

ZDRAVOTNÉ ASPEKTY HYDROFILNÝCH A LIPOFILNÝCH VITAMÍNOV

MICHAELA KOKINDOVÁ^a, ERNEST ŠTURDÍK^{a, b}

^a *Katedra výživy a hodnotenia potravín, Fakulta chemickej a potravinárskej technológie Slovenskej technickej univerzity, Radlinského 9, 812 37 Bratislava*

^b *Katedra biotechnológií, Fakulta prírodných vied Univerzity sv. Cyrila a Metoda v Trnave, Nám. J. Herdu 2, 917 01 Trnava*

Súhrn: Živý organizmus potrebuje okrem základných živín aj veľmi malé množstvo špeciálnych regulátorov látkovej premeny - vitamínov. Vitamíny sú výživovo dôležité látky, ktorých príjem je nevyhnutný na udržanie života či dobrého zdravotného stavu jednotlivca. Potreba jednotlivých vitamínov sa u rôznych organizmov líši. Nedostatok vitamínov v potrave sa prejavuje rôznymi poruchami, ktoré v ľahšej forme označujeme ako hypovitaminózy, v ťažšej forme ako avitaminózy a dlhotrvajúci veľký nedostatok vitamínov môže spôsobiť až smrť. Článok je venovaný jednotlivým vitamínom podľa ich klasického delenia. Priestor je ďalej venovaný biosyntézam vitamínov a súčasným poznatkom o chemickej podstate jednotlivých vitamínov. Ťažisko informácií sa týka fyziologických účinkov týchto látok a ich funkcií v ľudskom organizme.

Kľúčové slová: vitamíny, chemické štruktúry, biochémia, potraviny, výživa, fyziológia, zdravie

1. Úvod

Vitamíny sú organické nízkomolekulárne zlúčeniny syntetizované autotrofnými organizmami. Heterotrofné organizmy ich syntetizujú len v obmedzenej miere (napr. človek syntetizuje niacín z tryptofánu) a získavajú ich ako exogénne látky predovšetkým potravou a niektoré z nich prostredníctvom črevnej (intestinálnej) mikroflóry. Vitamíny sú v určitom minimálnom množstve nevyhnutné pre látkovú premenu a reguláciu metabolizmu človeka. Sú to látky prirodzene sa nachádzajúce v potravinách rastlinného a živočíšneho pôvodu. Nie sú zdrojom energie ani stavebným materiálom, ale sú aktívnou súčasťou enzýmových systémov, ktoré urýchľujú alebo aktivujú chemické reakcie v našom tele. Odborná verejnosť ich často označuje ako exogénne esenciálne biokatalyzátory (VELÍŠEK, 2002; UHEROVÁ, 2002). Nazývame ich aj mikronutrienty (mikroživiny), pretože vzhľadom na iné výživovo dôležité látky ako sacharidy, lipidy a proteíny, ich ľudský organizmus potrebuje v malom množstve. Množstvo potrebné na zabezpečenie normálnych fyziologických funkcií človeka však závisí od mnohých faktorov, ako sú napr. stravovacie návyky, vek, pohlavie, druh pracovnej aktivity, celkový zdravotný stav, životný štýl a podobne (UHEROVÁ, 2002).

Najbežnejšie hľadisko triedenia vitamínov je v súčasnej dobe podľa spoločných fyzikálnych vlastností, rozpustnosti vo vode (v polárnom prostredí) a v tukoch (v nepolárnom prostredí). Vitamíny sa takto delia na dve veľké skupiny. Vitamíny rozpustné v tukoch - lipofilné (A, D, E, K) a vitamíny rozpustné vo vode - hydrofilné (vitamíny skupiny B a vitamín C). Do skupiny B vitamínov patrí 8 vitamínov, a to

tiamín, riboflavin, niacín, kyselina pantoténová, pyridoxín, biotín, kyselina listová a kobalamíny.

K vitamínom zaraďujeme aj tzv. provitamíny alebo prekursory vitamínov, ktoré samotné nevykazujú fyziologický účinok, ale ľudský organizmus ich dokáže na vitamíny premieňať. Nazývame ich aj vitaméry alebo vitagény. Provitamínom vitamínu A je napríklad β -karotén (UHEROVÁ, 2002).

Ľudský organizmus si dokáže niektoré, predovšetkým lipofilné (tukorozpustné) vitamíny, uskladniť určitú dobu v pečeni. Ich rezervná kapacita, definovaná ako doba, počas ktorej je potreba vitamínov krytá rezervami organizmu, sa udáva pre vitamín A jeden až dva roky a pre vitamín E tri až päť rokov. Prakticky to znamená, že dlhodobo prijímané veľké množstvo niektorého z týchto vitamínov môže byť pre ľudský organizmus nebezpečné. U vitamínu K je rezervná kapacita 2-6 týždňov. Vo vode rozpustné vitamíny (hydrofilné), teda vitamín C a vitamíny B skupiny, sa spravidla v organizme neukladajú vôbec, alebo len obmedzene a ich prebytok je vylučovaný močom. U vitamínov C, riboflavínu, pyridoxínu a niacínu je rezervná kapacita 2-6 týždňov a u tiamínu iba 4-10 dní. Výnimkou je kyselina listová, ktorá môže byť skladovaná v pečeni tri až štyri mesiace a vitamín B₁₂ dva až päť rokov (UHEROVÁ, 2002).

Potreba jednotlivých vitamínov môže byť tiež ovplyvnená prítomnosťou niektorých zložiek potravín, ktoré plné využitie vitamínov neumožňujú alebo vitamíny inhibujú. Medzi tieto látky patria antivitamíny alebo antagonisty vitamínov. Sú to také látky, ktoré eliminujú určitým spôsobom biologické účinky vitamínov, čo môže viesť až k prejavom deficiencie.

Vitamíny sú látky s rôznou chemickou štruktúrou. Vitamíny rozpustné v tukoch - A, D, E a K, pochádzajú z izoprenoidnej biosyntetickej dráhy. Vitamín A je odvodený enzýmovým štiepením zo symetrického C₄₀ β -karoténu, tiež známeho ako provitamín A. Vitamíny E a K vychádzajú z kondenzácií ftyldifosfátu (C₂₀) s aromatickými zlúčeninami odvodenými z kyseliny šikimovej. Vitamín D pochádza z fotochemického otvorenia kruhu 7-dehydrocholesterolu, ktorý je derivátom skvalénu (C₃₀).

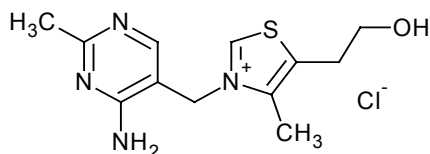
Vitamíny rozpustné vo vode - B₁, B₂, B₆, B₁₂, niacín, kyselina listová a pantoténová, biotín a C, majú menej spoločný biosyntetický pôvod. Vitamíny B₁, B₂ a kyselina listová sú odvodené od purínov, zlúčenín pochádzajúcich z uhlíkov. Časť vitamínov B₁ a kyseliny listovej sú vytvorené aj z aminokyselín. Jedna biosyntéza (niacínu a aj vitamínu B₆) vychádza z glycerolu. Acetylkoenzým A slúži ako prekursor v zložitých biosyntetických procesoch pri biotíne (cez kyselinu pimelovú) a pri vitamíne B₁₂ (cez kyselinu 5-aminolevulovú). Kyselina pantoténová je zložená z kyseliny glyoxálovej a β -alanínu. Vitamín C je biosyntetizovaný z glukózy alebo galaktózy (SCOTT, 2000).

2. Hydrofilné vitamíny

2.1 Tiamín

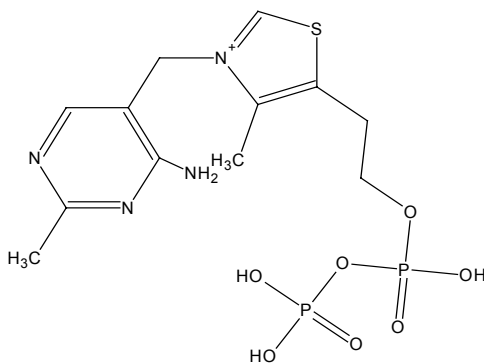
Tiamín (vitamín B₁) je oficiálny názov pre 3-(4-amino-2-metyl-5-pyrimidinyl)metyl-5-(-2-hydroxyetyl)-4-metyltiazolchlorid, C₁₂H₁₇-N₄O₄SCl (Obr. 1). Bol prvým

vo vode rozpustným vitamínom, ktorý bol štruktúrne popísaný a formálne označený British Medical Research Council ako vitamín B₁. Objav tiamínu ako esenciálnej živiny otvoril novú oblasť v oblasti výživy v dvoch ohľadoch. Po prvé, označenie „vitamín“ používané pre celú skupinu neskôr objavených esenciálnych mikronutrientov organického pôvodu bolo odvodené od funkčnej skupiny (NH₂) molekuly tiamínu. Po druhé, tiamín bol prvým nutričným faktorom, ktorý bol identifikovaný ako liečebný prostriedok proti avitaminóze zvierat (BURDICK, 2000).



Obr. 1: Štruktúra tiamínu.

Tiamín sa vyskytuje prirodzene predovšetkým ako voľný tiamín a tiež aj ako fosforylovaný (tiamínmonofosfát, TMP), tiamíndifosfát alebo tiamínpyrofosfát (TPP) a tiamíntrifosfát (TTP). V živočíšnych a rastlinných tkanivách sa vyskytujú všetky formy, hoci rastlinné pletivá obsahujú vyššie hladiny voľného vitamínu ako živočíšne tkanivá. Z viazaných foriem je najviac preskúmaný TPP (Obr. 2), ktorý je koenzýmom dekarboxyláz a aldehydtransferáz. TPP hrá ústrednú úlohu v chemizme bunky a je esenciálny pre normálny metabolizmus sacharidov, nukleových kyselín a aminokyselín. TPP a ostatné fosforylované estery tiamínu ďalej pôsobia v prenose nervových impulzov. Presná úloha tiamínu v neurotransmisii nie je známa, avšak TPP je zahrnutý do syntézy acetylcholínu, základného neurotransmitéra (FINGLAS, 1994; EITENMILLER a LANDEN, 1999; BURDICK, 2000; VELÍŠEK, 2002; BITSCH, 2003). Tiamín zabezpečuje základné biochemické funkcie a jeho nedostatok spôsobuje škodlivé dôsledky hlavne na energetický stav a vo vyšších organizmoch na nervové funkcie. Tiamíntrifosfát sa vyskytuje vo vyšších koncentráciách v nervových tkanivách a v mozgu a môže mať významnú úlohu pri stimulácii periférneho nervstva (BURDICK, 2000; BITSCH, 2003; EGI a KAWASAKI, 2003).



