B₆ – pyridoxín

Pyridoxín sa v prírode vyskytuje v troch rozličných formách – pyridoxol, pyridoxal a pyridoxamín, ktoré majú podobné zloženie a pôsobia súčasne. Dôležitú funkciu majú v metabolizme aminokyselín prostredníctvom transamilačných a dekarboxylačných reakcií. Tieto reakcie sú dôležité pre vzájomnú premenu aminokyselín a pre syntézu neurotransmitterov vznikajúcich pri dekarboxy-

lačných reakciách (napr. GABA). Pyridoxín je nevyhnutný aj pre syntézu hému, jeho nedostatok sa tak môže podobať mikrocytarnej anémii. Transaminázový systém je súčasťou malátového člnka, čím sa podieľa na presune protónu do mitochondrie a úprave bunkovej oxidoredukčnej rovnováhy. Pyridoxal je súčasťou koenzýmu dekarboxyláz aminokyselín – enzýmov, ktoré odštiepujú z aminokyselín oxid uhličitý, a pyridoxamín je zase súčasťou koenzýmu transamináz – enzýmov prenášajúcich medzi aminokyselinami a ketokyselinami aminoskupinu (Murray et al. 2002). Vitamín B5 je potrebný na tvorbu biogénnych amínov, na transformáciu tryptofánu na niacín, ale aj na krvotvorbu. Jedným z mnohých systémov funkčne závislých od prítomnosti pyridoxínu je nervový systém. Prítomnosť tohto vitamínu ovplyvňuje produkciu serotonínu a iných neurotransmiterových látok, ktorých deficit sa dáva do súvislosti so vznikom depresíí.



Obrázok 19 Pyridoxín, pyridoxal a pyridoxamine
(Zdroj: Biochem Helper 2016)

V rastlinách sa vyskytuje najmä pyridoxol, ktorý je pri kuchynskej príprave jedál najstabilnejší. Pyridoxal a pyridoxamín, ktoré sa vyskytujú prevažne v živočíšnych tkanivách, sa ľahko deštruujú najmä na svetle a pri zvýšenej teplote. Bohatým zdrojom vitamínu je mäso, mäsové výrobky, vnútornosti a vaječný žltok. Obsah v mlieku a syroch je pomerne nízky. Dobrým zdrojom vitamínu sú

obilniny. Vyšší obsah majú celozrnné cereálne výrobky a obilné klíčky, ďalej zemiaky a strukoviny. Pyridoxín je ako ďalší vitamín skupiny B prítomný vo vysokých koncentráciách v droždí a v rybách (Grygárková 2006).

Tabuľka 7 Obsah pyridoxínu B₆ vo vybraných potravinách (Sobotka 2003)

POTRAVINA	OBSAH VITAMÍNU B ₆ mg/100 g
tuniak	0,9
teľacia pečeň	0,73
sójová múka	0,72
čierna ríbezľa	0,7
údený losos	0,7
bravčová pečeň	0,64
lieskové orechy	0,55
arašidové orechy	0,53
žltý banán	0,53
chudé mäso	0,5
mak	0,45
hydinové mäso	0,4
slepačí žltok	0,3

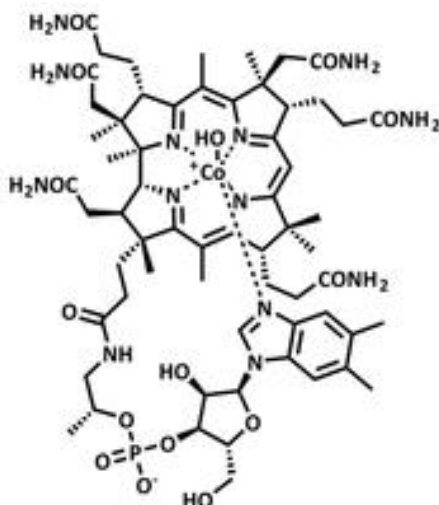
O pôsobení vitamínu B₆ na ľudský organizmus nie je známych veľa skutočností, bol však úspešne použitý pri liečbe niektorých duševných porúch u detí. Navyše je vitamín B₆ dôležitou zložkou detskej výživy. Umelá detská výživa s nízkym obsahom tohto vitamínu môže spôsobiť u dojčiat mnohé problémy v trávení, indukovať zníženie telesnej hmotnosti, vyvolať kŕčové stavy a nervozitu.

U jednotlivých živočíšnych druhov sa nedostatok vitamínu prejavuje rôzne. Je spojený hlavne s degeneratívnymi zmenami centrálného nervového systému, zmenami v zložení krvi a s chorobami kože. Deficit pyridoxínu u žien môže iniciovať predmenštruačný syndróm, prejavujúci sa depresiami, vnútorným nepokojom, únavou, bolesťami hlavy, letargiou, žalúdočnými kŕčmi. Ďalším prejavom nedostatku sú rôzne kožné defekty, medzi ktoré patria trhlínky v kútikoch úst a vredy na jazyku. V neposlednom rade znižuje pyridoxín riziko kardiovaskulárnych chorôb spolu s vitamínom B₁₂ a kyselinou listovou a osteoporózy. Jeho nedostatok u človeka sa prakticky nevyskytuje. Denná dávka pre človeka je asi 2 mg.

Deficit vitamínu B₆ sa vyskytuje predovšetkým u alkoholikov. Symptómy deficitu vitamínu sú nešpecifické, slabosť a pohotovosť ku vzniku kŕčov (Galčík 2014).

4.1.5 B₁₂ – kobalamín

Pod názvom vitamín B₁₂ rozumieme skupinu látok, ktoré vykazujú biologickú aktivitu kobalamínu. Tieto látky sa vyznačujú najzložitejšou chemickou štruktúrou zo všetkých vitamínov. Základom je korín, preto sa tieto, štruktúrou podobné, biologicky účinné látky nazývajú tiež korinoidy. Ich štruktúru dokázala v roku 1957 Hodgkinová (Maťko 2016). Známy je vo forme kyanokobalamínu (červený vitamín), ktorý sa dá vyrobiť laboratórnou izoláciou. Jeho molekula obsahuje kyanidovú skupinu –CN. V prírode sa vyskytuje hydroxykobalamín (vitamín B_{12a}), ktorého molekula obsahuje namiesto skupiny –CN skupinu –OH (Murray et al. 2002).



Obrázok 20 Kobalamín
(Zdroj: Maťko 2016)

Vitamín B₁₂ je vo forme koenzýmu účinnou zložkou mnohých enzýmov. Je podstatný pre tvorbu genetického materiálu buniek, a tým aj pre rast a vývoj organizmu. Od prítomnosti tohto vitamínu závisí tvorba červených krviniek v kostnej dreni. Vyváženosť medzi vitamínom B₁₂ a kyselinou listovou zabezpečuje

Ľudský organizmus pred rôznymi formami chudokrvnosti. Jeho zastúpenie v ľudskom organizme je dôležité pre dobrú funkciu imunitného systému. Najčastejšou príčinou nedostatku sú poruchy v resorpcii vitamínu. Dochádza k nej pri zníženej schopnosti alebo neschopnosti sliznice žalúdka produkovať špeciálnu látku bielkovinového pôvodu označovanú IF (Intrinsic Factor), ktorá viaže vitamín a umožňuje jeho resorpciu v črevnom systéme (Hlúbik 2001).

