

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE
3. LÉKAŘSKÁ FAKULTA

Ústav výživy



Barbora Kaněrová

Antioxidanty v potravinách

Antioxidants in food

Bakalářská práce

Praha, 2014

Autor práce: **Barbora Kaněrová**

Studijní program: Specializace ve zdravotnictví

Bakalářský studijní obor: Veřejné zdravotnictví

Vedoucí práce: **MUDr. Jolana Rambousková, CSc.**

Pracoviště vedoucího práce: **Ústav výživy 3. LF UK**

Předpokládaný termín obhajoby: červen 2014

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předkládanou práci vypracovala samostatně a použila výhradně uvedené citované prameny, literaturu a další odborné zdroje. Současně dávám svolení k tomu, aby má bakalářská práce byla používána ke studijním účelům.

Prohlašuji, že odevzdaná tištěná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do Studijního informačního systému – SIS 3. LF UK jsou totožné.

V Praze dne 27. dubna 2014

Barbora Kaněrová

Poděkování

Na tomto místě bych ráda poděkovala MUDr. Jolaně Rambouskové, CSc. za odborné vedení práce, věcné připomínky a cenné rady, které mi v průběhu zpracování bakalářské práce věnovala.

OBSAH

1	ÚVOD.....	6
2	OBECNÁ ČÁST	8
2.1	VOLNÉ RADIKÁLY, RONS.....	8
2.2	ANTIOXIDAČNÍ SYSTÉM	9
2.3	VÝZNAM A FUNKCE ANTIOXIDANTŮ	11
2.4	ZDROJE ANTIOXIDANTŮ	13
2.4.1	Potraviny.....	13
2.4.2	Výživové doplňky	15
2.5	LEGISLATIVA.....	17
3	SPECIÁLNÍ ČÁST.....	18
3.1	PŘÍRODNÍ ANTIOXIDANTY V POTRAVINÁCH	18
3.1.1	Vitamin C	18
3.1.2	Vitamin E.....	25
3.1.3	Vitamin A	30
3.1.4	Beta-karoten.....	34
3.1.5	Lykopen.....	37
3.1.6	Selen.....	39
3.1.7	Zinek	42
3.1.8	Měď	44
3.1.9	Flavonoidy	45
3.2	SYNTETICKÉ ANTIOXIDANTY V POTRAVINÁCH	48
3.2.1	Galáty	48
3.2.2	Butylhydroxyanizol.....	49
3.2.3	Butylhydroxytoluen	50
3.2.4	Deriváty vitamínu C.....	50
3.2.5	Estery mastných kyselin s kyselinou askorbovou.....	51
3.2.6	Rozmarýnové extrakty	51
4	ZÁVĚR.....	52

5	SOUHRN.....	53
6	SUMMARY	54
7	SEZNAM ZKRATEK	55
8	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ.....	56
9	SEZNAM PŘÍLOH	59
10	PŘÍLOHY	60

1 ÚVOD

„Největším bohatstvím je zdraví“ Ralph Waldo Emerson

Téma své bakalářské práce „Antioxidanty v potravinách“ jsem zvolila na základě svého dlouholetého zájmu o problematiku výživy a potravin, konkrétně vlivu pozitivně působících látek přijímaných stravou na zdraví člověka.

Výživa je velmi důležitý faktor ovlivňující stav zdraví člověka. V posledních letech je naštěstí tento fakt uznáván postupně i laickou veřejností a stále přibývá jednotlivců, kteří se více zajímají o vlastní stravu a tím i o své zdraví. Přiměřená, pestrá a vyvážená strava je pro člověka nutná především jako zdroj energie, základních živin, esenciálních látek a také mnoha dalších různorodých látek, které pozitivně nebo naopak negativně ovlivňují organismus. Mezi pozitivně působící látky řadíme právě antioxidanty. Podstatou působení antioxidantů v organismu je minimalizace oxidačního poškození organických molekul, což probíhá jako boj antioxidačních činidel s volnými radikály, které v organismu přirozeně vznikají, ale v nadbytku jsou iniciátory nežádoucích oxidací. Reálně se působení antioxidantů v organismu může projevit jako součást prevence onemocnění kardiovaskulárních, neurologických, endokrinních, také některých typů nádorového bujení, při obraně stresu či proti předčasnému stárnutí. Existence a dostatečný příjem antioxidantů stravou tak velmi ovlivňuje celkový zdravotní stav jedince. Tento fakt souvisí s mnoha dalšími aspekty nejen z oblasti výživy, ale také celkového životního stylu, genetických předpokladů jedince a vlivů působících z prostředí. Není proto žádoucí „zakládat“ zdravotní stav jedince jen na pozitivně působících látkách obsažených v potravinách (eventuelně výživových doplňcích), jak je nyní častým a oblíbeným jevem v populaci vyspělých zemí, kde se tak děje pod masivním vlivem „neodborných odborníků“, populární komerční literatury a médií. Lékaři vždy doporučují pohlížet na zdraví jedince také komplexně, a využití prospěšného vlivu antioxidantů z potravin je součástí tohoto velkého komplexu.

V první části práce je obecně popsána obecně teorie o vzniku volných radikálů, jejich formy, a především působení antioxidačního systému proti oxidaci působené volnými radikály. Zde je také popsán obecně význam antioxidantů v organismu a následně i v potravinách a závěrem této části je zmíněna legislativa týkající se antioxidantů používaných v potravinářství.

Druhá část (speciální) je zaměřena na popis jednotlivých antioxidačně působících látek, které se přirozeně vyskytují v potravinách, i na syntetické antioxidanty, které se přidávají do potravin průmyslově. U každé látky je uvedena její struktura a chemické vlastnosti, hlavní oblasti a mechanismy jejího působení, potravinové zdroje, doporučené denní dávky a také praktický příklad obsahu v některých konkrétních potravinách.

Cílem práce je vytvoření souhrnného přehledu informací o výskytu antioxidantů v potravinách a jejich působení v organismu.