Obr. 2: Štruktúra tiamíndifosfátu.

U ľudí je tiamín aktívne aj pasívne absorbovaný v črevách, transportovaný ako voľný vitamín, potom je prijatý do aktívnych metabolických tkanív a premenený na fosfátové estery cez všade prítomné tiamínkinázy. Počas nedostatku tiamínu sú všetky zásobárne mobilizované. Hladiny tiamínu v erytrocytoch sa používajú na určenie závažnosti nedostatku. Ak nedostatok pokračuje, tiamín sa stáva nedetekovateľný v moči, primárnej exkretnej ceste tohto vitamínu a jeho metabolitov. Šesť hlavných metabolitov, z viac ako dvadsiatich, je charakterizovaných z ľudského moču, vrátane častí tiamínu a príslušných karboxylových kyselín (BURDICK, 2000; BITSCH, 2003).

Klasickým ochorením vyplývajúcim z vážneho nedostatku tiamínu je ochorenie beri-beri. Primárne sa vyvíja z neprimeraného príjmu tiamínu alebo z potravy obsahujúcej antitiamínové faktory. Bežnejší je menej vážny nedostatok tiamínu, charakterizovaný anorexiou a mentálnymi poruchami, ako sú podráždenosť, nepozornosť, poruchy pamäte, depresie a nespavosť. Keď sa nelieči, vyvinie sa jedna z rôznych klinických foriem beri-beri, ktorých symptómy zahŕňajú mentálne zmeny, parestézie, svalové kŕče, edémy, atrófiu svalstva a srdcové poruchy (FINGLAS, 1994; EITENMILLER a LANDEN, 1999; BURDICK, 2000; BITSCH, 2003).

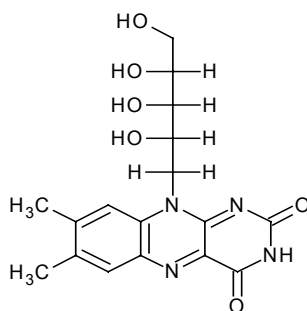
Nedostatok tiamínu sa v západných krajinách zvyčajne spája s alkoholizmom. Toto obvykle vyplýva z vysokého príjmu prázdnych kalórií a nízkeho príjmu nutrične bohatých potravín. Nižší príjem tiamínu môže byť spôsobený aj rôznymi chorobami alebo parazitmi, liekmi znižujúcimi príjem jedla a využitím alebo vstrebávaním tiamínu, tehotenstvom a dojčením, ťažkým fajčením, pokročilým vekom, genetickým pôvodom a stresom. Obsah tiamínu sa monitoruje určením jeho hladiny v krvi, tiež jeho metabolitov v moči, pyruvátu a laktátu v krvi a v neposlednom rade transketolázovou aktivitou (FINGLAS, 1994; GREGORY, 1997; BURDICK, 2000; BITSCH, 2003).

Všeobecne sa tiamín vo vyšších koncentráciách ($1-10 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) vyskytuje v potravinách bohatých na sacharidy, kde prebieha intenzívny metabolizmus cukrov. Bohatým zdrojom tiamínu je zvlášť bravčové mäso, mlieko, mliečne výrobky a vajcia. V obilninách, ktoré sú vzhľadom k ich značnej spotrebe najdôležitejším zdrojom tiamínu, je vitamín prítomný hlavne v klíčku a v aleurónovej vrstve. Biele múky preto obsahujú podľa stupňa vymletia asi desaťkrát menej tiamínu ako celozrné múky. Celozrné cereálne výrobky bohaté na tiamín obsahujú tiež relatívne vysoké koncentrácie vlákniny a fytátov, ktoré inhibujú intestinálnu absorpciu tiamínu i ďalších látok. Ďalším dôležitým zdrojom tiamínu sú zemiaky a strukoviny.

2.2 Riboflavín

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 (Obr. 3) sa v prírode vyskytuje ako voľná látka, najčastejšie vo forme riboflavín-5'-fosfátu (flavínmononukleotid – FMN), ďalej flavínadenín-dinukleotidu (FAD), alebo viazaný na bielkoviny. Riboflavín je vo forme FMN a FAD koenzýmom oxidoreduktáz, 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 (McCORMICK, 2003).



Obr. 3: Štruktúra riboflavínu.

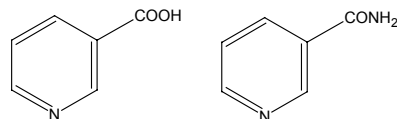
Koenzýmy riboflavínu sú dôležité aj pre využitie niektorých ďalších vitamínov, konkrétne pri ich konverzii do aktívnych koenzýmových foriem (pyridoxín, kyselina listová) a tiež pri transformácii tryptofánu na kyselinu nikotínovú. Dostatočné zastúpenie riboflavínu pozitívne ovplyvňuje základné metabolické reakcie, teda 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. Deficiencia nazývaná ariboflavinóza je pomerne vzácna a prejavuje sa bolesťou hrdla, edémom hltana, glositídou, stomatitídou a dermatitídou.

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. Resorpcia v tráviacom trakte je ľahšia z potravín živočíšneho pôvodu ako z potravín rastlinného pôvodu, v ktorých prevládajú pevné (kovalentné) viazané formy, a tak uvoľnenie riboflavínu z týchto väzieb účinkom proteáz je ťažšie. Na rozdiel od tiamínu, ktorý pri fermentácii zostáva v kvasničných bunkách, je riboflavín vo významnom množstve prítomný v pive. Bohatým zdrojom je droždie.

2.3 Niacín

Niacín, starší názov PP (Pelagra-Preventive) faktor, vitamín PP alebo vitamín B₃ (Obr. 4), je spoločným označením pre kyselinu nikotínovú (kyselinu 3-pyridínkarboxylovú) a jej amid (nikotínamid) (ROSE-SALLIN a kol., 2001). Obe zlúčeniny majú rovnakú biologickú účinnosť. Nikotínamid je súčasťou nikotínamidadenín-dinukleotidu (NAD) a jeho fosforečného esteru nikotínamidadenín-dinukleotidfosfátu (NADP), ktoré sú koenzýmami veľkého počtu rôznych enzýmov

(BASU a DONALDSON, 2003). Tieto kofaktory sa zúčastňujú prenosu elektrónov v respiračných systémoch, napríklad vo väčšine reakcií Krebsovho cyklu.

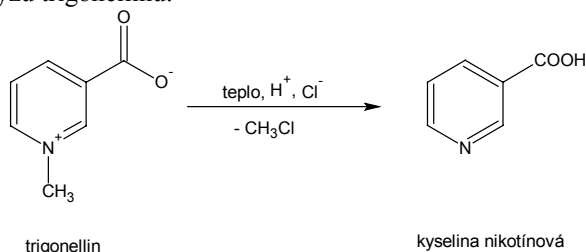


Obr. 4: Štruktúra kyseliny nikotínovej a nikotínamidu.

Kyselina nikotínová a nikotínamid sú absorbované z tenkého čreva prostredníctvom aktívneho transportu, i keď pri nefyziologických vysokých koncentráciách sú absorbované tiež pasívnou difúziou cez intestinálnu mukózu (BENDER, 2003a).

Ľudský organizmus má istú obmedzenú schopnosť syntetizovať tento vitamín z aminokyseliny tryptofánu. Tento dej sa uskutočňuje za aktívneho pôsobenia enzýmov, ktorých účinnou zložkou je pyridoxín. Niacín je takisto koenzýmom, ktorý zasahuje do veľmi dôležitých biochemických reakcií, čím ovplyvňuje zdravotný stav pokožky, správnu funkciu gastrointestinálneho traktu a nervového systému. Nedostatok vitamínu sa označuje ako pelagra a prejavuje sa zápalmi kože, hnačkami, postihnutím slizníc, depresívnou psychózou a demenciou (JURAJA a kol., 2003). Existuje veľké množstvo štúdií potvrdzujúcich pozitívnu funkciu dostatočného zastúpenia kyseliny nikotínovej v našom organizme na metabolizmus lipidov, predovšetkým na reguláciu hladiny cholesterolu a triglyceridov. Niektorí autori sa domnievajú, že má aj pozitívny účinok pri liečení karcinómov zažívacieho traktu a takisto redukuje riziko arteriosklerózy.

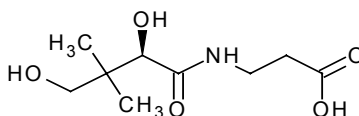
V potravinách živočíšneho pôvodu sa vyskytuje hlavne nikotínamid, z väčšej časti vo forme NAD a NADP. Najbohatším zdrojom sú vnútornosti, všetky druhy mäsa a vajecný žĺtok. Mlieko obsahuje prekvapivo nízke množstvo niacínu, u syrov je obsah niacínu vyšší. V potravinách rastlinného pôvodu sa vyskytuje 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 trigonellinu, ktorý pri pražení degraduje na nikotínovú kyselinu a senzoricke aktívne pyridíny. Obrázok 5 znázorňuje pyrolýzu trigonellinu.



Obr. 5: Pyrolýza trigonellinu.

2.4 Kyselina pantoténová

Kyselina pantoténová, starší názov pre vitamín B₅ je podstatnou súčasťou koenzýmu A (CoA) a tiež enzýmu ACP (Acyl Carrier Protein), ktorý umožňuje a urýchľuje syntézu mastných kyselín v ľudskom organizme. Chemický názov kyseliny pantoténovej je D-(+)- α , γ -dihydroxy- β -dimetylbutyryl- β' -alanín, C₉H₁₇O₅N (Obr. 6).