Kobalamín je nevyhnutný pre všetky vyššie živočíchy, ktoré si ho nedokážu syntetizovať a využívajú mikroorganizmy črevnej mikroflóry žijúce v symbióze. Vitamín B₁₂ sa zo žalúdka nevstrebáva dobre, aby bol jeho účinok dokonalý, musí sa spojiť s vápnikom. Tento vitamín pomáha tvoriť a regenerovať červené krvinky, a tým predchádza vzniku chudokrvnosti. Podnecuje životnú aktivitu, udržiava zdravý nervový systém a zlepšuje schopnosť koncentrácie, pamäť a vyrovnanosť.

Najbohatším zdrojom vitamínu B₁₂ je spomedzi živočíšnych orgánov pečeň (asi 500 µg v 1 kg), potom obličky a mäso. Veľké množstvo sa nachádza aj v ustriciach. V menších množstvách sa nachádza aj vo vajčisku, mlieku a syre. Korioidy sú prítomné výhradne v potravinách živočíšneho pôvodu. V mlieku je hlavným vitamínom adenozylkobalamín a metylkobalamín, v syroch a vaječnom žĺtku sa vyskytuje hlavne metylkobalamín. V mäse sa nachádza adenozylkobalamín a akvakobalamín, v menšom množstve metylkobalamín a sulfatokobalamín. V rastlinách sa kobalamín nevyskytuje, aj keď sa pripúšťa jeho výskyt v strukovinách. Zriedkavé nálezy v zeleninách alebo vo fermentovaných potravinách (pivo, sójová omáčka) majú asi pôvod v kontaminácií organickými hnojivami alebo v kontaminácií nekultúrnymi druhmi mikroorganizmov (Martinka a kol. 2010; Taskesen et al. 2011).

Hlavným príznakom avitaminózy je anémia (chudokrvnosť), pri ktorej sa tvoria abnormálne veľké a nezrelé červené krvinky so zníženým celkovým počtom. Choroba je okrem nedostatočného príjmu kobalamínu zapríčinená hlavne neprítomnosťou gastrického faktora, glykoproteínu, ktorý umožňuje transport molekuly vitamínu B₁₂ cez stenu čriev, a tým jeho resorpciu do jednotlivých tkanív v organizme. Často sa pozoruje tiež demyelinizácia centrálného nervového systému, strata svalovej koordinácie (ataxia) a psychické poruchy. Odporúčaná denná dávka pre dospelých je 3 µg, pre tehotné a dojčiace ženy sa navrhuje vyššia dávka (Martinka a kol. 2010; Kostiuč 2014).

Nedostatok vitamínu B₁₂ môže spôsobovať pokles koncentrácie plazmatického homocysteínu. Na vzniku deficitu vitamínu B₁₂ sa môže podieľať jeho nedostatočný prívod stravou (vegáni, ťažká malnutrícia), poruchy absorpcie

(malabsorpčný syndróm, resekcia žalúdka, tenkého čreva – obmedzenie absorpčnej plochy, črevná dysmikróbia).

Nedostatok vitamínu B₁₂ a folátov je často spojený aj s duševnými poruchami a neurologickými komplikáciami, najmä depresívnymi syndrómami a syndrómom šialenstva. Neuropsychiatrické symptómy súvisiace s nedostatkom uvedených vitamínov sa značne prekrývajú, aj keď väčší účinok na periférne nervy a miechu má vitamín B₁₂ a foláty majú vplyv na mozgovú funkciu. Psychiatrické symptómy všeobecne pozostávajú z panických záchvatov, halucinácií, paranoje, chaosu, agresívneho správania a menej nápadných symptómov, ako sú pocity únavy a nespavosť. Nedostatok folátov spôsobuje citové rozrušenie takmer 3-krát častejšie ako nedostatok vitamínu B₁₂. Vitamínu B₁₂ sa prisudzujú bežné citové stavy a kyseline listovej depresie (Martinka 2010; Fabriciová a kol. 2012).

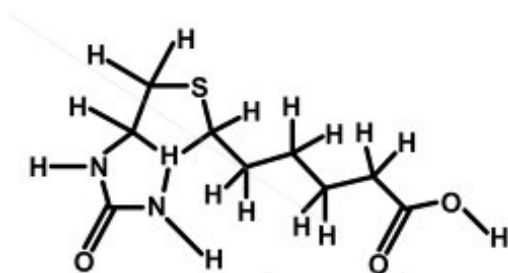
Tabuľka 8 Obsah vitamínu B₁₂ vo vybraných potravinách (Sobotka 2003)

POTRAVINA	OBSAH VITAMÍNU B ₁₂ mg/100 g
hovädzia pečeň	9,14
teľacia pečeň	4,17
bravčová pečeň	1,73
jahňacie srdce	1,62
kuracie drobký	1,52
teľacie srdce	1,44
hovädzie srdce	1,22
mandle lúpané	0,93
chlieb pšeničný biely	0,58
divina	0,48
syr eidam	0,39
ovsené vločky	0,38
makrela	0,36
kurča	0,35

Vitamín B₁₂ ako jediný z vodorozpustných vitamínov môže pretrvávajúť v ľudskom organizme dlhší čas (2 až 5 rokov).

4.1.6 Vitamín B₇, H – biotín

Biotín C₁₀H₁₆N₂O₃S je monokarboxylová kyselina, obsahuje bicyklické jadro s atómami dusíka a síry. Skladá sa z imidazolového a tiofanolového heterocyklu. Chemický názov je (+)-cis-2-(4-karboxybutyl)-3,4-(2-oxo-3,4-imidazolidino) tiofán. Obsahuje tri chirálne centrá, preto tvorí 8 stereoizomérov, z ktorých len jeden, pravotočivý (+)- biotín je biologicky aktívny. Biotín je vitamín, ktorý je koenzýmom ATP-dependenčných karboxyláz. Tieto enzýmy fixujú a aktivujú karboxylovú skupinu. Sú potrebné pre syntézu mastných kyselín a pre cyklus tvorby močoviny. Je esenciálny pre zdravý vývoj detského organizmu, ale aj pre efektívnu funkciu celej nervovej sústavy u každej vekovej skupiny. Biotín zohráva dôležitú úlohu aj v replikácii a transkripcii DNA (Murray et al. 2002; Strunecká a Patočka 2011; Anonym 2016).



Obrázok 21 Vitamín B₇ H-biotín
(Zdroj: Shutterstock 2016)

Biotín sa vyskytuje vo všetkých bunkách. Pre človeka ho syntetizujú črevné baktérie v tráviacom trakte. Má synergický účinok s vitamínmi B₂, B₆, A a niacínom pri udržiavaní zdravej pokožky. Zabraňuje šediveniu a vypadávaniu vlasov, uvoľňuje svalovú bolesť a zmierňuje rôzne dermatitídy a ekzémy (Takacsová a Paveleková 2006).