2 OBEČNÁ ČÁST

2.1 Volné radikály, RONS

Pojem volný radikál vychází z fyzikálního popisu atomu, kdy atom (nebo iont či molekula) obsahuje minimálně jeden orbital s jedním nepárovým elektronem. Pro lepší pochopení připomeňme popis atomu: atomové jádro obsahuje protony a neutrony, atomový obal je tvořen elektrony, které obíhají jádro v jednotlivých orbitalech (slupkách), v každém orbitalu se mohou vyskytovat nejvíce dva elektrony a to vždy s opačným spinem (směr rotace).¹

Díky nepárovému elektronu dochází k extrémně vysoké reaktivitě atomu, proto se nepárový elektron snaží spojit s chybějícím elektronem či naopak odevzdat nepárový elektron. Tato radikálová reakce se tedy řetězovitě šíří až do doby spojení dvou nepárových elektronů (spojení dvou radikálů). Nepárových elektronů může být obsaženo v atomu i více (podle jejich počtu se odvíjí název, např. dva volné elektrony – biradikál). Většina biomolekul nejsou volné radikály, protože mají plně obsazené své orbitaly. Mezi významné zástupce volných radikálů však patří určité reaktivní formy kyslíku (reactive oxygen species, ROS) a reaktivní formy dusíku (reactive nitrogen species, RNS). Pojmy ROS a RNS (společně nazývané zkratkou RONS) bývají dle některých autorů ztotožňovány s pojmem volné radikály, ale není tomu tak správně, protože ne všechny formy RONS jsou volnými radikály, některé formy jsou jen molekulami schopnými generovat volné radikály.¹ Konkrétní formy jsou uvedeny v tabulce v Příloze 1.

Teorie o vzniku a působení volných radikálů začala být prokazatelná až díky objevu antioxidačního enzymu superoxiddismutáza (Irwin Fridrich, Joe McCord), který proběhl téměř před 45 lety. Tato událost uvedla existenci volných radikálů do popředí zájmu biologických vědců a lékařů. Bylo odhadováno, že volné radikály jsou přirozenou součástí živé hmoty, všech normálních životních dějů, prakticky vznikají v každé buňce jako produkty metabolismu, ale při nadbytku vedou k patogenetickým mechanismům.²

¹ Štípek S. a kolektiv, r. 2000, s. 21-32

² Sedláček P. a kol., Výživa a potraviny 5/2013 [online], cit. 1.12.2013

Od konce 60. let minulého století jsou prooxidační děje v organismu velmi podrobně vědecky zkoumány a nyní je již prokázáno několik substancí takto působících, tedy volných radikálů. V první řadě se jedná o již zmíněné formy reaktivního kyslíku a reaktivního dusíku (RONS). Díky výzkumům je dnes jisté, že se jedná se o látky, které přirozeně a pohotově reagují s různými biologickými strukturami (lipidy, nukleové kyseliny apod.) a umožňují tak ve zdravém organismu pochody pro život nezbytné (energetický metabolismus, součást enzymových mechanismů, významné signální molekuly v buněčné regulaci, faktory imunitní ochrany), naopak dokážou při nadbytku a za určitých okolností projevit díky svým prooxidačním vlastnostem i svůj toxický vliv a jsou schopné takto organismus poškozovat.^{1,3} V situaci poškozování vlastním metabolitem je nutné zapojit ochranný antioxidační systém buňky (organismu). Tento obranný systém a jeho složky jsou nyní stejně jako volné radikály předmětem mnoha souběžných výzkumů. Mezi roky 1991 a 2010 bylo publikováno již 114 tisíc významných studií v oblasti antioxidačního působení. Nejvíce studií probíhá i nadále v USA, Japonsku, Číně, Itálii a Německu.¹

2.2 Antioxidační systém

Komplexní antioxidační systém buněk se evolučně vyvinul na základě změn koncentrace kyslíku v atmosféře v průběhu doby před 2,5 miliardami let. Díky vzestupu kyslíku v atmosféře se vyvinuly ochranné mechanismy organismů působící proti vysoké reaktivitě kyslíku samotného i jeho metabolitů.¹ Antioxidační systém působí za normálních okolností v každém organismu rovnovážně proti prooxidačnímu systému, tzn. proti působení vzniku nadbytku volných radikálů, a udržuje tím „zdravou rovnováhu organismu“. Systém je tvořen několika složkami: v první řadě regulací tvorby samotných metabolitů kyslíku díky buněčným enzymovým systémům (superoxiddismutáza, glutathionreduktáza, glutathionperoxidáza, kataláza), v další řadě je to činnost vysokomolekulárních endogenních antioxidantů (např. transferin, feritin, laktoferin, albumin, ceruloplazmin), které působí vychytáváním tranzitních prvků

¹ Štípek S. a kolektiv, r. 2000, s. 21-32, s. 54-69

³ Grofová Z., r. 2007, s. 85-86

z reaktivních pozic nebo záchytem a odstraňováním již vytvořených radikálů (tvoří se stálejší a méně toxické sloučeniny).¹ Stejnou antioxidační činnost vykazuje i poslední skupina látek, která je součástí antioxidačního systému - nízkomolekulární antioxidanty, které jsou původu jak endogenního tak i exogenního (tedy jsou zpravidla přijímány potravou). Zástupci poslední jmenované skupiny jsou např. vitamin C, vitamin E, lykopen, selen, zinek, či flavonoidy. Tato poslední skupina je podrobně popsána ve speciální části práce.

Ochrana proti oxidačnímu poškození buněk je tedy ucelený systém, kde všechny výše zmíněné podsystemy antioxidantů spolupracují a doplňují se, jak v hydrofilním tak v lipofilním prostředí. „Funkce jednoho antioxidantu velmi často podmiňuje účinek jiného článku soustavy. Tato skutečnost je velice významná pro pochopení poruch antioxidační ochrany a pro účelné preventivní a terapeutické zásahy.“ (Štípek S. a kolektiv, r. 2000, s. 67)

Narušení rovnováhy anti- a prooxidačních dějů v organismu je vyvoláno nejčastěji nadbytkem RONS díky významným vnějším zdrojům (např. cigaretový kouř, znečištěné ovzduší), působením vnějších iniciátorů vzniku RONS (např. ultrafialové záření) nebo již probíhajícími patologickými procesy v organismu. Narušení systému se může projevit také díky nedostatečné funkci samotného antioxidačního systému, či kombinací obou nedostatků. Porušení rovnovážného stavu mezi vznikem a odstraňováním reaktivních forem kyslíku a dusíku (RONS) je nazýváno jako oxidační stres.^{1,4} Díky oxidačnímu stresu dochází v organismu k poškození prakticky všech buněk (DNA, bílkoviny, lipidy), a to se reálně projevuje jako různé degenerativní procesy buněk, vede k rychlejšímu stárnutí buněk, narušování přirozené imunity a k rozvoji některých onemocnění. Mezi onemocnění nejčastěji spojovaná s oxidačním stresem řadíme především kardiovaskulární choroby, nádorové bujení, diabetes mellitus, některá neurodegenerativní onemocnění (Alzheimerova nemoc) a další.⁵

¹ Štípek S. a kolektiv, r. 2000, s. 54-69

⁴ Jordán V., Hemzalová M., r. 2001, s. 15-16

⁵ Réblová Z., dTest 9/2012 [online], cit. 1.12.2013

Konkrétní vliv antioxidačního systému na patologický rozvoj jednotlivých onemocnění je doposud předmětem rozsáhlých epidemiologických studií. Je nutné zdůraznit, že ne všechna zmíněná onemocnění mohou být přímo způsobena nerovnováhou anti- a prooxidačních dějů, při některých onemocněních je oxidační stres spíše následkem než příčinou.⁵ Ve všech případech však působení oxidačního stresu zhoršuje závažnost i rozsah onemocnění.