Obr. 6: Štruktúra kyseliny pantoténovej.

Pantoténová kyselina sa v rastlinách a v niektorých mikroorganizmoch syntetizuje z kyseliny pantoovej a β -alanínu. Živočích (aj kvasinky a baktérie) pantoténovú kyselinu nesyntetizujú, iba konvertujú exogenný vitamín získavaný potravou na koenzým A a ACP.

Prítomnosť vitamínu je nevyhnutná pre tvorbu energie zo sacharidov a tukov, ďalej 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 (BALL, 2003). Prípady deficiencie, prejavujúce sa predovšetkým dermatitídami bývajú ojedinelé.

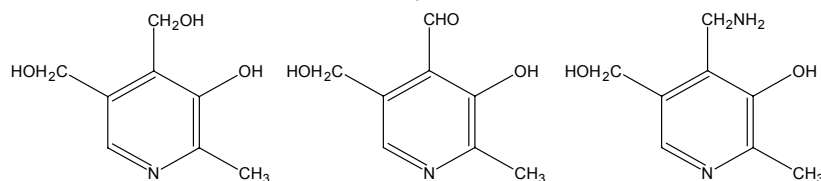
Kyselina pantoténová sa nachádza vo všetkých potravinách rastlinného i živočíšneho pôvodu zväčša vo viazanej forme ako koenzým A, acetylkoenzým A alebo ACP. Iba malý podiel predstavuje jej výskyt vo voľnej forme. Z potravín živočíšneho pôvodu sú na kyselinu pantoténovú bohaté hlavne vnútornosti, bravčové mäso a vaječný žĺtok. Pomerne málo tohto vitamínu obsahuje mlieko. Pokiaľ ide o potraviny rastlinného pôvodu, závisí zastúpenie kyseliny pantoténovej v cereálnych výrobkoch od druhu múky. V zelenine, ale najmä v ovocí, má pomerne nižšie zastúpenie. Za dobrý zdroj považujeme huby a droždie, čo je však z hľadiska ich podielu vo výžive človeka takmer bezvýznamné.

2.5 Pyridoxín

Názvom pyridoxín alebo aj vitamín B₆ sa označujú tri štruktúrne príbuzné, biologicky aktívne deriváty 3-hydroxy-5-hydroxymetyl-2-metylpyridínu líšiace sa substitúciou v polohe 4 pyridínového kruhu a tri príslušné 5'-fosfáty. Hydroxymetylderivát sa nazýva pyridoxol, formylderivát (pyridoxal) a aminometylderivát (pyridoxamín) (Obr. 7). Pri jednotlivých formách existuje možnosť vzájomnej konverzie, a tak všetky formy vykazujú rovnakú biologickú aktivitu.

Pyridoxol, najstabilnejší derivát sa nachádza takmer výlučne v rastlinných potravinách. Zvyšné deriváty sú prítomné v živočíšnych produktoch. Všetky tri

deriváty sú veľmi rýchlo absorbované prostredníctvom pasívnej difúzie (FERENČÍK a kol., 2000; BASU a DONALDSON, 2003).



Obr. 7: Biologicky aktívne deriváty pyridoxínu (pyridoxol, pyridoxal a pyridoxamín).

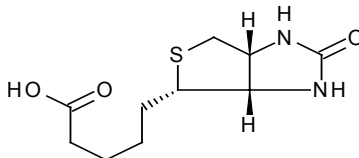
Vo forme pyridoxal-5-fosfátu sa tieto látky zapájajú do metabolických reakcií ako kofaktory dekarboxyláz, aminotrasferáz a iných enzýmov. Vitamín sa zúčastňuje mnohých reakcií súvisiacich s metabolizmom bielkovín resp. aminokyselín. Je potrebný na tvorbu biogénnych amínov, na už spomínanú transformáciu 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 neurotransmitterových látok, ktorých deficit sa dáva do súvislosti so vznikom depresii. 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 i nervozitu. Deficit pyridoxínu u žien môže iniciovať predmenštruačný syndróm, prejavujúci sa depresiami, vnútorným nepokojom, únavou, bolesťami hlavy, letargiou, žalúdočnými kŕčmi (BENDER, 2003b).

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.

Bohatým zdrojom vitamínu je mäso, mäsové výrobky, vnútornosti a vaječný žĺtok. Obsah v mlieku a syroch je pomerne nízky. Dobrým zdrojom vitamínu sú obilniny. Vyšší obsah majú celozrné cereálne výrobky a obilné klíčky, ďalej zemiaky a strukoviny. Pyridoxín je ako ďalší vitamín skupiny B prítomný vo vysokých koncentráciách v droždí.

2.6 Biotín

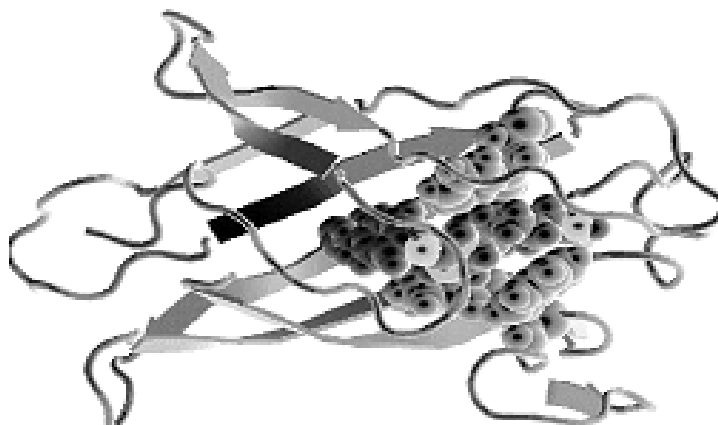
Biotín (vitamín B₇), C₁₀H₁₆N₂O₃S (Obr. 8) sa v prírode vyskytuje voľný alebo viazaný na bielkoviny, prípadne vo forme analógov (vitaméry). Chemický názov je (+)-*cis*-2-(4-karboxybutyl)-3,4-(2-oxo-3,4-imidazolidino)tiofán.



Obr. 8: Štruktúra biotínu.

V ľudskom organizme sa biotín uplatňuje hlavne pri karboxylačných reakciách, teda zabudovaní oxidu uhličitého do niektorých organických kyselín. Je účinnou zložkou troch skupín enzýmov, a to karboxyláz, dekarboxyláz a transkarboxyláz, ktoré sa uplatňujú v biosyntéze mastných kyselín, v štiepení a okysličovaní niektorých aminokyselín, a v iných, životne dôležitých metabolických dejoch. 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.

Jedným z hlavných príznakov nedostatku tohto vitamínu 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, ďalej sa uvádza nechutenstvo, únava, depresie, nespavosť a zvýšenie cholesterolu v krvi. Keďže ľudský organizmus si sám produkuje biotín činnosťou vlastnej črevnej mikroflóry, a navyše sa obsah vitamínu zvyšuje prijatými potravinami, príznaky z nedostatku biotínu sú u človeka pomerne vzácne. 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 (DAKSHINAMURTI a kol., 1987). Deficit sa preto môže prejavovať u novorodencov s ešte nevyvinutým enzýmovým systémom a u starších ľudí, kde môže byť príčinou nedostatočnej aktivity biotinidázy. Môže sa vyskytnúť aj v dôsledku slabej intestinálnej resorpcie pri podávaní väčšieho množstva antibiotík a sulfonamidov. Tieto lieky odstraňujú z nášho tela aj intestinálne baktérie, čím sa prakticky znižuje obsah biotínu syntetizovaný priamo v ľudskom organizme. Najbežnejšie sa však nedostatok prejavuje u ľudí so špeciálnou diétou, ktorí konzumujú zvýšené množstvo surových vajícok. Surový vaječný bielok obsahuje vo vode rozpustnú bielkovinu avidín, ktorý tvorí veľmi pevný, ľudským organizmom nevyužitelný komplex s biotínom. Komplex avidínu s biotínom nám zobrazuje obrázok (Obr. 9).



Obr. 9: Komplex avidínu s biotínom.

Avidín denaturuje pri tepelnom spracovaní vajec a bielkovina s porušenou štruktúrou už s biotínom nereaguje (ZEMPLENI a MOCK, 2003).

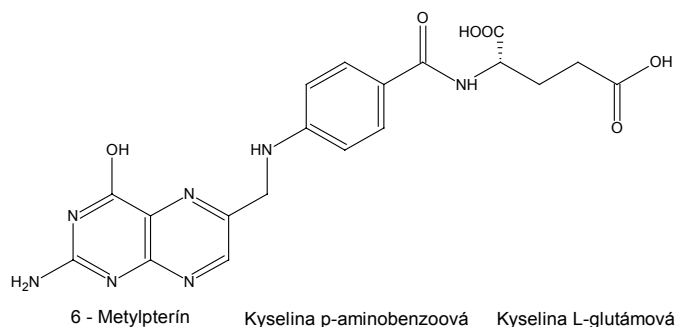
Zdrojom biotínu je skupina potravín, avšak koncentrácia vitamínu vo väčšine z nich je zvyčajne nízka. Biotín je čiastočne prítomný ako voľná látka (mlieko, ovocie, zelenina) a čiastočne viazaný na bielkoviny (živočíšne tkanivá, rastlinné semená). Dobrým zdrojom je vaječný žltok, vnútornosti (hlavne pečeň 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.

2.7 Kyselina listová

Kyselina listová (vitamín B₉) bola objavená doktorkou Lucy Willsovou pri štúdiu anémie megaloblastického typu u tehotných žien. V staršej literatúre sa používali termíny „kyselina listová“, „folát“ alebo „folacín“ univerzálne pre všetky deriváty kyseliny pteroylglutámovej. V posledných rokoch sa označenie „kyselina listová“ používa pre materskú a komerčne dostupnú kyselinu pteroylmonoglutámovú, zatiaľ čo „folát“ sa používa na popis derivátov, ktoré sa poväčšine vyskytujú v potravinách a tkanivách (EITENMILLER a LANDEN, 1999; RAWALPALLY, 2000; BATES, 2003).