Jedným z hlavných príznakov nedostatku je určitý druh dermatitídy, ktorý sa prejavuje červenými, šupinkovými poškodeniami kože. U detí je jeho deficiencia navyše sprevádzaná vypadávaním vlasov. Pri nedostatočnosti biotínu môže dôjsť aj k niektorým zmenám v krvnom obraze, nechutenstvo, únava, depresie, nespavosť a zvýšenie cholesterolu v krvi. Biotín z potravy sa resorbuje z gastrointestinálneho traktu pomocou črevných buniek. Resorbovať sa môže iba vo voľnej forme. Vitamín, viazaný na bielkoviny, sa musí v procese trávenia najskôr z väzieb uvoľniť, napr. enzýmom biotinidázou. Deficit sa preto môže preja-

viť u novorodencov s ešte nevyvinutým enzýmovým systémom a u starších ľudí, kde môže byť príčinou nedostatočná aktivita biotínidázy. Môže sa vyskytnúť aj v dôsledku slabej intestinálnej resorpcie pri podávaní väčšieho množstva antibiotík a sulfonamidov. Najbežnejšie sa však nedostatok prejavuje u ľudí so špeciálnou diétou, ktorí konzumujú zvýšené množstvo surových vajčiek. Surový vaječný bielok obsahuje vo vode rozpustnú bielkovinu avidín, ktorý tvorí veľmi pevný, ľudským organizmom nevyužitelný komplex s biotínom (Anonym 2016; Casiday and Frey 2016).

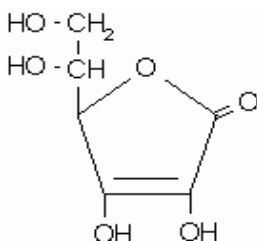
Zdrojom biotínu je skupina potravín s nízkou koncentráciou. Biotín je čiastočne prítomný ako voľná látka (mlieko, ovocie, zelenina) a čiastočne viazaný na bielkoviny (živočíšne tkanivá, rastlinné semená). Dobrým zdrojom je vaječný žĺtok, vnútornosti (hlavne pečeň a obličky). Mlieko obsahuje menej vitamínu. Pomerne bohatým zdrojom je určitý druh zeleniny, takisto obilniny, cereálne výrobky a strukoviny. Vysoký obsah biotínu je v droždí a tiež v hubách. Najbohatším zdrojom však zostáva pečeň, žĺtok a orechy. Denne odporúčané množstvo v potrave by mal byť 150 – 300 µg (Kokindová a Šturdík 2004; Horniaková a Pajtáš 2007).

Tabuľka 9 Obsah vitamínu B₇ vo vybraných potravinách (Sobotka 2003)

POTRAVINA	OBSAH VITAMÍNU B ₇ µg/100 g
kuracia pečeň	170
hovädzia pečeň	96
tavený syr	82,4
sójová múka	70
lúpaná ryža	57
slepačie vajce	22,5
mandle nesolené lúpané	18
karfiol	17
trešcie ikry	15,1
drvený losos	15
pšenica	11
zelený hrášok	9,4
múka pšeničná celozrnná	9

4.1.7 Vitamín C – kyselina L-askorbová

Vitamín C objavil v roku 1923 Zliva. V rokoch 1928 – 1932 ho izolovali a určili jeho štruktúru Szent – György a King. Základnou biologicky aktívnou zložkou vitamínu C je kyselina askorbová. Kyselina askorbová tvorí bezfarebné kryštáliky kyslej chuti, rozpustné vo vode. Na vzduchu je vitamín C nestály, pôsobením vzdušného kyslíka sa rozkladá, najmä v prítomnosti medi ako katalyzátora. Rastliny a väčšina živočíchov ho dokážu syntetizovať z glukózy cez glukuronolaktón (Kokindová a Šturdík 2004; Tuhársky 2014).



Obrázok 22 Kyselina askorbová- vitamín C
(Zdroj: Kodíček a Karpenko 2000)

Kyselina askorbová má silné redukčné vlastnosti, ľahko sa oxiduje na kyselinu dehydroaskorbovú. Hlavnou funkciou kyseliny askorbovej v ľudskom organizme je účasť na oxidoredukčných dejoch. Keďže tieto procesy sa uplatňujú vo všetkých telesných systémoch, podieľa sa vitamín C predovšetkým na významných hydroxylačných reakciách. K najvýznamnejším patrí hydroxylácia prolínu a lyzínu počas tvorby kolagénu, hydroxylácia tyrozínu pre tvorbu hormónu adrenalínu, významného pri vzniku stresových situácií. Prítomnosť vitamínu C je potrebná aj pri syntéze steroidných hormónov. Je taktiež dôležitý pri tvorbe červených krviniek, urýchľuje resorpciu železa redukciou Fe^{3+} na Fe^{2+} . Vzhľadom na skutočnosť, že kyselina askorbová je schopná viazať kyslík, za vzniku kyseliny dehydroaskorbovej, je veľmi účinným antioxidantom. Avšak v prítomnosti Fe^{3+} zvyšuje tvorbu voľných radikálov. Má ochrannú funkciu aj pre labilné formy kyseliny listovej (tetrahydrofolacín). Prítomnosť vitamínu C je potrebná pri trávení niektorých potravín, pretože inhibuje vznik karcinogénnych nitrozamínov, vznikajúcich z dusičnanov, sporadicky prítomných v našej strave (Murray a kol. 2002; Patlevič a kol. 2011; Tuhársky 2014).

Kyselina askorbová je produkovaná v rastlinách a u väčšiny živočíchov (s výnimkou morčiat, opíc a človeka) najmä v nadobličkách a čreve. Vitamín sa vstrebáva z tráviaceho traktu a krvou je rozvádzaný do tkanív, jeho nadbytok je

vylučovaný močom. Pracujúce bunky hromadia vitamín C ako zásobnú látku a nachádza sa najmä v mladých a rastúcich tkanivách.

Nedostatok kyseliny askorbovej spôsobuje celkovú slabosť, skorbut (krvácanie z ďasien, zdurenie a ich zápal, uvoľňovanie zubov, opuchy kĺbov a telesná únava) a zníženie odolnosti proti infekčným chorobám. Prekročenie odporúčenej dennej dávky (50 – 70 mg) môže viesť k tvorbe oxalátových a močových kameňov v močových cestách, aj keď sa dá tomu čiastočne vyhnúť užívaním magnézia, vitamínu B6 a dostatočným denným prísunom tekutín. V niektorých prípadoch nadmerného dávkovania (presahujúceho 10 g denne) sa môžu objaviť nepríjemné vedľajšie účinky: hnačka, nadmerné močenie alebo kožné vyrážky (Buchanec 2005; Held a kol. 2006).

Tabuľka 10 Obsah vitamínu C vo vybraných potravinách (Sobotka 2003)

POTRAVINA	OBSAH VITAMÍNU C mg/100 g
červená paprika	204
čierna ríbezľa	200
citrónová kôra	129
brokolica	113
ružičkový kel	102
listy horčice	97
kel	93
chren	81
žerucha celá	79
karfiol	78
celý citrón so šukou	77
kaleráb	66
červená kapusta	61
jahody	59
papája	56
pažítka	56
slávka jedlá	32
hovädzia pečeň	30
kuracia pečeň	28
bravčová pečeň	23
pstruh	16
bravčové obličky	16

Najbohatším zdrojom vitamínu C je ovocie a zelenina. Najvyšší obsah vitamínu má čerstvé ovocie a čerstvá zelenina. Pomerne veľké množstvá vitamínu C sa nachádzajú v citrusových plodoch, bobuľovitých plodoch, v paprike a pod.