2.3 Význam a funkce antioxidantů

Podstatou působení antioxidantů v organismu je inaktivovat či neutralizovat volné radikály, jinými slovy ochraňovat organismus před nadbytkem volných radikálů, a udržovat tak organismus ve zdravé rovnováze. Význam přirozených antioxidačních enzymatických systémů v buňce byl již výše zmíněn – jde o co možná nejlepší zábranu vzniku nadbytečných volných radikálů a jejich metabolitů. Činnost endogenních a exogenních antioxidantů probíhá jako neutralizace či likvidace volných radikálů a to nejčastěji způsobem tzv. lapání, vychytávání či zametání. Podle činností se pak antioxidanty nazývají jako tzv. lapače (trappers), zhášče (quenchers) a zametače (scavengers).¹

Pozitivní význam antioxidantů pro zdravý a fungující organismus je dnes již nezpochybnitelný. Využívají se jako součást preventivního působení proti některým onemocněním, jako preventivní prostředky obecně užívané bez lékařského doporučení (jde prakticky o nekontrolované masivní užívání výživových doplňků obsahující antioxidanty) i při konkrétní léčbě jako podpůrné terapeutické prostředky. Byl však prokázán i nežádoucí efekt působení antioxidantů (projekty CARET a ATBC) – jedná se např. o pravidelné vyšší dávky antioxidačně působícího beta-karotenu ve formě výživových doplňků a jeho vliv na zvýšené riziko a rozvoj nádorového bujení u kuřáků, u osob vyskytujících se v prostředí se zvýšeným průmyslovým znečištěním či u osob pravidelně konzumujících alkohol. Zde jsou jasně viditelné i jiné negativní vlivy, proto nelze nežádoucí působení některých antioxidantů paušalizovat.²

¹ Štípek S. a kolektiv, r. 2000, s. 54-55

² Sedláček P. a kol., Výživa a potraviny 5/2013 [online], cit. 1.12.2013

⁵ Réblová Z., dTest 9/2012 [online], cit. 1.12.2013

Z důvodu možnosti vlivu dalších neurčitých faktorů (a následně možného nežádoucího prooxidačního působení) je bez lékařského doporučení důrazně nepodporováno přijímat jednotlivé antioxidanty ve formě výživových doplňků, navíc nadbytečný příjem jednoho typu antioxidantu snižuje míru jeho vstřebávání organismem.² Přes tato doporučení a názory existuje stále ohromná „odborná i neodborná propagace“ a následná konzumace doplňků výživy s antioxidačními účinky⁷, což velmi ovlivňuje výsledky prováděných studií na prokazatelný pozitivní vliv antioxidantů. Význam pro konkrétního jedince závisí samozřejmě vždy na stavu organismu, věku, zátěži, stravě a dalších faktorech ovlivňujících zdravotní stav jedince.¹

Jak bylo uvedeno výše, volné radikály mají zřejmě přímou souvislost s vznikem či rozvojem některých onemocnění. Významnou praktickou funkcí antioxidantů je tedy preventivní či přímo podpůrné terapeutické využití v boji proti těmto nemocem. Přehled terapeutického významu některých antioxidantů u konkrétních onemocnění je shrnut v tabulce v Příloze č. 2.

Jedná se především o prokázanou souvislost nedostatečného působení některých antioxidantů a progresivního rozvoje aterosklerózy a jiných kardiovaskulárních onemocnění. Předmětem výzkumů stále zůstává přímá souvislost mezi vznikem a rozvojem některých nádorových onemocnění, neurologických onemocnění nebo prenatálního poškození plodu či předčasného stárnutí buněk.^{1,6}

¹ Štípek S. a kolektiv, r. 2000, s. 54-69, 273

² Sedláček P. a kol., Výživa a potraviny 5/2013 [online], cit. 1.12.2013

⁶ Mindell E., Mundisová H, r. 2010, s. 42-43

⁷ Fořt P., r. 2005, s. 163-166

2.4 Zdroje antioxidantů

Antioxidační enzymy, vysokomolekulární a nízkomolekulární endogenní antioxidanty jsou produkovány organismem pro vlastní potřebu, není tedy zpravidla nutné je získávat z jiných vnějších zdrojů.¹ Nízkomolekulární exogenní sloučeniny je však nutné, jak již název napovídá, získávat z exogenních zdrojů. Jedná se především o zdroje přirozené – výživa (potravin a nápoje), a zdroje vytvářené uměle – výživové doplňky. Oba dva zmíněné zdroje mohou však obsahovat antioxidanty různé povahy - přirozené či syntetické, nejčastěji jsou to různé kombinace obou forem.⁷

2.4.1 Potraviny

Podobně jako působí antioxidanty v lidském organismu, působí proti oxidačním dějům i v potravinách, kde se vyskytují. V určité míře se vyskytují přirozeně (hlavně v potravinách rostlinného původu), a nebo jsou do potravin při jejich výrobě přidávány, a to z důvodu požadovaných vlastností. Praktickým příkladem mohou být rostlinné oleje, do kterých se průmyslově antioxidanty přidávají za účelem ochrany a prodloužení trvanlivosti výrobku - kvůli ochraně před předčasným žluknutím tuku, což je jednoduše oxidační reakce, která by předčasně znehodnotila výrobek.

Prakticky lze shrnout, že primární účel výskytu antioxidantů v potravinách je nutný pro ochranu samotné potraviny (ať už přirozeně se vyskytující či přidávaných antioxidantů), z potravinářského hlediska zejména zachování chutě, barvy, vůně a obecně delší trvanlivosti výrobku.⁵ Sekundárně je (či není) tento obsah potravin využitelný pro výživu člověka. V dnešní době je trendem produkovat fortifikované potraviny (obohacené), které mají primárně za úkol zajistit bohatší výživu o jakékoliv přidané pozitivní látky, nebo potraviny pro stejný účel tzv. restituovat (doplnit obsah pozitivní látky, která se technologickou výrobou znehodnotila, na kvalitu čerstvé suroviny). Jako obohacující látky se často využívají vitaminy a mnohé z nich vykazují právě antioxidační aktivitu.⁵