Metabolicky aktívna forma kyseliny listovej má redukovaný pteridínový kruh a niekoľko zvyškov kyseliny glutámovej. Kyselina L-listová (Obr. 10) obsahuje tri podjednotky: 6-metylpterín, kyselinu p-aminobenzoovú a kyselinu L-glutámovú. Chemický názov kyseliny listovej je N-[4-[(2-amino-1,4-dihydro-4-oxo-6-pteridinylyl)metyl]amino]benzoyl]-L-glutámová kyselina (BATES, 2003).

Kyselina listová obsahuje jeden zvyšok kyseliny glutámovej s akceptovaným názvom „pteroylglutámová kyselina“. Kyselina listová je bežnou, stabilnejšou, syntetickou formou používanou na fortifikáciu potravín a pre farmaceutické prípravky (EITENMILLER a LANDEN, 1999; RAWALPALLY, 2000; BATES, 2003).



Obr. 10: Štruktúrny vzorec kyseliny listovej.

Foláty patria k širokej skupine heterocyklických zlúčenín založených na štruktúre kyseliny pterovej konjugovanej s jedným alebo viacerými zvyškami kyseliny L-

glutámovej spojenými prostredníctvom γ -karboxylu (EITENMILLER a LANDEN, 1999; RAWALPALLY, 2000; BATES, 2003).

Kyselina listová je prekursorom dôležitých kofaktorov enzýmov potrebných pre syntézu nukleových kyselín a v metabolizme niektorých aminokyselín. Nedostatok kyseliny listovej má za následok neschopnosť organizmu tvoriť kyselinu deoxyribonukleovú (DNA), ribonukleovú (RNA) a určité proteíny (RAWALPALLY, 2000; BATES, 2003). Zistenie, že kyselina listová je účinným liekom na megaloblastickú anémiu, sa objavilo v roku 1945. Nedostatok vyplýva z nízkeho príjmu, poruchy absorpcie, abnormálneho metabolizmu alebo stavov, ako sú terapia liekmi, čo vedie k zvýšeným požiadavkám na tento vitamín. Medzný nedostatok kyseliny listovej a folátov sa prejavuje všeobecnými symptómami zahŕňajúcimi únavu, podráždenosť a pokles chuti do jedla. Ťažšia deficiencia spôsobuje megaloblastickú anémiu alebo tvorbu veľkých nezrelých červených krviniek. Ostatné symptómy zahŕňajú bolesti brucha, hnačky, vredy v ústach a hltane, zmeny na koži a stratu vlasov. Deficiencia pred alebo počas tehotenstva môže vyvolať predčasný pôrod alebo vývojové poruchy neurálnej trubice (neural tube defects, NTD) plodu, ku ktorým patrí anencefália (dieťa nemá dobre vyvinutý mozog a umiera krátko po narodení) a spina bifida alebo encefalocélia (defekty miechy, pri ktorých sa neuzavrú miechové stavce a miecha s miechovou kvapalinou tvoria výduť na chrbte (CUSKELLY a kol., 1996; UHEROVÁ a kol., 1999; RAWALPALLY, 2000; BATES, 2003). Defekty neurálnej trubice sa formujú už v prvých štádiách tehotenstva, asi v 26. až 28. dni po oplodnení, preto sa pri plánovaní rodičovstva doporučuje prijímať vyššie dávky kyseliny listovej už pred počatím. Presný mechanizmus vplyvu kyseliny listovej ako ochranného faktora proti vzniku NTD nie je celkom objasnený. Existujú rôzne hypotézy, jedna považuje za hlavnú príčinu vzniku NTD zvýšenú hladinu homocysteínu v krvi, ktorý môže byť pre plod toxický. Ďalšia označuje ako možnú príčinu vysokú hladinu α -fetoproteínov v plodovej vode, ktoré sú produkované samotným plodom. Iná teória tvrdí, že nedostatok kyseliny listovej v tele matky vedie k nedostatočnej produkcii metabolitov potrebných na rýchle delenie buniek, najmä buniek nervových tkanív (STEEGERS-TTHEUNISSEN a kol., 1994; RAWALPALLY, 2000; KALTER, 2000; FOLSOM a kol., 2003; PAIVA a kol., 2003).

Kyselina listová sa podieľa na metabolizme homocysteínu a tým i na patogeneze artériosklerózy. Homocysteín bol iba pred niekoľkými rokmi identifikovaný ako samostatný rizikový faktor artériosklerózy, naopak homocystinúria ako vrodená porucha látkovej výmeny je známa už od 60-tych rokov. Tento defekt vedie k extrémnemu zvýšeniu koncentrácie homocysteínu v krvi a súčasne k zvýšenému vylučovaniu jeho produktu homocysteínu. Neliečené ochorenie vedie už v mladom veku k výrazným artériosklerotickým zmenám na cievach. Relatívne vysoký príjem a tkanivové hladiny vitamínov B₆, B₁₂ a kyseliny listovej napomáhajú podstatne znižovať hladiny plazmového homocysteínu. Hladiny sérového homocysteínu sú zvýšené u viac ako 95 % pacientov s deficienciou folátov alebo vitamínu B₁₂. Ukázalo sa, že koncentrácie sérového folátu $\leq 9,2$ nmol/l sú spojené so zvýšenými hladinami plazmového homocysteínu (Van WERSCH a kol, 2002).

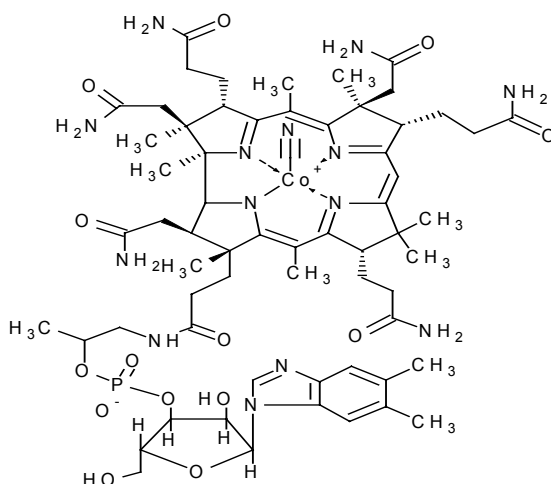
Jedna štúdia poukázala na to, že značná konzumácia alkoholu pri nedostatočnom príjme folátov a metionínu môže zvýšiť riziko rakoviny hrubého čreva. Na základe

tejto štúdie sa odporúča vyhýbať nadmernej konzumácii alkoholu a zvýšiť príjem folátov na zníženie rizika rakoviny hrubého čreva (RAWALPALLY, 2000).

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 5-metyltetrahydrofolát. Listová zelenina je najvýznamnejším zdrojom vitamínu. Významným zdrojom sú aj vajcia a vnútornosti. V obilninách a strukovinách je prítomné tiež významné množstvo fôlovej kyseliny a jej derivátov. Bohatým zdrojom vitamínu je droždie a tiež vyššie huby.

2.8 Vitamín B₁₂

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 (Obr. 11).



Obr. 11: Štruktúra vitamínu B₁₂.

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. Rovnako od prítomnosti tohoto 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 aj 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

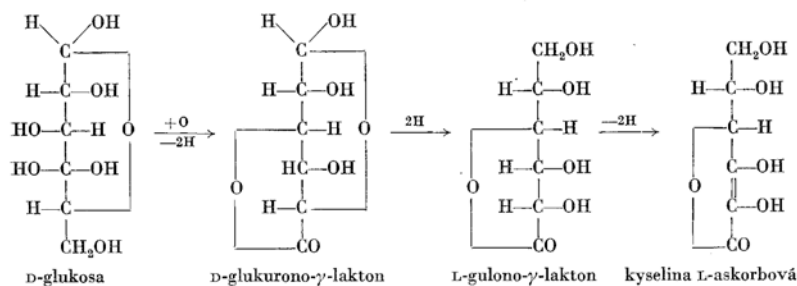
pôvodu označovanú IF (*Intrinsic Factor*), ktorá viaže vitamín a umožňuje jeho resorpciu v črevnom systéme. Nedostatok vitamínu B₁₂ sa prejavuje predovšetkým chudokrvnosťou, ktorá sa však rozvíja dlhší čas, pretože vitamín B₁₂ ako jediný z vodorozpustných vitamínov môže pretrvávajúť v ľudskom organizme dlhší čas (2 až 5 rokov).

Nedostatok vitamínu B₁₂ a folátov je často spojený aj s duševnými poruchami a neurologickými komplikáciami, najmä depresívnymi syndrómami a zriedka aj 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 mozgové funkcie. 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 (FAFOUTI a kol., 2002).

Korinoidy sú prítomné výhradne v potravinách živočíšneho pôvodu. V mlieku je hlavným vitamínom adenozykobalamín a metylkobalamín, v syroch a vaječnom žltku sa vyskytuje hlavne metylkobalamín. V mäse sa nachádza adenozykobalamín a akvakobalamín, v menšom množstve metylkobalamín a sulfítokobalamín. V rastlinách sa kobalamín nevyskytuje, aj keď sa pripúšťa jeho výskyt v strukovinách. Zriedkavé nálezy v zeleninách alebo vo fermentovaných potravinách (pivo, sojová omáčka) majú asi pôvod v kontaminácii organickými hnojivami alebo v kontaminácii nekultúrnymi druhmi mikroorganizmov.

2.9 Vitamín C

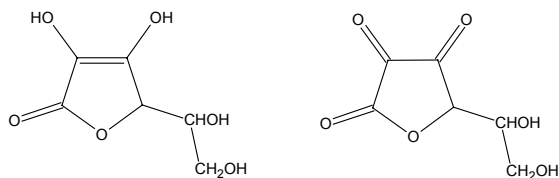
Základnou biologicky aktívnou zlúčeninou vitamínu C je kyselina askorbová. Rastliny a väčšina živočíchov ju dokážu syntetizovať z glukózy cez glukuronolaktón (Obr. 12).



Obr. 12: Schéma vzniku kyseliny L-askorbovej z D-glukózy.