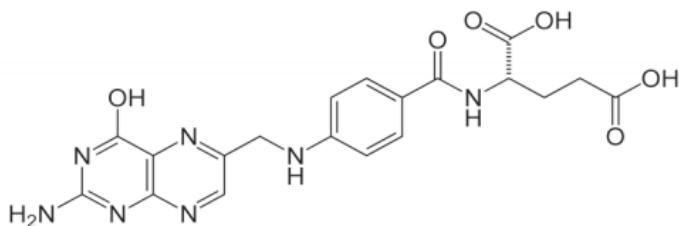
Medzi jednotlivými druhmi však existujú veľké rozdiely v obsahu vitamínu. Ten je výrazne závislý i na vegetačných podmienkach, spôsobu pozberového skladovania alebo spracovania. V potravinách rastlinného pôvodu je spravidla 90-95 % vitamínu prítomného vo forme kyseliny askorbovej, zvyšok tvorí kyselina dehydroaskorbová. Zo živočíšnych potravín je významnejším zdrojom vitamínu C hovädzia a bravčová pečeň. Ďalšie potraviny, (mäso, vajcia a mlieko) majú ako zdroj vitamínu zanedbateľný význam (Takácsová a Paveleková 2006; Tuhársky 2014).

4.1.8 Vitamín B₉ - kyselina listová

Kyselina listová je vo vode rozpustný vitamín B-komplexu a prvýkrát bola izolovaná v roku 1941 zo špenátu. Názov jej solí folátov pochádza z latinského názvu list - folium, pretože tento vitamín je bohato zastúpený v listovej zelenine. Aktívna forma kyseliny listovej, tetrahyd-rofolát, je koenzým transferáz, ktoré sa podieľajú na syntéze nukleotidov, preto kyselina listová umožňuje vznik nukleových kyselín. Kyselina listová sa podieľa predovšetkým na prenose jednouhlíkových skupín (formyl, metyl, hydroxymetyl). Je potrebná predovšetkým pre tvorbu nukleových kyselín, spolu s vitamínom B₁₂ je nevyhnutná pre regeneráciu metionínu z homo-cysteínu. Metionín resp. adenosyl-metionín je látkou, ktorá sa zúčastňuje celej rady metylačných reakcií (napr. metylácie nukleových kyselín). Ovplyvňuje syntézu histidínu, cholínu, serínu, metionínu, purínov a pyrimidínov (Kokindová a Šturdík 2004; Fajfrová 2011). Bolo preukázané, že sa významne uplatňuje tiež pri krvotvorbe a jej nedostatok spôsobuje megaloblastickú anémiu, pri ktorej sú červené krvinky zdeformované a ich schopnosť prenášať kyslík je omezená. Okrem toho jej nedostatok zvyšuje riziko ochorenia ciev, srdca, osteoporózy a rakoviny. Chemicky sa kyselina listová skladá z pteridinového kruhu, p-aminobenzoovej a glutámovej kyseliny. Keďže obsahuje dve karboxylové skupiny je dvojsýtna kyselinou. Metabolicky aktívna forma kyseliny listovej má redukovaný pteridínový kruh a niekoľko zvyškov kyseliny glutámovej. Kyselina L-listová obsahuje tri podjednotky:

- 6-metylpterín, kyselinu,
- p-aminobenzoovú,
- kyselinu L-glutámovú.

Chemický názov kyseliny listovej je N-[4-[(2-amino-1,4-dihydro-4-oxo-6pteridiny]metyl]amino]benzoyl]-L-glutámová kyselina (Murray a kol. 2002).



Obrázok 23 Štrukturálny vzorec kyseliny listovej
(Zdroj: Kroupa a Goncharová 2011)

Kyselina listová sa vstrebáva v závislosti na pH prevažne v hornej časti tenké- ho čreva a vstrebávanie je závislé na funkčnom stave tráviaceho traktu, veku, ale aj na chemickej štruktúre folátových komplexov. V bežných dávkach je netoxická. Jediný preukázanému toxický efekt sa prejavuje u ľudí chorých pernicioznou anémiou, u ktorých zvýšený príjem kyseliny listovej maskuje niektoré prejavy tejto choroby. Podozrenie na istú toxicitu bolo pozorované vo vzťahu kyseliny listovej a zinku, kde dochádzalo k poruchám vstrebávania zinku v črevách pri zvýšenom príjme kyseliny listovej. Ako príčina je predpokladaný vznik komplexu kyseliny listovej so zinkom (Hlúbik a Opltová 2004).

Potreba kyseliny listovej sa prejavuje najmä v rýchlo sa deliacich bunkách, a to najmä v bunkách hematopoetického tkaniva. Deficit sa prejavuje zvýšeným výskytom hypersegmentovaných granulocytov v periférnej krvi. Tento nález je možno vysvetliť spomalenou produkciou granulocytov v dôsledku zhoršenej syntézy nukleových kyselín. Nasleduje vznik anémie, ktorá má obraz tožný s obrazom zhubnej anémie pri nedostatku vitamínu B₁₂ (Galčík 2014).

Počas deplécie kyseliny listovej ďalej dochádza k poruchám rastu, k celkovej slabosti, postihnutia zažívacieho traktu a zápalovým zmenám v dutine ústnej. Pri nedostatku kyseliny listovej stúpa tiež koncentrácia homocysteínu v plazme. To súvisí s vyššie uvedeným vzťahom kyseliny listovej na regeneráciu metionínu práve z homocysteínu. Tento vzťah je zaujímavý najmä v súčasnej dobe, keď niektorí autori poukazujú na vzťah hyperhomocysteinémia a rozvoja aterosklerotických zmien. Deficit kyseliny listovej ďalej vedie k poruchám rastu,

k celkovej slabosti, postihnutia zažívacieho traktu a zápalovým zmenám v dutine ústnej. Deficit kyseliny listovej v tehotenstve je dávaný do súvislosti s defektom neurálnej trubice u plodu (Kostiuk 2014). Denná potreba kyseliny listovej sa u dospelého jedinca pohybuje v rozmedzí 100-200 μg . Tá je zaistená predovšetkým príjmom zeleniny, ale aj vnútornosťou a vajec. K deplácií kyseliny listovej môže dôjsť v tehotenstve, kedy sú jej potreby zvýšené na 400 $\mu\text{g}/\text{deň}$. To je dané najmä zvýšenou potrebou kyseliny listovej pri raste plodu a počas následnej laktácie. Potreba sa zvyšuje u dialyzovaných chorých a u ľudí trpiacich chronickou hemolýzou. Zvýšenú potrebu môžu mať aj chorí s poruchou resorpcie (Crohnova choroba) a chorí liečení barbiturátmi, steroidami, kontraceptívami alebo cytostatikami (najmä 5-fluorouracil a metotrexát priamo interferujú s metabolizmom kyseliny listovej). Pokiaľ nie je príjem kyseliny listovej zaistený v prirodzenej diéte, alebo ak je potreba kyseliny listovej zvýšená, potom je doporučená jej suplementácia. Pre regeneráciu kyseliny listovej je potrebný aj vitamín B12. Pri jeho nedostatku sa môžu objaviť prejavy totožné ako pri nedostatku kyseliny listovej. Obsah kyseliny listovej sa môže v potravinách znižovať počas spracovania. Toxicita podávané kyseliny je nízka, a preto je suplementácia v dávke 400 μg denne rizikovým skupinám bezpečná (Kroupa a Gonchárová 2011).