¹ Štípek S. a kolektiv, r. 2000, s. 273-274

⁵ Réblová Z., dTest 9/2012 [online], cit. 1.12.2013

⁷ Fořt P., r. 2005, s. 39-53

Sekundárním účelem výskytu antioxidantů v potravinách je zajištění optimálního příjmu těchto substancí pro člověka, prostřednictvím konzumace potravin obsahujících antioxidanty v dostatečném množství i optimálním složení. Pokud se člověk stravuje běžně doporučovanou pestrou racionální stravou, není většinou nutné upřednostňovat fortifikované potraviny, ani výživové doplňky obsahující antioxidanty, a jako zdroje antioxidantů tak dostačují běžné potraviny. Obecné doporučení 500-600g ovoce a zeleniny denně a k tomu jiné rostlinné (zejména cereální) i živočišné potraviny v rámci racionální stravy by měly potřebu člověka naplňovat.² Je nutné však také zohlednit obsah toxických látek a zejména karcinogenů, které se v samotných potravinách vyskytují (společně s antioxidanty), a zvyšují tak spotřebu antioxidantů pro jejich dostatečné odbourávání a snižování výskytu vzniklých volných radikálů a oxidačního stresu. Vyšší spotřebu tak vyvolávají především potraviny smažené, pečené, uzené, ale i potraviny zkažené, a obecně také nadměra přijímaných potravin vede k vyšší spotřebě antioxidantů (přejídání znamená více trávení a tak vzniká více volných radikálů).^{5,7} Potraviny vysoce tepelně upravené mají navíc většinu obsažených antioxidantů inaktivovaných a v souvislosti se vznikem karcinogenních a jinak toxických látek je pak opravdu nutné preferovat kvůli obsahu a využitelnosti antioxidantů potraviny čerstvé (již zmíněné čerstvé ovoce a zelenina).²

Důležitou roli hraje také poměr antioxidační aktivity a vstřebatelnosti z potravy - je prokázáno, že laboratorně vysoká antioxidační aktivita v potravine nemusí vykazovat vysokou aktivitu v organismu a nakonec ani nemusí ovlivnit míru snížení oxidačního stresu. Vždy tedy musíme dbát na různou vstřebatelnost a využitelnost z běžných potravinových zdrojů. Obecně je vstřebatelnost antioxidantů v trávicím traktu nízká, navíc může být ještě snižována zhoršeným uvolňováním z potravy samotné.⁵ Naštěstí i antioxidanty nevstřebané přes sliznici mohou pozitivně ovlivňovat organismus a to např. snižováním nežádoucí oxidace v tlustém střevě, kam se dostávají se zbytky tráveniny, a mohou se tak podílet na prevenci rozvoje nádorů tlustého střeva.

² Sedláček P. a kol., Výživa a potraviny 5/2013 [online], cit. 1.12.2013

⁵ Réblová Z., dTest 9/2012 [online], cit. 1.12.2013

⁷ Fořt P., r. 2005, s. 169

Rychlost vstřebávání je ovlivněna především formou potravin. Z nápojů se antioxidanty vstřebávají obecně rychleji, ale díky rychlému vzestupu jejich hladiny v plazmě jsou také následně rychleji vylučovány. Naopak z potravin pevných se vstřebávají pomaleji a jejich hladiny vydrží v plazmě déle. Některé antioxidační látky jsou dokonce organismem považovány za cizorodé a jsou proto co nejrychleji z organismu odstraňovány, např. flavonoidy. Přestože mají vysokou antioxidační aktivitu, organismus je relativně rychle chemicky modifikuje, a tím je jejich aktivita velmi snížena.⁵

Konkrétní zdroje bohaté na antioxidanty a jejich možné využití jsou uvedeny v jednotlivých kapitolách ve speciální části.

2.4.2 Výživové doplňky

Díky populárně-vědeckým komerčním zdrojům (časopisy, knihy, internetové portály) se dnes často souvislost vzniku volných radikálů (či nedostatečného působení přirozených antioxidantů) laicky nadhodnocuje a na základě ne odborného mínění jsou často užívány velmi vysoké dávky nejrůznějších „blahodárných“ antioxidantů ve formě doplňků výživy. Při jejich užívání je nutné vždy brát ohled na konkrétního jedince a jeho stav, a o užívání těchto doplňků a dávkování se poradit s lékařem či lékárníkem. Díky vyšším hodnotám antioxidantů než jsou obsaženy v přirozených potravinových zdrojích by snadno hrozil nadbytek přijímaných látek, který by mohl oxidační procesy za určitých podmínek až utlumit, čímž by došlo k nerovnováze a vzniku oxidačního stresu a vzniku následků.^{1,2} Z tohoto důvodu se oficiálně nedoporučuje „zbytečně“ užívat doplňky výživy s antioxidačním působením, přesto někteří konkrétní odborníci (P. Fořt, E. Mindell) a především podařený lobbying obhajují opačný názor - potravinové doplňky doporučují k užívání téměř pravidelně.

¹ Štípek S. a kolektiv, r. 2000, s. 281-282

² Sedláček P. a kol., Výživa a potraviny 5/2013 [online], cit. 1.12.2013

⁵ Rěblová Z., dTest 9/2012 [online], cit. 1.12.2013

Dle mezinárodních statistik se ukazuje, že 30-40% populace ve vyspělých zemích pravidelně kupuje syntetické potravinové doplňky ve formě vitamínu C, E, selenu a různé antioxidantní směsi, většinou vše bez vědomí ošetřujícího lékaře.^{1,2} V ČR se předpokládá situace velmi podobná. Důvodem k užívání je většinou podařená reklama a lobbying a zároveň vědomá snaha o nápravu nesprávného životního stylu a stravování, ke kterému populace vyspělých zemí snadno upadá.

Za aktuálně platné se nyní považuje doporučení z loňského roku od autora Pavla Sedláčka a jeho kolektivu (Ústav hygieny a preventivní medicíny LF UK, Plzeň, r. 2013): Pravidelné užívání vysokých dávek antioxidantů založené na přesvědčení o přímé úměře - čím více antioxidantů, tím větší jejich účinek a tím lépe – je zásadně nepravdivé a pro organismus nevhodné, spíše škodlivé.² „Pravidelný a dostatečný příjem antioxidantů a jejich prekurzorů (např. přechodných prvků) zejména v podobě zeleniny a ovoce zůstává nezbytnou podmínkou pro uchování zdraví. Tento příjem je zpravidla zaručen při spotřebě potravin rostlinného původu, zejména ovoce, zeleniny a cereálií podle výživových doporučení“.² Příklad antioxidantů je doporučeno navyšovat (možno i ve formě doplňků výživy) jen za určitých okolností, při kterých narůstá riziko vysokého oxidačního stresu, např. u kuřáků – kdy je doporučován vyšší příjem vitamínu C oproti nekuřákům, nebo při vyčerpání či v průběhu různých onemocnění.^{1,6} Při užívání antioxidantních doplňků výživy je doporučeno preferovat přípravky s rostlinnými extrakty, kde je předpokládán všestrannější biologický účinek a zároveň není významně překračováno doporučované množství (jako u plně syntetických doplňků).²

¹ Štípek S. a kolektiv, r. 2000, s. 278-279

² Sedláček P. a kol., Výživa a potraviny 5/2013 [online], cit. 1.12.2013

⁶ Mindell E., Mundisová H, r. 2010, s. 217-218

2.5 Legislativa

Legislativa týkající se antioxidantů zahrnuje přirozeně jen průmyslové přidávání antioxidantů (aditiv) z technologických důvodů při výrobě potravin, a netýká se nijak přirozeného výskytu antioxidantů v potravinách (surovinách).