Ľudia, opice, morčatá a netopiere stratili v evolúcii schopnosť kyseliny askorbovej syntetizovať, pretože sa degeneroval gén pre koncový enzým (gulónolaktónoxidáza) biosyntézy askorbátu (Nishikimi a Yagi, 1991). V prírode sa nachádza v dvoch formách, redukovanej (kyselina L-askorbová, čo je γ -laktón 2-oxo-L(-)-gulónová

kyselina) a oxidovanej nazývanej kyselina L-dehydroaskorbová, ktorej chemický názov je γ -laktón 2,3-dioxo-L-(+)-gulónová kyselina (Obr. 13).



Obr. 13: Štruktúra kyseliny L-askorbovej a L-dehydroaskorbovej.

Tým, že kyselina askorbová má silné redukčné vlastnosti, ľahko sa oxiduje na kyselinu dehydroaskorbovú, a vytvára tak v prírode dôležitý vratný oxidoredukčný systém. 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, ktorý tvorí spojivo v koži, chrupavkách, šľachách a kostiach, a aj 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 redukciami Fe^{3+} na Fe^{2+} . Vzhľadom na skutočnosť, že kyselina askorbová je schopná viazať kyslík, za vzniku kyseliny dehydroaskorbovej, je veľmi účinným antioxidantom. Je teda látkou brániacou oxidácii iných zlúčenín. 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. Epidemiologické štúdie ukazujú na pozitívnu koreláciu medzi obsahom vitamínu C v plazme alebo tkanivách a znížením výskytu rakoviny žalúdka. Táto korelácia sa nepotvrdila pri kolorektálnej a pľúcnej rakovine (FERRARONI a kol., 1994; OCKÉ a kol., 1995). Dokázal sa však inhibičný účinok vitamínu C na rast leukemických bunkových štruktúr. Tento vitamín sa uplatňuje aj v metabolizme cholesterolu a zdôrazňuje sa jeho pozitívny vplyv na obmedzenie kardiovaskulárnych ochorení. V niektorých prípadoch sa zistilo zníženie rizika srdcových ochorení po podávaní vitamínu C (SIMON, 1992; SAHYOUN a kol., 1996), zatiaľ čo v iných sa pozitívna úloha vitamínu C v etiológii alebo prevencii ochorení srdca nepotvrdila (ROCK a kol., 1996). Podobne sa preukázal pozitívny účinok vitamínu C na endotelové bunky u chronických fajčiarov (HEITZER a kol., 1996). Posilnenie imunitného systému v súvislosti s dostatočným zásobením ľudského organizmu vitamínom C stimuluje produkciu lymfocytov. Ovplyvňuje aj mobilitu, teda pohyb fagocytov, ktoré likvidujú baktérie, vírusové častice, karcinogénne bunky a podobne. Potláča infekciu dýchacích ciest a redukuje symptómy astmy a alergie. Klasickým prejavom nedostatku vitamínu C je skorbut, prejavujúci sa zdurením, zápalom a krvácaním ďasien, uvoľnením zubov, opuchmi kĺbov a telesnou únavou. V súčasnej dobe, keď už skorbut nie je problematickým ochorením, sa prejavuje nedostatok vitamínu predovšetkým únavou a zvýšenou náchylnosťou na infekčné ochorenia. Deficiencia môže spôsobiť aj

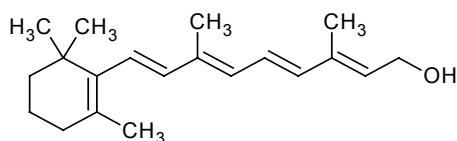
svalovú únavu a zdĺhavé hojenie zlomenín. Keďže vitamín C ovplyvňuje resorpciu železa, a tým aj tvorbu červených krviniek, nedostatok vitamínu môže spôsobiť krvácanie slizníc i podkožné krvácanie.

Najbohatším zdrojom vitamínu C je ovocie a zelenina. Najvyšší obsah vitamínu má čerstvé ovocie a čerstvá zelenina. Medzi jednotlivými druhmi však existujú veľké rozdiely v obsahu vitamínu. Ten je výrazne závislý i na vegetačných podmienkach, spôsobe pozberového skladovania alebo spracovania. V potravinách rastlinného pôvodu je spravidla 90-95 % vitamínu prítomného vo forme askorbovej kyseliny, zbytok tvorí dehydroaskorbová kyselina. Zo živočíšnych potravín je významnejším zdrojom vitamínu C hovädzia i bravčová pečeň. Ďalšie potraviny, (mäso, vajcia a mlieko) majú ako zdroj vitamínu zanedbateľný význam.

3. Lipofilné vitamíny

3.1 Vitamín A

Základnou a najvýznamnejšou aktívnou látkou tejto skupiny vitamínov v živočíšnych bunkách je all-*trans*-retinol alebo axeroftol, či vitamín A₁ (Obr. 14). Retinol (9,13-dimetyl-7-[1,1,5-trimetyl-6-cyklohexén-5-yl]-7,9,11,13-nonatetraén-15-ol) je alicyklický diterpénový alkohol s β-jonónovým cyklom a s postranným reťazcom štyroch konjugovaných dvojtych väzieb.



Obr. 14: Štruktúra vitamínu A₁.

Retinol zasahuje v živočíšnych organizmoch do látkovej premeny na niekoľkých rôznych miestach. Uplatňuje sa predovšetkým v biochemizme zrakového vnemu a pri biosyntéze bielkovín, resp. diferenciácii v raste buniek (LEAF a kol., 2004). Nedostatok retinolu sa prejavuje najprv poklesom hladiny karotenoidov v krvi. Po ich vyčerpaní klesá i obsah retinolu. Tento nedostatok (avitaminóza) sa prejavuje šeroslepotou a u mladých organizmov i zastavením rastu. Esenciálnym kofaktorom enzýmov regulujúcich metabolizmus vitamínu A je zinok. Aktivitu vitamínu A vykazuje asi 50 ďalších prirodzene sa vyskytujúcich zlúčenín zo skupiny karotenoidov, ktoré sa nazývajú provitamíny A. Najvýznamnejším z nich je β-karotén. Karotenoidy sú pigmenty rastlinného alebo mikrobiálneho pôvodu. V súčasnosti sa pozná asi 600 derivátov karotenoidov. Z toho približne 10 % má aktivitu provitamínu A a môžu sa metabolizovať na retinol. Karotenoidy sa vstrebávajú mukóznymi bunkami a nezmenené sa viažu na chylomikróny. Z potravy sa vstrebáva len asi 10-30% karotenoidov. Na vstrebávanie má vplyv obsah lipidov v potrave, pretože karotenoidy potrebujú k vstrebávaniu soli žľových kyselín. Obsah karotenoidov v tkanivách závisí od ich koncentrácie v potrave. Symetrickým štiepením sa β-karotén premieňa na retinal katalytickým účinkom β-karotén-15,15'-dioxygenázy.

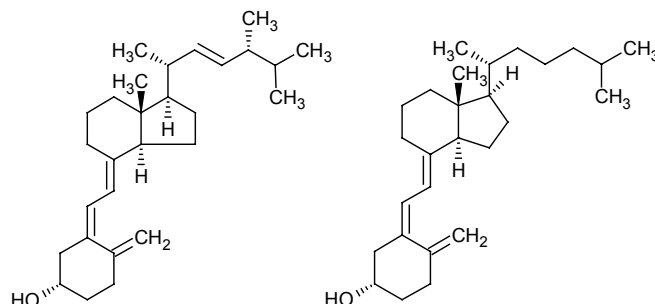
Alternatívny mechanizmus je aj nesymetrické štiepenie, ktoré sa potvrdilo v čreve ľudí. Vznikajú tým rôzne retinoidy, ktoré nemajú typickú aktivitu β -karoténov. Premena karotenoidov na retinol sa uskutočňuje aj v adipových bunkách, pľúcach, obličkách a v žltom teliesku (WANG a kol., 1991). Karotenoidy nespôsobujú hypervitaminózu, pretože absorpcia β -karoténu v črevách je menej účinná v porovnaní s retinolom a rýchlosť premeny provitamínu A na vitamín A je príliš pomalá na to, aby zapríčinila toxickú reakciu. Biologická aktivita β -karoténu sa spája s jeho funkciou ako provitamínu vitamínu A. Ďalšia jeho významná schopnosť je reagovať so sigletovým kyslíkom a vrátiť molekulu excitovaného kyslíka do základného energetického stavu. Táto vlastnosť radí β -karotén medzi antioxidanty. Vitamín A vykazuje len zanedbateľnú antioxidačnú schopnosť (SUNDQUIST a kol., 1994).

Z mnohých epidemiologických aj experimentálnych štúdií vyplýva, že karotenoidy môžu mať významnú úlohu v prevencii niektorých druhov rakoviny (KRINSKY, 1993; GERSTER, 1993, Van POPPEL, 1993). Konzumovanie potravy s vysokým obsahom karotenoidov po diagnostikovaní rakoviny môže mať za následok priaznivejšiu prognózu ochorenia (INGRAM, 1994). Hoci karotenoidy sa charakterizujú ako antioxidanty, priamy súvis medzi touto ich vlastnosťou a antikancerogenézou nebol zatiaľ potvrdený. Protinádorové účinky karotenoidov súvisia pravdepodobne s ich vplyvom na bunkovú proliferáciu kapacitu a diferenciáciu (ROCK a kol., 1995). Schopnosť vitamínov ovplyvniť alebo znížiť *in vivo* riziko poškodenia tkanív a orgánov a vznik nádorových ochorení pomocou ich antioxidačnej schopnosti nebola zatiaľ presne dokázaná na molekulovej úrovni. Preto ovplyvnenie niektorých voľnoradikálových ochorení β -karotenoidmi ostáva aj naďalej hypotézou (ROCK a kol., 1996).