Tabuľka 11 Obsah kyseliny listovej vo vybraných potravinách (Sobotka 2003)

POTRAVINA	OBSAH KYSELINY LISTOVEJ mg/100 g
sójová múka	318
kuracia pečeň	240
špenát	193
lúpaná ryža	192
hovädzia pečeň	145
brokolica	130
búrske orechy	106
lúpané mandle	96
žitná múka	78
slepačie vajce	65
pšeničný chlieb	62
karfiol	55
pšeničná múka	54

Kyselina listová a jej deriváty sa vyskytujú v potravinách rastlinného i živočíšneho pôvodu vo voľnej forme a viazané na bielkoviny alebo polysacharidy. Voľné foláty sa ľahko resorbujú črevným traktom. Viazané sa pred resorpciou musia pomocou enzýmov uvoľniť z väzieb. Pri prechode cez sliznicu tenkého čreva dochádza k chemickej zmene a voľná kyselina listová vstupuje do krvného obehu ako 5metyltetrahydrofolát. Listová zelenina je najvýznamnejším zdrojom vitamínu. Významným zdrojom sú aj vajcia a vnútornosti. V obilninách a strukovinách je prítomné tiež významné množstvo fólovej kyseliny a jej derivátov. Bohatým zdrojom vitamínu je droždie a tiež vyššie huby (Zittlau 2006).

4.1.9 Vitamín B₃, PP - niacín, kyselina nikotínová

Do tejto skupiny vitamínov patria kyselina nikotínová a jej amid (obe látky sú ekvivalentné). Niacín navyše vzniká v organizme z tryptofánu. Kyselina nikotínová však nie je vitamínom ako takým, pretože môže vznikáť z esenciálnej aminokyseliny - tryptofánu. Nikotínamid je súčasťou NAD, NADP, NADH a NADPH. Tieto látky sú koenzýmy pre veľké množstvo enzymatických systémov. Tie sa zúčastňujú predovšetkým oxidatívnej fosforylácie, pri prenose protónu (pri metabolizme tukov, aminokyselín, steroidov a iných základných živín) (Casiday and Frey 2016). Deplécia niacínu sa prejavuje ako pellagra (drsna koža) - choroba troch D: dermatitída, diarrhea, demencia. Toto ochorenie v našich podmienkach je však vzácné. Jednému mg niacínu zodpovedá asi 60 mg tryptofánu. Pri bežne prijímanom množstve bielkovín sa tak do organizmu dostáva množstvo tryptofánu ekvivalentná asi 10-12 mg niacínu. Vzhľadom k tomu, že denná potreba niacínu je asi 16- 22 mg, je viac ako polovica hrazená práve príjmom bielkovín. Zvyšné množstvo je možno ľahko doplniť v diéte. Akútne podanie vysokých dávok kyseliny nikotínovej vedie k bolestiam hlavy, návalom krvi do tváre, pocitom horúčavy, závratom, palpítáciám a vracaniu. Pri chronickej hypervitaminóze sa zhoršuje tolerancia glukózy, stúpa hladinu kyseliny močovej a môže dôjsť aj k poškodeniu pečene (Sobotka 2003; Kokindová a Šturdík 2004).

V potravinách živočíšneho pôvodu sa vyskytuje hlavne nikotínamid, z väčšej časti vo forme NAD a NADP. Najbohatším zdrojom sú vnútornosti, všetky druhy mäsa a vaječný žĺtok. Mlieko obsahuje prekvapivo nízke množstvo niacínu, u syrov je obsah niacínu vyšší. V potravinách rastlinného pôvodu sa vyskytuje hlavne nikotínová kyselina. Hoci majú obilniny na pohľad dostatočný obsah tohto vitamínu, je tak ako ostatné vitamíny skupiny B, z väčšej časti lokalizovaný v klíčku a otrubách. Preto obsah kyseliny nikotínovej v múke a následne aj v iných

cereálnych výrobkoch bude závisieť od stupňa vymieľania obilnín. Zelenina a ovocie sú priemerným zdrojom niacínu. Výnimku tvoria strukoviny. Prekvapivo bohatým zdrojom niacínu je pražená káva. Zelené kávové boby obsahujú značné množstvo alkaloidu trigonellínu, ktorý pri pražení degraduje na kyselinu nikotínovú a senzorycky aktívne pyridíny (Holden et al. 2003).

Tabuľka 12 Obsah niacínu vo vybraných potravinách (Sobotka 2003)

POTRAVINA	OBSAH NIACÍNU mg/100 g
lúpaná ryža	28,2
arašidová múka	27,8
bravčová pečeň	22,3
búrske orechy	17,1
kuracie prsia	13,7
tuniak v oleji	11,9
divina	6,3
hovädzie mäso	6
slnečnicové semienka	5,4
sezamové semienka lúpané	4,68
šunka stredne tučná pečená	4,6

4.2 Vitamíny rozpustné v tukoch

Túto skupinu látok tvoria:

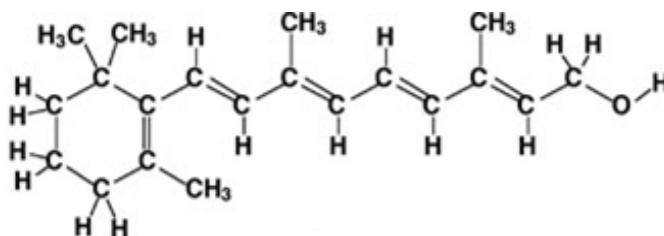
- vitamín A₁ – retinol,
- vitamín A₂ – neoretinol,
- provitamíny A.

Z hľadiska potravinárskej chémie má najväčší význam retinol, vitamín A₁. Zasahuje do viacerých fyziologických procesov, je esenciálny pri vzniku glykoproteínov, raste a metabolizme telových buniek, jeho avitaminózou dochádza k šeroslepote, zmenám epitelu a k poruchám rastu. Retinol a neoretinol sa vyskytujú iba v živočíšnych produktoch, kým provitamíny A – karotenoidy sa vyskytujú aj v rastlinných materiáloch. Retinol je citlivý na prítomnosť svetla, predovšetkým na UV žiarenie, ľahko sa oxiduje kyslíkom, pričom sa táto reakcia urýchľuje prítomnosťou ťažkých kovov. Môže sa oxidovať aj enzýmami (Ross 2010). V anaeróbných podmienkach je pomerne termostabilný. Provitamíny A – karotenoidy vyskytujúce sa hlavne v rastlinných produktoch, umožňujú enzýmovým

štiepením vznik retinolu alebo neoretinolu. Z β -karoténu vznikajú dve molekuly retinolu a z α -karoténu, γ -karoténu a kryptoxantínu vzniká jedna molekula retinolu. Karotenoidy sú žlté, oranžové až červenofialové prírodné farbivá citlivé na svetlo, UV žiarenie a vzdušný kyslík. V anaeróbných podmienkach a v tme sú aj termostabilné. Hlavnými zdrojmi vitamínu A sú pečeň, olej rýb, maslo, mlieko, syry a vajcia. Karotenoidy sa vo významnejších množstvách nachádzajú v zelenine a ovocí (Kopřiva a kol. 2014).

4.2.1 Vitamín A – retinol, axeroftol

Vitamín A je najstarším známym vitamínom. Objavil ho Mc Collum v roku 1913. Jeho štruktúru opísal v roku 1931 Karrer. Z chemického hľadiska predstavuje nenasýtený alkohol. Retinol je tmavočervená kryštalická látka, ktorá sa roztápa na žltý olej. Na svetle a vzduchu sa rozkladá pôsobením ultrafialového žiarenia a kyslíka a stráca účinnosť. Axeroftol vytvára estery s organickými kyselinami, žlčovými kyselinami a kyslými bielkovinami (Kokindová a Šturdík 2004; Ross 2010).