Aktuálně platnou legislativou Evropské unie, týkající se potravinářských aditiv, je Nařízení (ES) č. 1333/2008, které upravuje relevantní definice, udává obecná pravidla a konkrétní podmínky pro schvalování, používání přídatných látek v potravinářství, a jejich značení.^{8,10} Toto Nařízení nahrazuje dříve platné Směrnice (ES) 94/35/ES, 94/36/ES, a zejména 95/2/ES, která zahrnovala právě antioxidanty jako aditiva.^{9,10}

Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1333/2008, ze dne 16.12.2008, O potravinářských přídatných látkách – povoluje při výrobě potravin používat jen přídatné látky, které byly pro použití do potravin v EU předem schváleny příslušnými předpisy, především na základě posouzení bezpečnosti (a dalších kritérií stanovených dle Nařízení (ES) č. 1333/2008). Schválená přídatná látka je poté zařazena na seznam povolených aditiv a je možné ji využívat při výrobě potravin, pro které je použití povoleno, a to v množství dosahující maximálně limitních hodnot (jsou stanoveny pro přídatnou látku a konkrétní potravinu). Taktéž je vyžadováno, aby všechny antioxidanty, stejně jako všechna další potravinářská aditiva, byly deklarovány na obalech výrobků podle jednotlivých skupin (rozlišeno na antioxidanty, konzervační látky, barviva atd.), a to buď oficiálním názvem nebo E-číslem (E-kódem).^{8,10} Seznam povolených přídatných látek i jejich E-čísel je uveden ve Vyhlášce Ministerstva zdravotnictví ČR č. 4/2008 Sb. a v Přílohách II a III Nařízení (ES) č. 1333/2008 (převáděno dle Nařízení EU č. 1129/2011 a 1130/2011).^{10,11} V Přílohách práce je uvedena Příloha č. 7 k Vyhlášce č. 4/2008 Sb. - Seznam antioxidantů povolených při výrobě potravin nebo skupin potravin a podmínky jejich použití.

⁸ Nařízení (ES) č. 1333/2008, ze dne 16.12.2008

⁹ VUPP, EUFIC Food Today 44/2004, [online], cit. 19.2.2014

¹⁰ SZPI [online], Chemické látky v potravinách – Přídatné látky, ze dne 23.12.2011, cit. 20.2.2014

¹¹ Vyhláška MZ ČR č. 4/2008 Sb., ze dne 3.1.2008

3 SPECIÁLNÍ ČÁST

3.1 Přírodní antioxidanty v potravinách

Do obsáhlé skupiny přírodních antioxidantů, které se vyskytují v potravinách, řadíme mnoho látek rozlišné chemické povahy i samotného antioxidantního působení. Z nejvýznamnějších se jedná především o vitaminy (E, C, A), karotenoidy (beta-karoten, lykopen), stopové prvky (zinek, selen, měď) a širokou skupinu fytochemikálií (flavonoidy, isoflavony). Některé z nich lze také vyrábět synteticky a poté používat při průmyslové výrobě potravin jako levnější variantu místo přírodního antioxidantu – jde o výrobu tzv. přírodně identických látek, a zatím není známo, zda je jejich působení odlišné či opravdu zcela totožné s antioxidantním účinkem zcela přírodního antioxidantu (např. kyselina askorbová).¹⁰

3.1.1 Vitamin C

Vitamin C neboli kyselina askorbová patří do skupiny ve vodě rozpustných vitaminů, a pro člověka je velmi významnou esenciální složkou potravy.

Objev vitamínu C zasahuje hluboko do historie. Již ze starověku pocházejí záznamy o rozšířeném onemocnění kurděje (deficit vitamínu C). V 15. století v období Napoleonských válek se lidé již zabývali léčbou kurdějí, kdy především u námořníků byly častou příčinou smrti.⁷ Léčba probíhala popíjením odvaru z jehličí, později konzumací kysaného zelí a šťávy z citrónů, a s postupem času i podáváním čerstvého ovoce a zeleniny (což je doporučováno jako ideální zdroj vitamínu C i dnes). Na své chemické objevení a pojmenování však čekal vitamin ještě dlouho. V letech 1928-1932 se podařilo výzkumnému týmu z Maďarska pod vedením biochemika A. Szent-Györgyiho poprvé izolovat vitamin C a pojmenovat novou látku jako kyselina hexuronická (později byl název upraven na kyselinu askorbovou).

⁷ Fořt P., r. 2005, s. 143-148

¹⁰ SZPI [online], Chemické látky v potravinách – Přidatné látky, ze dne 23.12.2011, cit. 25.2.2014

Ve stejném období se nezávisle na nich podařilo i Američanu Ch. G. Kingovi izolovat látku vyskytující se v ovoci a bránící vzniku a rozvoji kurdějí. Několik let poté se také podařilo poprvé popsat chemickou strukturu a syntetizovat kyselinu askorbovou umělou cestou, a to díky britskému chemikovi Siru W. N. Haworthovi, který za tento objev získal v roce 1937 Nobelovu cenu za chemii.⁷

Struktura a vlastnosti

Vitamin C má strukturu kyselina L-askorbové, jde tedy o optický izomer kyseliny askorbové, jehož sumární vzorec je $C_6H_8O_6$. Svoji strukturou se podobá glukóze, ze které je u většiny savců také syntetizován pomocí enzymu L-gulonolaktonoxidázy. Tento enzym se v lidském organismu nevyskytuje (zřejmě jde o genetický defekt vzniklý v průběhu evoluce) a pro člověka je tak nutné přijímat vitamin C exogenně (potravou). Stejný enzymový defekt se v přírodě vyskytuje jen u některých dalších primátů, morčat, některých druhů netopýrů a ryb. Většina živočichů a rostlin je tak schopna syntetizovat vitamin C sama pro vlastní potřebu.¹²