Vitamín A sa nachádza výlučne v potravinách živočíšneho pôvodu, voľný alebo esterifikovaný vyššími masnými kyselinami, najčastejšie kyselinou palmitovou. Zvlášť bohatým zdrojom je olej z pečene morských rýb. Vysoký obsah tohto vitamínu sa nachádza aj v hovädzej a bravčovej pečeni. Mäso a mlieko má pomerne málo vitamínu A. Jeho obsah kolíše v závislosti od množstva tuku. Dobrým zdrojom sú však aj mliečne výrobky s vyšším obsahom tuku a maslo. Potraviny rastlinného pôvodu sú významným zdrojom najvýznamnejšieho provitamínu A - β -karoténu. Klasickým zdrojom β -karoténu je mrkva. Dostatočne množstvo sa však nachádza aj v špenáte, keli a petržlenovej vňati. Z ovocia treba spomenúť hlavne marhule.

3.2 Vitamín D

Vitamín D je spoločný názov pre skupinu fyziologicky účinných lipofilných steroidných látok, z ktorých najvýznamnejšie sú vitamín D₂ alebo ergokalciferol (9,10-seco- $\Delta^{10(19)5,7,22}$ -ergostatetraen-3- β -ol) a vitamín D₃ alebo cholekalciferol (9,10-seco- $\Delta^{10(19)5,7}$ -dehydrocholestatrien-3- β -ol (Obr. 15). Pri adekvátnej expozícii slnečnému žiareniu nie je potrebná suplementácia vitamínu D potravou. Biologicky je inertný a musí byť hydroxylovaný v pečeni a obličkách na aktívny 1,25-dihydroxyvitamín D (1,25(OH)₂D). Renálna produkcia 1,25(OH)₂D je regulovaná sérovými koncentraciami kalcia prostredníctvom účinku parathormónu, fosforu, peptidov a steroidných hormónov.

Obr.15: Štruktúra vitamínu D₂ a D₃.

Koža je orgánom zodpovedným za produkciu vitamínu D₃ (cholecalciferol). Počas expozície slnečnému žiareniu 7-dehydrocholesterol (7-DHC, provitamín D₃) absorbuje solárnu radiáciu s energiou 290-315 nm, ktorá spôsobí transformáciu 7-DHC na previtamín D₃. Previtamín D₃ sa pomocou termálne indukovanej izomerizácie v priebehu niekoľkých hodín transformuje na vitamín D₃ (cholecalciferol), ktorý sa dostáva do cirkulácie, kde je viazaný na vitamín D-viažúci proteín. Množstvo endogénne vytvoreného vitamínu D₃ pochopiteľne závisí od ročných období. Dietná suplementácia je potrebná len v prípade nedostatočnej kožnej tvorby. Vitamín D₃ sa v potrave nachádza zriedkavo. Vitamín D₂ (ergocalciferol), ktorého provitamínom je ergosterol, sa prijíma potravou a je biologicky rovnako potentný ako ľudský. Vitamín D₂ sa líši od vitamínu D₃ dvojitou väzbou medzi C₂₂ a C₂₃ a metylovou skupinou na 24. uhlíku. Vitamíny D₂ a D₃ sú v cirkulácii viazané na vitamín D-viažúcu bielkovinu (vitamin D-Binding Protein) a transportované do pečene, kde dochádza účinkom cytochróm P₄₀-vitamín D-25-hydroxylázy k tvorbe 25-hydroxyvitamínu D 25(OH)D. Hlavnou cirkulujúcou formou vitamínu D je 25(OH)D. Množstvo 25(OH)D zodpovedá celkovému množstvu vitamínu D a jeho vyšetrenie odpovie na otázku, či je v organizme dostatok, nedostatok alebo nadbytok vitamínu D. 25(OH)D je biologicky inaktívny a je transportovaný do obličiek, kde cytochróm P₄₅₀-monoxygenáza 25(OH)D-1-hydroxyláza metabolizuje 25(OH)D na 1,25-dihydroxyvitamín D (1,25(OH)₂D). Syntéza prebieha v proximálnych tubuloch. Okrem obličiek majú aj kostné a epidermálne bunky schopnosť tvoriť 1,25(OH)₂D. V neposlednom rade má aj placenta túto schopnosť. 1,25(OH)₂D je metabolizovaný v cieľových orgánoch (čreva a kosti), ako aj v pečeni a v obličkách.

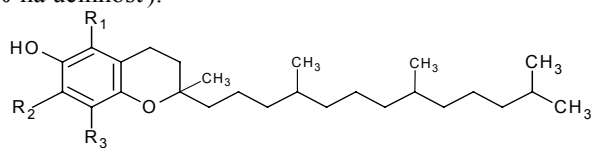
Hlavný biologický účinok vitamínu D je udržať kalciovú homeostázu zvýšením absorpcie kalcia v tenkom čreve, ktorý je bezpodmienečne potrebný pre rast, vývoj a udržanie pevnosti kostí (YEN, 2003). 1,25(OH)₂D priamo zvyšuje vstup kalcia cez plazmatickú membránu do črevných buniek, zvyšuje pohyb kalcia cez cytoplazmu a transfer kalcia cez bazolaterálnu membránu do cirkulácie (LEAF, 2004). 1,25(OH)₂D zvyšuje produkciu a aktivitu viacerých proteínov tenkého čreva, napr. CaBP. CaBP je zodpovedný za prechod kalcia cez gastrointestinálnu sliznicu. 1,25(OH)₂D pôsobí aj na kostné bunky. Účinkom na osteoblasty reguluje nepriamo osteoklastovú aktivitu pomocou cytokínov. In vitro inhibuje proliferáciu keratocytov a fibroblastov, stimuluje terminálnu diferenciáciu keratocytov, indukuje monocyty k produkcii IL-1 (interleukín-1) a inhibuje tvorbu IL-2 (interleukín-2) a imunoglobulínov aktivovanými

lymfocyty T a B. Význam 1,25(OH)₂D pre imunitné deje nie je dodnes definitívne objasnený. Liečebné použitie pri autoimúnných ochoreniach, ako je diabetes melitus I. typu, je nádejné. Potentný antiproliferatívny účinok 1,25(OH)₂D sa využíva v terapii psoriázy, liečba iných hyperproliferatívnych stavov, ako sú karcinóm prsníka a leukémia, nebola úspešná (SERGE, 1997). Nedostatok alebo nadbytok vitamínu D sa zúčastňujú na vzniku viacerých porúch kalciofosfátového metabolizmu.

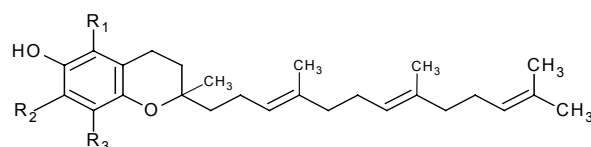
Cholekalciferol sa prirodzene vyskytuje v potravinách živočíšneho pôvodu, kde ho sprevádzajú aj príslušné provitamíny. Najbohatším zdrojom je tuk z pečene morských rýb. Okrem rybieho tuku a rybieho mäsa možno spomenúť vnútornosti hospodárskych zvierat, hlavne pečeň, vaječný žltok a mliečne výrobky. Významným zdrojom ergokalciferolu môžu byť vyššie huby, ktoré súčasne obsahujú aj provitamín ergosterol.

3.3 Vitamín E

Vitamín E je názov používaný pre skupinu látok, pozostávajúcu zo zmesi 8 derivátov, ktoré vykazujú aktivitu α -tokoferolu (2,5,7,8-tetrametyl-2-(4',8',12'-trimetyltridecyl)chróman-6-ol). Vitamín E obsahuje D- α -, D- β -, D- γ -, D- δ -tokoferol a D- α -, D- β -, D- γ -, a D- δ -tokotrienol. Štruktúru tokolov nám zobrazuje obrázok (Obr. 16). Podstatne vyššiu aktivitu vykazujú tokoferoly, pričom najvýznamnejší je α -tokoferol (100 %-ná účinnosť).



Tokoferol



Tokotrienol

	R ₁	R ₂	R ₃
α	CH ₃	CH ₃	CH ₃
β	CH ₃	H	CH ₃
γ	H	CH ₃	CH ₃
δ	H	H	CH ₃

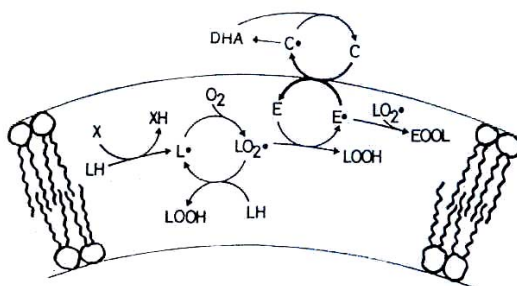
Obr. 16: Štruktúra tokolov.

β -tokoferol má asi 50 % biologickej aktivity α -tokoferolu a δ -tokoferol zhruba 3 %. Rozdielnosť v biologickej aktivite súvisí s nepatrnými zmenami v štruktúre týchto fyziologicky účinných látok. Prítomnosť dvojitých väzieb v molekule tokotrienolu má za následok pokles biologickej aktivity asi na tretinu v porovnaní s tokoferolmi.

Významnejšiu biologickú aktivitu preto vykazuje len α -tokotrienol (asi 30% aktivity α -tokoferolu) a β -tokotrienol (asi 5 % aktivity α -tokoferolu).

Pri fyziologických podmienkach sa len 20-40 % prijatého vitamínu E vstrebáva enterocyty a sekréciou prostredníctvom chylomikrónov sa dostáva do pečene, odkiaľ sa vitamín E naviazaný na LDL lipoproteíny uvoľňuje späť do cirkulácie. Prebytočný vitamín E sa vylučuje fekáliami. U žien je vitamín E viazaný viac na HDL ako na LDL lipoproteíny. Z tkanív je najvyšší obsah vitamínu E v tukovom tkanive (80-90%), ďalej v pečeni a vo svaloch. Hlavná funkcia vitamínu E je jeho antioxidačná schopnosť, pomocou ktorej zastavuje radikálové reťazové reakcie, alebo priamo vycytáva kyslíkové radikály (THERIAUL a kol., 1999).

Veľkou prednosťou vitamínu E je jeho synergizmus s vitamínom C. Umožňuje to pravdepodobne výskyt vitamínu E v membránach, kde chrománový kruh s hydroxylovou skupinou je orientovaný do hydrofilnej časti membrány, pričom na rozhraní dvoch fáz sa môže stretnúť s kyselinou askorbovou, ktorá ho potom regeneruje (Obr. 17) (NIKI, 1991).