Obrázok 24 Štruktúrny vzorec retinolu
(Zdroj: Casiday and Frey 2016)

Retinol zasahuje do látkovej premeny na viacerých miestach. V živočíšnych bunkách je potrebný pre normálny rast a pre udržanie starých tkanív. Posilňuje kosti, udržiava zdravú pleť, vlasy, zuby a d'asná. Jeho dostatočný prísun je potrebný pre udržanie štruktúry a správnej funkcie epitelových buniek. Je tiež nevyhnutný pri správnom udržiavaní činnosti nervových tkanív v biochémi zrakového vnemu. Pomáha pri liečení mnohých očných ťažkostí. Pri mnohých chorobách skracuje ich trvanie a udržiava zdravú vonkajšiu vrstvu orgánov a tkanív. Predpokladá sa, že ovplyvňuje biosyntézu bielkovín. V rastlinách sa karotény vyskytujú v plastidoch a zúčastňujú sa na prenose, ktorý sa uvoľňuje pri fotosyntéze fotolýzou vody (Karthik et al. 2006).

Charakteristickým prejavom avitaminózy A sú ochorenia zrakových orgánov napr. xerofthalmia, hemeralopia, ktorá sa spočiatku prejavuje stratou videnia pri nedostatočnom osvetlení a končí degeneráciou rohovky a očného nervu. Častými príznakmi akútneho nedostatku vitamínu A sú rôzne zmeny na koži, slizniciach a spojivkách, zmeny v tráviacom a dýchacom trakte.

Pri dlhotrvajúcom prijímaní nadbytku vitamínu A vznikajú nepriaznivé vedľajšie účinky ako vypadávanie vlasov, krvácanie z nosa prípadne reumatické bolesti. Pri hypervitaminóze vitamínom A môže nastať aj vážne poškodenie pečene. Odporučená denná dávka sa pohybuje v intervale 1,8 – 2 mg.

Vyskytuje sa najmä v pečeni rýb, rybacom tuku, vaječnom žĺtku a masle. V rastlinách sa vyskytuje jeho provitamín betakarotén, obsiahnutý najmä v mrkve, kapuste, špenáte a pod. Je uskladniteľný v organizme, preto nie je potrebná starostlivosť o jeho denný príjem (Hendrychová a Malý 2013).

Tabuľka 13 Obsah vitamínu A vo vybraných potravinách (Sobotka 2003)

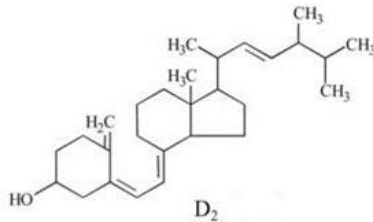
POTRAVINA	OBSAH VITAMÍNU A mg/100 g
pečeň hovädzia	16
mrkva	3,3
sladké zemiaky	2,64
kel	2,5
marhuľa	2,1
listy horčice	2,1
mango	1,4
červená paprika zrelá	1,3
zimná tekvica	1,1
ananásový melón	1,0
paradajkový kečup	1,0
maslo	1,0
brokolica	0,75
tekvica	0,75
slivky	0,6
slepačí žĺtok	0,55

4.2.1 Vitamín D, kalciferoly, ergosteroly

Vitamíny D – kalciferoly. Túto skupinu látok tvoria:

- vitamín D₂ – ergokalciferol,
- vitamín D₃ – cholekarciferol,
- vitamín D₄ – dihydroergokalciferol.

Kalciferoly sú dôležité v metabolizme vápnika a fosforu, sú prekursorom steroidných hormónov, ich deficit spôsobuje rachitis a osteomaláciu. Vitamíny skupiny D sú buď prirodzenou súčasťou potravín, alebo vznikajú z príslušných provitamínov (sterolov) pôsobením UV žiarenia (Hlúbik 2001; Holick et al. 2011).



Obrázok 24 Vitamín D₂

(Zdroj: Csapó and Csapóné 2016)

Sú labilné v kyslom prostredí a k ich deštrukcii dochádza aj vplyvom zvýšenej teploty, sú citlivé na svetlo. No po rozpustení v tukoch alebo v alkalických roztokoch sú termostabilné. Kalciferoly sú v úzkom vzťahu k hormónu prístítnych teliesok čím zabezpečujú kontrolu metabolizmu vápnika a fosforu. Je normálny pre normálny rast cicavcov a pre tvorbu dentínu. Vplyvom tohto vitamínu sa zvyšuje obsah kyseliny citrónovej v krvnom séru i kostiach (Mistríková, Kriška a Dukát 2015). Súčasné užívanie vitamínu D s vitamínmi A a C nás chráni pred nádchou (Kokindová a Šturdík 2004; Galčík 2014).

Pre správny priebeh metabolických procesov v tele je potrebných asi 0,01 mg vitamínu D. Pri nedostatku kalciferolov v ľudskom organizme nastáva mäknutie a krivenie kostí a môže vzniknúť krivica, ktorá je vyvolaná chybnou kalcifikáciou a osifikáciou rastúcej kostry (Šašinka a Furková 2012). Môžu sa vyskytnúť aj závažné zubné kazy či osteoporóza. Hypervitaminóza D sa prejavuje zvracaním, nechúťou do jedla, chudnutím, smädom, očným zápalom, svrbením pokožky a vyplavovaním vápnika z kostí a jeho ukladaním do iných tkanív – obličiek, pľúc, žlčníka či endokrinných žliaz (Račanská 2014; Bobrof and Valentín-Oquendo 2016).

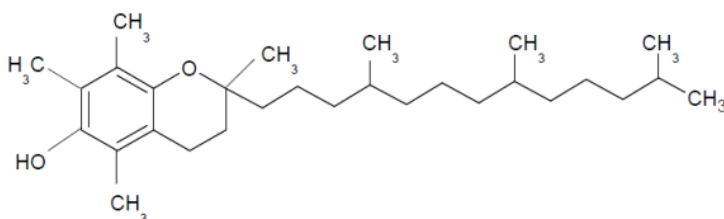
Kalciferoly sa nachádzajú v rybom oleji, pečeni, žĺtku, masle a dobrým zdrojom ich provitamínov je droždie, niektoré oleje a žĺtok. Najvýdatnejším zdrojom však zostáva pečeňový tuk rýb (tresky alebo tuniaka). Okrem rybieho tuku a rybieho mäsa možno spomenúť vnútornosti hospodárskych zvierat, hlavne pečien, vaječný žĺtok a mliečne výrobky. Provitamíny D sú napríklad v droždí. Významným zdrojom ergokalciferolu môžu byť vyššie huby, ktoré súčasne obsahujú aj provitamín ergosterol (Kopřiva 2014).

Tabuľka 14 Obsah vitamínu D vo vybraných potravinách (Sobotka 2003)

POTRAVINA	OBSAH VITAMÍNU D UI/100 g
tuniak v oleji	232
smotana na šľahanie	100
bravčová pečeň	51
slepačie vajce	50
losos	42
kravské mlieko	41
tvrdý margarín	8

4.2.2 Vitamín E

Vitamín E bol objavený v roku 1926 ako faktor, ktorý zabraňuje vzniku sterility potkanov ak sa krmia natučnutými tukmi. Je to zlúčenina rozpustná v tukoch, ktorá sa uskladňuje v pečeni, tukovom tkanive, srdci, svaloch, semenníkoch, maternici, krvi, v nadobličkách a v hypofýze. Do skupiny tokoferolov sa zaraďujú látky odvodené od tokolu a tokotrienolu. Základnou látkou je α -tokoferol, ktorý je aj biologicky najúčinnjší (Strunecká a Patočka 2011).