Vitamin C je snadno rozpustný ve vodě, ale velmi citlivý na oxidaci a na tepelné a světlené působení, což se dotýká přípravy pokrmů ze surovin, které obsahují vitamin C. Uchováním a zpracováním potravin se tedy jeho obsah i antioxidační kapacita výrazně snižují, např. sušením se zničí až 50% vitamínu C, vařením až 60%. Jeho obsah se snižuje i vyluhováním či kontaktem s kovy (oxidace). Nejšetrnějším způsobem úpravy potravin je z tohoto důvodu vaření či dušení celistvé suroviny v páře, pro uchování potravin se doporučuje mražení.^{6,12}

Význam a doporučené dávky

Vitamin C má v organismu kromě antioxidace velmi široké využití a je pro člověka doslova nepostradatelný. Jak tvrdil hlavní propagátor tohoto vitamínu Linus Pauling (držitel Nobelovy ceny), že vitamin C je lékem na vše - od nachlazení až po rakovinu, bohužel tomu není tak docela, ale dle studií je význam vitamínu C opravdu značný a zastává mnoho různých rolí.⁷

⁶ Mindell E., Mundisová H, r. 2010, s. 100-103

⁷ Fořt P., r. 2005, s. 143-148

¹² National Institutes of Health, vitamin C [online], cit. 25.2. 2014

Potřebný je jako kofaktor zejména v dějích, které jsou součástí metabolismu aminokyselin, kde umožňuje vznik aminokyselin hydroxyprolinu a hydroxylysinu, čímž podporuje syntézu kolagenu v těle a obecně tak podporuje pevnost pojiva a vaziva, a růst či opravy poškozených vazivových tkání (tzn. podporuje růst organismu i hojení ran). Podílí se také na mnoha dalších metabolických procesech – podporuje resorpci železa v gastrointestinálním traktu (především nehemové formy železa), je součástí metabolismu žlučových kyselin, metabolismu cholesterolu, metabolismu kyseliny listové, syntézy některých hormonů a neurotransmiterů. Jako součást podpory obranyschopnosti organismu stimuluje tvorbu bílých krvinek (zvyšuje činnost fagocytů i tvorbu protilátek) a také podporuje tvorbu vlastních obraných interferonů.^{1,12} Avšak mýtus o léčebném účinku u běžného nachlazení nebyl dle studií potvrzen, některé studie prokazují jen zmírnění průběhu a snad i zkrácení doby nemocnosti (s ohledem na mnoho dalších faktorů).¹ Pozitivní je mimo jiné inhibiční působení vitamínu C v žaludku při vzniku karcinogenních nitrosaminů, které by vznikly jako konečný produkt přeměny dusičnanů a dusitanů obsažených běžně v zelenině.^{1,6}

Mezi základní fyziologické funkce vitamínu C patří prvotřídní antioxidační působení v roli scavengera – konkrétně redukce tokoferolového radikálu, aktivní vychytávání superoxidu, peroxynitritu a dalších RONS. Reakcí s RONS se oxiduje na dehydroaskorbát, který vstupuje do buněk a zde je znovu redukován na askorbát.^{1,13} Tyto reakce probíhají v játrech a vzniká při nich mnoho neaktivních sloučenin, které jsou vyloučeny močí.¹³ Ideální antioxidant tvoří z vitamínu C především jeho nízký jednoelektronový redukční potenciál, stabilita a s ní spojená nízká reaktivita askorbylového radikálu (vznikne po sloučení askorbátu s RONS). V experimentálních studiích byl prokázán tento účinek jako protinádorový, antisklerotický a protizánětlivý, klinické studie zatím toto tvrzení jednoznačně nepotvrzují.

¹ Štípek S. a kolektiv, r. 2000, s. 58-59, 278-279

⁶ Mindell E., Mundisová H, r. 2010, s. 100-103

¹² National Institutes of Health, vitamin C [online], cit. 25.2. 2014

¹³ Zdravotnictví a medicína 18/2012 [online], Vitamin C - nové pohledy na terapeutický potenciál, cit. 25.2. 2014

Protizánětlivé působení se však stále intenzivně testuje v dermatologii, alergologii a revmatologii. Pozadu nezůstávají ani studie v oborech kardiologie a onkologie.¹

Dle publikace S. Štípka a kolektivu (r. 2000, s. 278) a zde citovaných autorů zahraničních studií, je prokazatelný význam antioxidantu vitamínu C dle provedených studií také velmi široký: „U diabetiků příznivě ovlivňuje lipidový a sacharidový metabolismus. Jak samotný, tak v kombinaci s dalšími antioxidanty (zinek, vitamin E, beta-karoten) askorbát snižuje krevní tlak. Pravděpodobně ovlivňuje metabolismus oxidu dusnatého. Askorbát chrání plicní surfaktant před působením kyseliny chlorné vznikající v makrofázích. U neuromuskulárních nemocí nebyl účinný. Kombinované podávání vitamínů C a E poněkud snížilo výskyt katarakty. Askorbát snížil výskyt karcinomu žaludku a možný je také antikarcinogenní účinek u karcinomu jazyka, faryngu, jícnu, plic, pankreatu, děložního hrdla. Dvě ze tří studií v USA prokázaly snížení kardiovaskulárních nemocí vysokým příjmem vitamínu C.“

Nové studie se zaměřují v posledních letech na terapeutické využití vitamínu C pro osoby s onemocněním spojeným s chronickým oxidativním stresem, tzn. při chronických zánětech, a výsledky potvrzují, že vitamin C má důležitou roli nejen při profylaxi ale i při terapii těchto onemocnění.^{1,13} Při chronickém zánětu je snížena možnost zpětné regenerace askorbátu a dochází tak k systémovému deficitu vitamínu C, který často doplňuje subklinický deficit vitamínu C. Tyto nedostatky se pak snadno projevují poruchami při hojení ran, narušením imunitních funkcí a dalšími závažnými patologickými stavy.¹³

¹ Štípek S. a kolektiv, r. 2000, s. 278-279

¹³ Zdravotnictví a medicína 18/2012 [online], Vitamin C - nové pohledy na terapeutický potenciál, cit. 25.2. 2014

Nedostatek vitamínu C se obecně může projevovat menší pevností cévní stěny a následně zvýšenou krvácivostí (zejména z vlásečnic) nebo sníženou pevností vazivového aparátu zubu a tím vyklání až vypadávání zubů. Časté je při deficitu také narušení stavby kostí a vývoje jedince (zejména deficit v dětském věku, tzv. Moller-Barlowova choroba)¹⁴, zvýšená kazivost zubů, zvýšená únavnost a v případě kojících žen i snížená tvorba mléka.¹²

Onemocnění z důvodu extrémní deficiencie se nazývá kurděje (neboli skorbut) a projevuje se vážnými anemickými stavy, krvácivostí, žaludečními vředy a častými infekcemi, až atrofií svalstva.¹²