E• - tokoferolový radikál
C - askorbát
C• - askorbátový radikál
DHA - dehydroaskorbát.

Obr. 17: Regenerácia tokoferolového radikálu askorbátom (ĎURAČKOVÁ, 1998).

Lipidy (LH) účinkom iniciátorov peroxidácie (X) tvoria lipidový radikál (L•), ktorý rýchlo reaguje s kyslíkom na peroxylový radikál (LO₂•), čím sa rozvíja radikálová reakcia. Tokoferol reaguje s peroxylovým radikálom a prerušuje radikálovú reakciu vytvorením relatívne stabilného tokoferolového radikálu (E•). Ten môže reagovať s ďalším peroxylovým radikálom a vytvoriť produkt (EOOL), alebo sa môže redukovať askorbátom na regenerovaný vitamín E. Askorbátový radikál (C•) sa potom môže regenerovať rôznym spôsobom (ĎURAČKOVÁ, 1998).

Fyziologický význam má aj orientácia hydrofóbnej časti vitamínu E dovnútra membrány (KAGAN a kol., 1994), kde je možný jeho kontakt s koenzýmom Q₁₀, ktorý ho môže v membránach regenerovať.

Vitamín E spolu s β -karoténom, vitamínom C a koenzýmami Q chráni štruktúru a integritu bunkových, cytoplazmových membrán a hlavne membrán vnútrobunkových organel (bunkové jadro, mitochondrie, endoplazmatické retikulum).

Pretrvávajúci nedostatok vitamínu E sa spája s rôznymi ochoreniami ako neuropatie a hemolytické anémie. Pri farmakologickom využívaní vitamínu E pri rôznych ochoreniach, ktoré sa dávajú do súvisu s oxidačným stresom sa dosiahlo množstvo pozitívnych výsledkov. Epidemiologické štúdie potvrdili ochranný účinok vitamínu E na plazmové lipoproteíny pri ateroskleróze. Terapeutické podávanie vitamínu E predčasne narodeným deťom potláčalo retrolentálnu fibropláziu, hoci výsledky neboli vždy jednoznačné, a ďalej hemolytické syndrómy a intraventrikulárne krvácanie v CNS (CHISWICK a kol., 1991).

Vitamín E spolu s vitamínom C sa ukázali ako synergizujúce účinné antioxidanty aj v kardiochirurgii. Vitamín E tiež inhibuje konverziu dusičnanov na nitrozamíny, ktoré sú dokázateľne prekursorami nádorových ochorení tráviaceho systému, najmä nádorových ochorení žalúdka (STONE a PAPAS, 1997). Dnes je známy aj ochranný rádioprotektívny účinok vitamínu E, obmedzujúci vznik voľných radikálov v dôsledku účinku ionizujúceho žiarenia. Významný je hlavne ochranný vplyv pred negatívnym účinkom slnečného žiarenia na pokožku, a teda pred vznikom nádorových ochorení kože. Je tiež faktorom spomaľujúcim proces starnutia organizmu. Bol zaznamenaný ako účinný antioxidant v množstve neurologických, endokrinných, reprodukčných a imunitných ochorení (PRYOR, 1997).

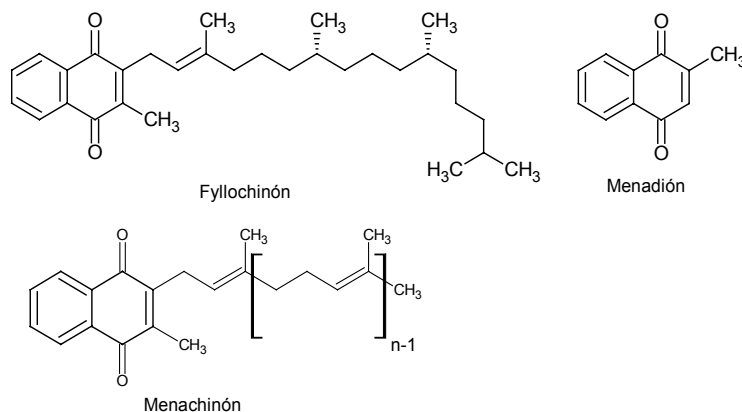
Vitamín E sa nachádza predovšetkým v potravinách rastlinného, v menšom množstve v potravinách živočíšneho pôvodu a tiež v niektorých kvasinkách a hubách. V potravinách sa vyskytuje všetkých osem biologicky aktívnych tokoferolov a tokotrienolov. Vitamín E sa vyskytuje v pozoruhodnom množstve predovšetkým v tukovej zložke potravín rastlinného pôvodu, v rastlinných olejoch. 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 tukorozpustných vitamínov sa vitamín E nachádza v rybacích tukoch iba v minimálnom množstve.

3.4 Vitamín K

Všetky prirodzene sa vyskytujúce látky, ktoré vykazujú aktivitu vitamínu K, sú deriváty menadiónu (2-metyl-1,4-naftochinónu). Dnes sa v zásade rozlišujú dva druhy látok. Vitamín K₁ alebo fyllochinón (2-metyl-3-fytyl-1,4-naftochinón) vyskytujúci sa v potravinách rastlinného pôvodu a vitamín K₂ alebo menachinón (2-metyl-3-(*all-trans*)difarnesyl-1,4-naftochinón), ktorý produkujú črevné baktérie a nachádza sa v svaloch živočíchov. Aktivitu vitamínu K vykazujú aj mnohé syntetické zlúčeniny, ku ktorým patrí aj vitamín K₃ alebo menadión (DAVÍDEK a kol., 1983) (Obr. 18).

Vitamín K je v redukovanej forme (ako príslušný hydrochinón) esenciálnym faktorom pre karboxyláciu niektorých bielkovín resp. viazanie glutámovej kyseliny na γ -karboxyglutámovú kyselinu. Karboxyglutámové zbytky prepožičiavajú príslušným proteínom dôležité vlastnosti, ako je schopnosť viazať vápnik a fosfolipidy

nevyhnutné pre ich aktiváciu a funkciu pri zrážaní krvi. Najznámejšou reakciou je premena neaktívneho protrombínu (faktor krvného zrážania II) na aktívny proteolytický enzým trombín.



Obr. 18: Štruktúra vitamínu K.

Nedostatok vitamínu K sa môže prejavovať poruchami zrážanlivosti krvi a zvýšením rizikom vzniku osteoporózy (SHEARER, 2003). Vzhľadom na to, že vitamín K je dostatočne zastúpený v potravinách rastlinného i živočíšneho pôvodu, a navyše ho produkuje črevná mikroflóra, v dospeljej populácii nedochádza k jeho nedostatku spôsobeného výživou. Problém z nedostatku tohto vitamínu môže nastať naopak u novorodencov, ktorí vlastne ešte nemajú dostatočne vytvorenú črevnú mikroflóru, a tak sú odkázaní na jeho prísun v potrave. Nedostatok tohto tukorozpustného vitamínu môže však spôsobiť poruchy vstrebávania tukov, ku ktorým dochádza pri poruchách slinivky brušnej, či chorobách pečene, alebo obštrukciách žľčovodu. Pre resorbciu vitamínu K je totiž prítomnosť žlče a pankreatickej šťavy nevyhnutná.

Účinnosť resorpcie vitamínu K z prijatých potravín sa udáva v rozmedzí 40 až 75 %. Podľa niektorých údajov iba polovica dennej potreby je krytá z potravín. Zbytok produkuje intestinálna mikroflóra.

Prirodzeným zdrojom vitamínu K sú potraviny rastlinného i živočíšneho pôvodu. V potravinách rastlinného pôvodu sa vitamín K nachádza predovšetkým v listovej zelenine. 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.

Literatúra

- BALL, G. F. M.: Pantothenic acid. Physiology. In: Encyclopedia of Food Science and Nutrition, 2ed. Vol. 7, Academic Press, Oxford, 2003. s. 4339-4345.
- BASU, T. K., DONALDSON, D.: Intestinal absorption in health and disease: micronutrients. Best Practice and Res. Clin. Gastroenterol, 6, 2003, s. 957-979.