Obrázok 25 Štruktúrny vzorec vitamínu E
(Zdroj: Kodíček a Karpenko 2004)

Tokoferoly sú syntetizované najmä rastlinami. Ich tvorba prebieha v zelených častiach rastliny a vitamín je uskladňovaný v semenách. Vitamín E je prirodzený antioxidant, spomaľuje autooxidáciu nenasýtených mastných kyselín, v organizme pôsobí ako redoxný systém, ktorý sa uplatňuje v oxidačno-redukčných procesoch. V zásaditom prostredí sú tokoferoly stabilné predovšetkým pri nižších teplotách, zvýšené teploty spôsobujú ich deštrukciu. V kyslom prostredí sú stabilné aj pri teplote 100 °C. Sú však veľmi citlivé na vzdušný kyslík a UV žiarenie. Stabilita tokoferolov sa zvyšuje, ak sa vyskytujú vo forme esterov, pričom sú v tejto forme aj fyziologicky účinnejšie. Straty tokoferolov počas technologických operácií a skladovania sú relatívne nízke. V mlieku je po pasterizácii iba 5 % úbytok vitamínu. Počas zrenia syrov dochádza najprv k poklesu obsahu vitamínu E, neskôr sa jeho koncentrácia zvýši a finálny produkt obsahuje vyššie množstvo vitamínu ako pôvodné mlieko (Takáčsová a Paveleková 2006; Hendrychová a Malý 2013).

U potkanov spôsobuje nedostatok tokoferolov poruchy funkcie reprodukčných orgánov. U králika sa avitaminóza prejavuje ako svalová dystrofia. Vzťah tokoferolov k výžive človeka je doposiaľ nejasný vedci sa však zhodujú na fakte, že človek by mal denne prijať minimálne 5 a maximálne 30 mg. Vitamín E je pravdepodobne spojený s viacerými biologickými pochodmi než iné vitamíny. Jeho potreba v tele človeka je nesporná, otázkou však ostáva, či rôzne patologické javy, považované za prejavy nedostatku tohto vitamínu, sú skutočne jeho avitaminózami (Horniaková a Pajtáš 2007).

Vitamín E sa nachádza predovšetkým v potravinách rastlinného, v menšom množstve v potravinách živočíšneho pôvodu a tiež v niektorých kvasinkách a hubách. V potravinách sa vyskytuje všetkých osem biologicky aktívnych tokoferolov a tokotrienolov. Vitamín E sa vyskytuje v pozoruhodnom množstve predovšetkým v tukovej zložke potravín rastlinného pôvodu, v rastlinných olejoch. Najvýznamnejšie zdroje vitamínu E sa nachádzajú v obilných klíčkoch, slnečnicových semenách, rastlinných olejoch, mandliach, olivách, lieskovcoch, fazuli, v zelenine, v špenáte, strukovinách, ale aj v mäse, masle a vo vajciach (Mindell a Mundis 2006).

Najvyšší obsah bol zaznamenaný v oleji z obilných klíčkov. Rastlinné oleje majú nižší obsah tohto vitamínu ako klíčkové a ich hodnota úzko súvisí so spôsobom spracovania. Všeobecne platí, že surové oleje (panenské) sú na vitamín E bohatšie ako rafinované. V obilninách je vitamín E lokalizovaný zväčša v klíčkoch a v obale, a preto obsah tohto vitamínu v múke závisí od stupňa vymieľania príslušnej obilniny. Medzi potraviny rastlinného pôvodu, ktoré dopĺňajú

náš denný príjem vitamínu E patria jablká, mrkva, hrach a šalát. Na rozdiel od iných v tukoch rozpustných vitamínov sa vitamín E nachádza v rybacích tukoch iba v minimálnom množstve (Ross 2010).

Tabuľka 15 Obsah vitamínu E vo vybraných potravinách (Sobotka 2003)

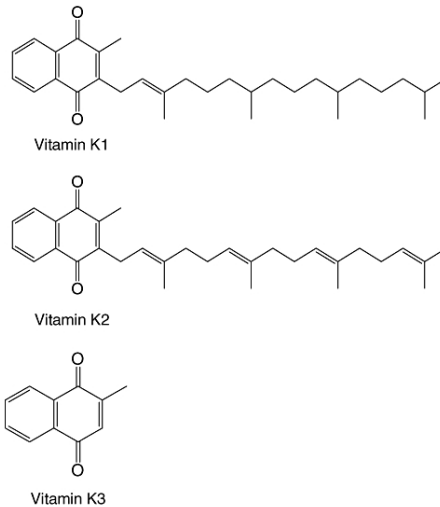
POTRAVINA	OBSAH VITAMÍNU E mg/100g
snečnicový olej	44,9
lieskové orechy	21,1
mandle lúpané nesolené	15
snečnicové semienka	13
sójový olej	11
arašidové orechy	9,7
tvrdý margarín	8
tuniak v oleji	6,3
sladké zemiaky	4
hovädzí mozoček	2,3
špenát	2,1
mak	1,8
ryža nelúpaná	1,65
slepačie vajce	1,6
paradajka zrelá	0,4

4.2.3 Vitamíny K

Vitamín K bol objavený v roku 1929, keď dánsky vedec Henrik Dam zameriavajúci sa na výživu skúmal úlohu cholesterolu. Po niekoľkých týždňoch kŕmenie kurčiat stravou, ktorá neobsahuje žiadny tuk, začali trpieť nekontrolovaným podkožným krvácaním. Krvácanie sa nepodarilo zastaviť ani podávaním purifikovaného cholesterolu. Dam izoloval predtým neznámu živinu rozpustnú v tukoch, ktorá sa správne nazýva vitamín K – koagulationsvitamin (Kokindová a Šturdík 2004).

Vitamíny K sú z chemického hľadiska chinóny, ktoré tvoria triádu. Do skupiny vitamínov K zaradíme deriváty 2-metyl-1,4-naftochinónu:

- vitamín K₁ – fylochinón, vyskytuje sa v zelených rastlinách,
- vitamín K₂ – farnochinón, produkuje črevná mikroflóra,
- vitamín K₃ – menadión, je synteticky pripravená látka (Ledvina a kol. 2009).



Obrázok 26 Vitamín K₁, vitamín K₂ a vitamín K₃
(Zdroj: Tanaka a kol. 2010)

V rastlinnom materiáli sa vitamíny skupiny K zúčastňujú na aeróbnej fosforylácii, v živočíšnych organizmoch zasahujú do procesu zrážania krvi. Sú pomerne labilné, citlivé na oxidáciu, redukciu, svetlo, hlavne UV žiarenie. Rozkladajú sa aj pôsobením zásad a silnejších kyselín. Vitamín K₁ je termostabilný, k jeho deštrukcii dochádza až pri teplote 100 °C. Tu sa zúčastňujú ako katalyzátory prenosu elektrónov. Vzhľadom na ich redoxné vlastnosti uskutočňujú prenos elektrónov medzi nikotínamidovými dehydrogenázami a cytochrómom b. U cicavcov zabezpečuje zrážanie krvi. Je potrebný pre normálnu tvorbu protrombínu a ovplyvňuje premenu fibrinogénu na fibrín v procese hemokoagulácie. Rovnako zabraňuje vnútornému krvácaniu. Nepostrádateľným je vitamín K pre ženy v tehotenstve, ktoré ho užívajú, aby sa zvýšila jeho hladina v plode. Rovnako po pôrode je podávaný dieťaťu v prvých dňoch života, pretože jeho tvorba u novorodencov je iba nepatrná (Kolesárová 2016).