Projevy nadbytku se vyskytují zřídka – vysoké dávky vitamínu C vedou k podráždění sliznice žaludku a k zažívacím obtížím. Hypervitaminóza běžně prakticky nehrozí, protože nadbytek je vyloučen ledvinami společně s močí. Navíc při zvýšeném příjmu vitamínu C dochází ke snížení resorpce v gastrointestinálním traktu, a tak se změny ve funkci organismu prakticky neprojevují. Příjem vysokých dávek kyseliny askorbové může však reagovat s některými léky a riziková může být také kombinace s některými minerálními látkami (zejména přechodnými kovy jako je měď či železo), kdy mohou vznikat reaktivní formy kyslíku ze samotné kyseliny askorbové a působit tak v organismu opačně – tedy prooxidačně a poškozovat lipidové struktury.^{1,12}

Koncentrace askorbátu v krvi je optimální v rozmezí 2-20 mg/l.¹ Pro dosažení této hladiny se dle Referenčních hodnot pro příjem živin (DACH, Společnost pro výživu) doporučuje - pro dospělého produktivního člověka dávka 100 mg/den (dle ostatních zdrojů stačí i nižší množství 45-100 mg/den). Zvýšená potřeba je nutná v těhotenství (110 mg/den), pro kojící ženy (150 mg/den), v dětství (do 12. měsíce věku 55g/den, s věkem se postupně dávka zvyšuje), u starších osob, u kuřáků (každá cigareta zničí 50-100 mg vitamínu C) a osob ve zvýšeném období psychické i fyzické zátěže a v rekonvalescenci.¹⁴

¹ Štípek S. a kolektiv, r. 2000, s. 58-59, 278-279

¹² National Institutes of Health, vitamin C [online], cit. 25.2. 2014

¹⁴ Referenční hodnoty pro příjem živin (DACH), r. 2011, s. 109-110

Za horní hranici příjmu vitamínu C pro zdravého dospělého člověka se považuje dávka 2000 mg/den, přičemž ještě nehrozí žádné zdravotní potíže způsobené nadbytkem vitamínu. Přesto by člověk neměl přijímat pravidelně nadbytečné dávky, ale pro známé všestranné pozitivní účinky vitamínu C se tomu tak často děje, a běžně se také setkáváme s výživovými doplňky, které obsahují mnohonásobně vyšší koncentrace vitamínu C než je doporučená denní dávka (obsahují většinou 500-1000 mg) - zřejmě díky poptávce.¹²

Výskyt

Vitamin C se vyskytuje zcela běžně v potravinách rostlinného i živočišného původu. Nejbohatší zdroje přírodního vitamínu C jsou především některé druhy ovoce a zeleniny – zejména jahody, kiwi, černý rybíz, citrusy, paprika, brokolice, kapusta, a v ČR jsou významným zdrojem i často konzumované brambory. Malé množství nalezneme také v mléku a vnitřnostech (zvířata, která si vitamin C syntetizují sama, si ho ukládají v játrech a ledvinách). Důležitým faktorem pro obsah přirozeného vitamínu C v potravinách je skladování a tepelná úprava potravin, jak bylo již výše zmíněno.^{12,15}

V potravinářství se využívá kyselina askorbová pod číslem E300 a jako aditivum je zcela bezpečná. Používá se E300 původu čistě přírodního, tak původu přírodně identického. Jako aditivum se získává syntézou z hroznového cukru nebo extrakcí z ovoce (dražší metoda). Nejčastěji se E300 používá při výrobních technologiích masného a pekárenského průmyslu. Jako aditivum se přidává do uzených mas a masných výrobků (snižuje zde oxidaci tuků a podporuje konzervaci masa, což se projevuje udržováním červené barvy masa), pro delší trvanlivost kondenzovaného a sušeného mléka, v pivovarnictví se přidává pro předcházení zakalení piva či při výrobě ovocných šťáv pro udržení barvy šťávy. Při zpracování mouky se využívá E300 pro urychlení zrání mouky a následně lepší zpracovatelnost a objem vzniklého těsta (i pečiva). Pro antioxidační působení se používá často pro obohacování potravin jako např. snídaně cereální směsi, ovocné saláty, nápoje, džemy apod.¹⁵

¹² National Institutes of Health, vitamin C [online], cit. 25.2. 2014

¹⁵ Zdravá výživa a nápoje – bez konzervantů, [online], databáze přídatných látek vyhledávání podle názvu, cit. 25.2. 2014

Obsah vitamínu C v potravinách¹⁶

<u>Potravina</u>	<u>Hodnota (na 100 g jedlého podílu)</u>
Paprika zeleninová, červená	191 mg
Nař petržele	178,5 mg
Rybíz černý	166 mg
Brokolice	121 mg
Paprika zeleninová, zelená	104,1 mg
Kiwi	92,7 mg
Jahody	66,6 mg
Špenát	60 mg
Pomeranč	50,7 mg
Citrón	49 mg
Lečo zeleninové, sterilované	44,5 mg
Rybíz červený	34,5 mg
Játra telecí	33,8 mg
Jablka	9,3 mg
Mrkev	4,5 mg
Ořechy lískové	4,1 mg
Čočka	2,5 mg
Paštika játrová	2 mg
Mléko polotučné	1,1 mg
Maso telecí, kýta	0,5 mg

¹⁶ Centrum pro databázi složení potravin, verze 4.13, [online], cit. 26.2.2014

3.1.2 Vitamin E

Pod pojmem vitamin E je zahrnuta směs sloučenin, z nichž biologicky nejvýznamnější jsou izomery tokoferol a tokotrienol, které jsou si podobné jak chemicky, tak svými účinky v organismu. Pro člověka jsou tyto látky plně esenciální. Vitamin E řadíme obecně mezi vitaminy rozpustné v tucích.¹

Historie tohoto vitamínu sahá do roku 1922, kdy byl poprvé popsán americkými vědci pod vedením M. Evanse. Podařilo se tehdy identifikovat olej z pšeničných klíčků s neznámou látkou, která měla však význam pro fertilitu laboratorních potkanů, a proto byla tato látka pojmenována jako tokoferol (řecky tokos znamená porod), a odkazuje tak názvem na jednu ze svých funkcí.

Struktura a vlastnosti

V přírodě se vitamin E vyskytuje v osmi možných formách: α -, β -, γ - a δ -tokoferol a α -, β -, γ - a δ -tokotrienol. Základem struktury je vždy chromanový kruh a vedlejší fytylový řetězec, který způsobuje nerozpustnost ve vodě a naopak výbornou rozpustnost těchto látek v tucích.¹⁷ Díky této vlastnosti proniká vitamin E snadno do buněčných membrán a stává se zde jejich potřebnou součástí.