- BATES, C. J.: Folic acid. In: Encyclopedia of Food Science and Nutrition, 2ed. Vol.4, Academic Press, Oxford, 2003. s.2559-2569.
- BENDER, D. A.: Niacin. Physiology. In: Encyclopedia of Food Science and Nutrition, 2ed. Vol. 7, Academic Press, Oxford, 2003a. s. 4119-4128.
- BENDER, D. A.: Vitamin B₆. Physiology. In: Encyclopedia of Food Science and Nutrition, 2ed. Vol. 9, Academic Press, Oxford, 2003b. s. 6020-6032.
- BITSCH, R.: Thiamin. Physiology. In: Encyclopedia of Food Science and Nutrition, 2ed. Vol. 9, Academic Press, Oxford, 2003. s. 5772-5780.
- BURDICK, D.: Vitamins: Thiamine (B₁). In: Encyclopedia of Food Science and Technology. 2ed. Vol. 1. John Wiley and Sons, New York, 2000, s. 2527-2538.
- CUSKELLY, G.J., McNULTY, H., SCOTT, J. M.: Effect OF increasing dietary folate on red-cell folate: implications for prevention of NTD. *Lancet*, 347, 1996, s. 657-659.
- DAKSHINAMURTI, K., CHAUHAN, J., EBRAHIM, H.: Intestinal absorption of biotin and biocytin in the rat. *Biosci. Rep.*, 7, 1987, s. 667-673.
- DAVÍDEK, J., JANÍČEK, G., POKORNÝ, J.: *Chemie potravin, SNTL/ALFA, Praha, 1983, 632 s.*
- ĎURAČKOVÁ, Z.: *Voľné radikály a antioxidanty v medicíne (I), Slovak Academic Press, Bratislava, 1998, 285 s.*
- EGI, Y., KAWASAKI, T.: Thiamin. Properties and Determination. In: Encyclopedia of Food Science and Nutrition, 2ed. Vol.9, Academic Press, Oxford, 2003. s. 5767-5772.
- EITENMILLER, R. R., LANDEN, W. O.: *Vitamin Analysis for the Health and Food Science. CFC Press, Florida, 1999, 518 s.*
- FAFOUTI, M., PAPARRIGOPOULOS, T., LIAPPAS, J., MANTOUVALOS, V., TYPALDOU, R., CHRISTODOULOU, G: Mood disorder with mixed features due to vitamin B₁₂ and folate deficiency. *Gen. Hosp. Psychiatry*, 24, 2002, s. 106-109.
- FERENČÍK, M., ŠKÁRKA, B., NOVÁK, M., TURECKÝ, L.: *Biochémia, Slovak Academic Press, Bratislava, 2000, 924 s.*
- FERRARONI, M., La VECCHIA C., D'AVANZO, B., NEGRI, E., FRANCESCHI, S., DECARLI, A.: Selected micronutrient intake and the risk of colorectal cancer. *Brit. J. Cancer*, 6, 1994, s. 1150-1155.
- FINGLAS, P. M.: Thiamin. *Int. J. Vit. Nutr. Res.*, 63, 1994, s. 270-274.
- FOLSOM, A. R., DESVARIEUX, M., JAVIER NIETO, F., BOLAND, L. L., BALLANTYNE, Ch. M., CHAMBLESS, L. E.: B vitamin status and inflammatory markers. *Atherosclerosis*, 169, 2003, s.169-174.
- GERSTER, H.: Anticarcinogenic effect of common carotenoids. *Int. J. Vitamin Nutr. Res.*, 63, 1993, s. 93-121.
- GREGORY, J. F.: Bioavailability of thiamin. *Eur. J. Clin. Nutr.*, 51, 1997, s. 34-37.
- HEITZER, T., JUST, H., MUNZEL, T.: Antioxidant vitamin C improves endothelial dysfunction in chronic smokers. *Circulac.*, 94, 1996, s. 6-9.
- CHISWICK, M., GLADMAN, G., SINHA, S., TONER, N., DAVIES, J.: Vitamin E supplementation and periventricular hemorrhage in the newborn. *Amer. J. Clin. Nutr.*, 1, 1991, s. 370-372.

- INGRAM, D.: Diet and subsequent survival in women with breast cancer. *Brit. J. Cancer*, 69, 1994, s. 592-595.
- JURAJA, S. M., TTRENERRY, V. C., MILLAR, R. G., SCHEELINGS, P., BUICK, D. R.: Asia Pacific food analysis network (APFAN) training exercise: the determination of niacin in cereals by alkaline extraction and high performance liquid chromatography. *J. Food Composit. Anal.*, 16, 2003, s. 93-106.
- KAGAN, V. E., SERBINOVA, E. A., STOYANOVSKY, D. A., KHWAJA, S., PACKER, L.: Assay of ubiquinones and ubiquinols as antioxidants. *Meth. Enzymol.*, 234, 1994, s. 343-355.
- KALTER, H.: Folic acid and human malformations: a summary and evaluation. *Reprod. Toxicol.*, 14, 2000, s.463-476.
- KRINSKY, N. I.: Actions of carotenoids in biological systems. *Ann. Rev. Nutr.*, 13, 1993, s. 561-587.
- LEAF, A., SUBRAMANIAN, S., CHERIAN, S.: Vitamins for preterm infants. *Curr. Paediatrics*, 14, 2004, s. 298-305.
- McCORMICK, D. B.: Riboflavin. Physiology. In: *Encyclopedia of Food Science and Nutrition*, 2ed. Vol. 8, Academic Press, Oxford, 2003. s. 4989-4995.
- NIKI, E.: Action of ascorbic acid as a scavenger of active and stable oxygen radicals. *Amer. J. Clin. Nutr.*, 54, 1991, s. 1119-1124.
- NISHIKIMI, M., YAGI, K.: Molecular basis for the deficiency in humans of gulonolactone oxidase, a key enzyme for ascorbic acid biosynthesis. *Amer. J. Clin. Nutr.*, 54, 1991, s. 1203-1208.
- OCKÉ, M. C., KROMHOUT, D., MENOTTI, A., ARAVANIS, C., BLACKBURN, H., BUZINA, R., FIDANZA, F., JANSEN, A., NEDELJKOVIC, S., NISSIENEN, A.: Average intake of antioxidant (pro)vitamins and subsequent cancer mortality in the 16 cohorts of the seven countries study. *Int. J. Cancer*, 4, 1995, s. 480-484.
- PAIVA, A. A., RONDÓ, P. H. C., GUERRA-SHINOHARA, E. M., SILVA, C. S.: The influence of iron, vitamin B₁₂ and folate levels on soluble transferrin receptor concentration in pregnant women. *Clin. Chim. Acta*, 334, 2003, s.197-203.
- RAWALPALLY, T. R.: Vitamins: Folic acid. In: *Encyclopedia of Food Science and Technology*. 2ed. Vol.1, John Wiley and Sons, New York, 2000, s.2478-2487.
- ROCK, C. L., KUSLUSKI, R. A., GALVEZ, M. M., ETHIER, S. P.: Carotenoids induce morphological changes in human mammary epithelial cell cultures. *Nutr. Cancer*, 23, 1995, s. 319-333.
- ROCK, Ch. L., JACOB, R. A., BOWEN, P. E.: Update on the biological characteristics of the antioxidant micronutrients: vitamin C, vitamin E, and the carotenoids. *J. Amer. Diet. Ass.*, 7, 1996, s. 693-702.
- ROSE-SALLIN, Ch., BLAKE, Ch. J., GENOUD, D., TAGLIAFERRI, E. G.: Comparison of microbiological and HPLC - fluorescence detection methods for determination of niacin in fortified food products. *Food Chem.*, 73, 2001, s. 473-480.
- SAHYOUN, N., JACQUES, P., RUSSELL, R.: Carotenoids, vitamin C and E, and mortality in an elderly population. *Amer. J. Epidemiol.*, 5, 1996, s. 501-511.
- SCOTT, W. J.: Vitamins. In: *Encyclopedia of Food Science and Technology*. 2ed. Vol.1, John Wiley and Sons, New York, 2000, s. 2440-2448.

- SERGE, G. V.: Structure and function of calcitropic hormone receptor (PTH, PTHrP, CT, Vitamin D). *Osteoporosis Jap.*, 1, 1997, s. 3-24.
- SHEARER, M. J.: Vitamin K. Physiology. In: *Encyclopedia of Food Science and Nutrition*, 2ed. Vol. 9, Academic Press, Oxford, 2003. s. 6039-6045.
- SIMON, J. A.: Vitamin C and cardiovascular disease: a review. *J. Amer. Coll. Nutr.*, 11, 1992, s. 107-125.
- SUNDQUIST, A., BRIVIBA, K., SIES, H.: Singlet oxygen quenching by carotenoids. *Meth. Enzymol.*, 234, 1994, s. 384-389.
- STEEGERS-THEUNISSEN, R. P. M., BOERS, G. H. J., TRIJBELS, F. J. M., FINKELSTEIN, J. D., BLOM, H. J., THOMAS, CH. M. G., BORM, G. F., WOUTERS, M. G. A. J., ESKES T. K. A. B.: Maternal hyperhomocysteinemia: a risk factor for neural-tube defects. *Metabolism*, 43, 1994, s.1475-1480.
- STONE, W. L., PAPAS, A. M.: Tocopherols and the etiology of colon cancer. *J. Nat. Cancer Inst.*, 89, 1997, s. 1006-1014.
- THERIAULT, A., CHAO, J. T., WANG, Q., GAPOR, A., ADELI, K.: Tocotrienol: a review of its therapeutic potential. *Clin. Biochem.*, 32, 1999, s. 309-319.
- UHEROVÁ, R., HORKULIČOVÁ, M., MIKUŠOVÁ, M.: Význam fortifikácie potravín kyselinou listovou vo výžive žien a detí. *Czech J. Food Sci.*, 1, 1999, s. 35-39.
- UHEROVÁ, R.: Čo vieme o vitamínoch dnes. 1.vyd., Malé Centrum, Bratislava, 2002. 144s.
- Van POPPEL, G.: Carotenoids and cancer: An update with emphasis on human intervention studies. *Europ. J. Cancer*, 29, 1993, s. 1335-1344.
- Van WERSCH, J. W. J., JANSSENS, Y., ZANDVOORT, J. A.: Folic acid, vitamin B₁₂ and homocysteine in smoking and non-smoking pregnant women. *Eur. J. Obstet. Gynecol. Reprod. Biol.*, 103, 2002, s. 18-21.
- VELÍŠEK, J.: *Chemie potravín*. 2.vyd., Osis, Tábor, 2002. 320s.
- WANG, X. D., TANG, G. W., FOX, J. G., KRINSKY, N. I., RUSSELL, R. M.: Enzymatic conversion of beta-carotene into beta-apo-carotenals and retinoids by human, monkey, ferret, and rat tissues. *Arch. Biochem.*, 285, 1991, s. 8-16.
- ZEMPLENI, J., MOCK, D. M.: Biotin. Physiology. In: *Encyclopedia of Food Science and Nutrition*, 2ed. Vol. 1, Academic Press, Oxford, 2003, s. 516-523.
- YEN, P. K.: Vitamins and Disease Prevention. *Geriat. Nurs.*, 5, 2003, s. 316-317.

Health Aspects Hydrophilic and Lipophilic Vitamines

Abstract: Apart from basic nutrients, living organism needs a certain amount of special metabolism regulators - vitamines. Vitamines are nutritionally crucial compounds, intake of which is inevitable for maintenance of life and/or ensuring good health of human individual. Needs for vitamines varies for different organisms. Vitamin deficiency in food may result in various diseases - for example hypovitaminosis, avitaminosis or even death.

This article deals with vitamines based on their classification. We also report on biosynthesis of vitamines and present knowledge on chemistry of vitamines. Further, the importance of physiological effect of these compounds and their function in organism is discussed.

Key words: vitamines, chemical structures, biochemistry, food, nutrition, physiology, health