V neprítomnosti vitamínu K sa v pečeni syntetizuje abnormálny protrombín, ktorý stráca schopnosť viazať Ca²⁺ a aktivovať sa tak na trombín. Tým sa znižuje zrážanlivosť krvi a zvyšuje sa krvácanosť – hemoragia. Prejavom nedostatku vitamínu K môže byť aj silná hnačka. Aj napriek tomu, že nebola zistená hypervitaminóza, vyššia dávka syntetického vitamínu K ako je 1 mg denne sa neodporúča (Hlúbik 2001).

Tabuľka 16 Obsah vitamínu K vo vybraných potravinách (Kolesárová 2016)

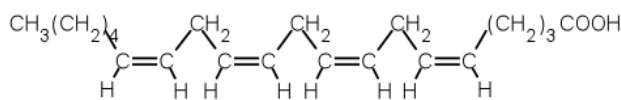
POTRAVINA	OBSAH VITAMÍNU K (ug/100g)
kel	440
špenát	380
zelený šalát	315
brokolica	180
ružičkový kel	177
kapusta	145
špargľa	60
zelená fazuľa	33
zelený hrášok	24
uhorky	20
karfiol	20
zeler	12
mrkva	10
cuketa	3
paradajky	6
cibuľa	2
zemiaky	1
sójový olej	193
olivový olej	55
slniečnicový olej	3
margarín	42
maslo	7
šošovica	22
pečeň	5
vajce	2
surové mäso a ryby	<1
mlieko	<1
jogurt (nízkotučný)	0,3
jogurt (10% tuku)	0,8
chipsy	15
hranolky	5
lasagne	5
pizza	4
chlieb	3

Vitamíny K sa vyskytujú najmä v zelených rastlinách, listovej zelenine, strukovinách, zelenine, v zemiakoch, špenáte, rajčinách, karfirole, hrachu a mrkve. V živočíšnych potravinách sú v menšom zastúpení a to prevažne vo vaječnom žĺtku a v jogurtoch (Zittlau 2006).

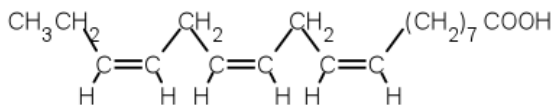
Bohatým zdrojom je aj väčšina rastlinných olejov. Nízky obsah tohto vitamínu je v obilninách, zemiakoch a ovocí. Z potravín živočíšneho pôvodu sa za najbohatší zdroj považuje bravčová a hovädzia pečeň, v ktorých boli identifikované okrem vitamínu K1 aj ďalšie biologicky aktívne deriváty (Takácsová a Pavleková 2006).

4.2.4 Vitamín F

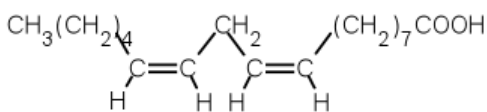
Vitamínom F sú označované nevyhnutné esenciálne mastné kyseliny, kyselina linolová, linolénová arachidonová, ktoré sú do tela nutné dodávať potravou, pretože tieto kyseliny nedokáže vytvoriť sám. Tieto esenciálne mastné kyseliny sú základom pre tvorbu a funkciu bunkových membrán, ovplyvňujú energiu, stav vlasov, pokožky je nechtov (Simopoulos 2005).



a)



b)



c)

Obrázok 27 Esenciálne mastné kyseliny a) arachidonová; b) linolénová; c) linolová (Zdroj: Echo 2016)

Tabuľka 17 Zdroje mastnej kyseliny linolénovej v g/100g porcie
(Simopoulos 2005)

POTRAVINA	OBSAH KYSELINY LINO- LÉNOVEJ g/100g
vlašské orechy	6,8
sójové bôby	1,5
biele orechy	1,0
ľanový olej	53,3
repkový olej	11,1
olej z vlašských orechov	10,4
pšeničný klíčkový olej	6,9
sójový olej	6,8
sója zelená, surová	3,2
sója zrelá, varená	2,1
chaluha	0,8
semená red'kvičky, surové	0,7
fazuľa	0,3
špenát	0,1
avokádo	0,1
maliny	0,1
jahody	0,1
sója sušená	1,6
fazuľa sušená	0,6
hrášok sušený	0,2
ovos - klíčky	1,4
jačmeň - otruby	0,3
kukurica	0,3
ryža - otruby	0,2

Pomáhajú znižovať hladinu cholesterolu v krvi, zabraňujú kôrnatenie ciev, ochraňujú pečeň a sú veľmi dôležitým elementom pri správnom vývoji detí. Chránia proti zvýšenému krvnému tlaku, nadváhe, podporujú imunitný systém, zabraňujú krvným zrazeninám, ochraňuje organizmus proti srdcovým chorobám, mozgovej mŕtvici, pôsobí priaznivo na funkciu prostaty. Taktiež ovplyvňujú správnu funkciu zrážanlivosti krvi, starajú sa o telesnú teplotu pôsobí tiež preventívne proti rakovine. Napriek tomu, že sú tieto kyseliny pre telo potrebné,

môžu vytvárať tiež nebezpečné voľné radikály, proti ktorým naopak pôsobí vitamín E, ktorý by sa mal do tela dodávať spoločne s týmito kyselinami, aby zabránil oxidácii tuku v tele (Kokindová a Šturdík 2004).

Esenciálne kyseliny by mali byť do tela prijímané iba z jedného až dvoch percent z celkového denného príjmu kalórií (6-8 mg/denne). Ak je týchto esenciálnych mastných kyselín dodávaných do tela viac, môže sa to ako následok prejavovať priberaním, pretože sa začnú ukladať ako tuk a vznikajú voľné radikály, kožné ekzémy alebo akné (Mindell and Mundis 2006). Nedostatok vitamínu F sa prejavuje spravidla bolesťami hlavy, znížením krvného tlaku, rôznymi metabolickými poruchami alebo kožnými problémami (kožné lézie).

Vitamín F čiže esenciálne mastné kyseliny možno nájsť v rastlinnom tuku, oleji morských živočíchoch (langusta, homár), orechy (hlavne vlašské), semenkách (slnečnicových, tekvicových, ľanových), sóje, mandliach, listovej zelenine, konopnom oleji, obilných klíčkoch, avokáde, rybách, alebo v oleji z ľanového semienka, ktorý je veľmi bohatým zdrojom tohto vitamínu. Ničí sa pôsobením tepla a kyslíkom (Takácsová a Paveleková 2006; Zittlau 2006).

Tabuľka 18 Denná odporúčaná dávka vitamínov (Zákon č. 352/2009 Sb.).

VITAMÍN	DENNÁ ODPORÚČANÁ DÁVKA
vitamín A (retinol, axeroftol)	800 µg
vitamín D (kalciferol)	5 µg
vitamín E (tokoferol)	12 mg
vitamín K (fylochinón)	75 µg
vitamín F (kys. linolénová)	6 mg
vitamín B1(thiamín)	1,1 mg
vitamín B2(riboflavín)	1,4 mg
vitamín B3 (PP)(niacín, kys. nikotínová)	16 mg
vitamín B5(kys. pantoténová)	6 mg
vitamín B6 (pyridoxín)	1,4 mg
vitamín B7 (biotín, vit. h)	50 µg
vitamín B9(kyselina listová)	200 µg
vitamín B12 (kobalamín)	2,5 µg
vitamín C (kys. L-askorbová)	80 mg