Tokoferoly ani tokotrienoly nejsou příliš stabilní, ničí se při technologické úpravě potravin především mechanickým zpracováním, sušením, působením slunečního světla, působením chlóru (chlórovaná voda), při konzervování, působením kyslíku, působením tepla i mrazu.

Význam a doporučené dávky

Vitamin E řadíme mezi fyziologicky důležité látky, které mají význam pro metabolismus všech buněk. Patří mezi nejvýznamnější lipofilní antioxidanty. Maximální účinky má podle všeho D- α -tokoferol, který se také nejvíce přirozeně vyskytuje, a také proto je o něm známo nejvíce informací.¹⁷ Antioxidačně působí tokoferoly v buňkách, kde jsou součástí lipidových membrán, a jako první zde mají možnost bránit peroxidaci polyenových kyselin a stabilizovat tak buněčné membrány. Probíhá to především v buňkách, které jsou přímo vystavené působení kyslíku (buňky dýchacího systému a červené krvinky).

¹ Štípek S. a kolektiv, r. 2000, s. 59, 279-281

¹⁷ National Institutes of Health, vitamin E [online], cit. 5.3. 2014

Reakce probíhají díky schopnosti tokoferolů darovat snadno vodíkové atomy (z hydroxylové skupiny), stávají se tzv. lapačem (trapper) volných radikálů. Po zachycení volného radikálu zůstává sám tokoferol stabilním tokoferolovým volným radikálem a dál tak škodlivá reakce neprobíhá.¹ Většina ostatních lapačů přestává být po zachycení volného radikálu dále použitelným antioxidantem, ale tokoferoly (a některé další) jsou díky vitaminu C, glutathionu, koenzymu Q a selenu recyklovány a mohou plnit svoji roli opakovaně.

Antioxidační působení vitaminu E se spojuje s bojem proti předčasnému stárnutí buněk (často se proto nazývá jako „elixír mládí“), snižuje oxidaci LDL cholesterolu a tím snižuje rizika aterosklerózy a především vzniku infarktu myokardu a náhlých mozkových příhod, zabraňuje progresi Alzheimerovy choroby, chrání plíce před znečištěním od kouření a průmyslových exhalací (společně s vitaminem A), působí preventivně proti některým nádorovým onemocněním, snižuje zřejmě výskyt a rizika katarakty (společně s karotenoidy), snižuje krevní srážlivost a umožňuje snadné rozpouštění krevních sraženin, a urychluje hojení ran i popálenin.^{1,17} Z tohoto širokého výčtu pozitivního působení vitaminu E je většina potvrzena přímo ve specializovaných studiích – nejčastěji se studie zaměřují na ovlivnění kardiovaskulárních onemocnění.¹ Nižší výskyt kardiovaskulárních příhod při podávání α -tokoferolu (60 mg α -tokoferolu/den) potvrdily dvě na sobě nezávislé studie v Anglii a Americe, i studie probíhající v celé Evropě vedená WHO (studie MONICA). Byla prokázána souvislost mezi zvýšenou hladinou vitaminu E v plazmě a sníženým počtem úmrtí na kardiovaskulární onemocnění. Naopak podle Basel Study nízké dávky lehce zvyšují riziko ischemických chorob srdečních i nádorových onemocnění.¹ Zajímavostí je, že vysoce pozitivní výsledky přinášejí klinické studie z Indie a Číny, kde pravděpodobně pravidelná suplementace vitaminem E kompenzuje nedostatky ve výživě a výsledky tak ukazují jednoznačně příznivý vliv na snížení kardiovaskulárních onemocnění a na snižování hypertenze.¹

¹ Štípek S. a kolektiv, r. 2000, s. 59, 279-281

¹⁷ National Institutes of Health, vitamin E [online], cit. 5.3. 2014

Naopak ve vyspělých zemích se suplementace vitamínem E dle studií projeví na jednici jen minimálně či bez účinku a je tak těžší vyhodnotit objektivně výsledky studie. Obecně lze shrnout, že sedm velkých klinických studií potvrdilo příznivé účinky vyšší hladiny plazmatické tokoferolu na výskyt kardiovaskulárního onemocnění, naopak jen tři studie toto popírají.

Co se týká souvislostí s nádorovými onemocněními, korelaci s hladinou tokoferolu (a dalších antioxidantů) prokázalo již více než sto epidemiologických studií, ale zatím se přímo potvrdilo jen mírné snížení karcinomu žaludku, prostaty a kolorektálního karcinomu. Zdaleka ne tedy snížení či blokace všech typů nádorového bujení.^{1,17}

Doporučená dávka pro dospělé je 14 mg α -tokoferolu/den, 4 mg/den pro kojence, 10 mg/den pro děti do 10 let.¹⁴ Díky více biologicky aktivním sloučeninám tokoferolu je nutné zavést zde ekvivalent pro přepočítání biologické aktivity ATE (adekvátní tokoferolový ekvivalent), 1 ATE = 1 mg α -tokoferolu = 2 mg β -tokoferolu = 4 mg γ -tokoferolu.^{16,17} Zvýšenou potřebu tokoferolu způsobuje zvýšený příjem nenasycených mastných kyselin v potravě (na 1 g nenasycených mastných kyselin je třeba dle počtu dvojných vazeb 0,4-1,2 mg α -tokoferolu), stejně jako zvýšené vystavení kyslíku (např. kyslíková terapie).^{4,6}

Preventivní působení vitamínu E se využívá většinou ve formě podávání kombinace s dalšími antioxidanty (vitamin C a beta-karoten), přičemž může být sledováno i podávání samotného vitamínu E (v dávce minimálně 60 ATE/den). Terapeutické využití vitamínu E je indikováno v dávce 100-200 ATE/den a využívá se často při infertilitě, degeneraci kloubů, cystické fibróze, atrofii sliznic, při malabsorbci či při dlouhodobé parenterální výživě.

¹ Štípek S. a kolektiv, r. 2000, s. 279-281

⁴ Jordán V., Hemzalová M., r. 2001, s. 30-34

⁶ Mindell E., Mundisová H, r. 2010, s. 106-108

¹⁴ Referenční hodnoty pro příjem živin (DACH), r. 2011, s. 75

¹⁶ Centrum pro databázi složení potravin, verze 4.13, [online], cit. 5.3.2014

¹⁷ National Institutes of Health, vitamin E [online], cit. 5.3. 2014

Vstřebávání vitamínu E ve střevě je podmíněno příjmem tuků (se kterými se většinou vyskytuje společně). Z přijatého tokoferolu se vstřebá vždy jen 20-50%, a to přes stěnu střevní pomocí chylomikromů.¹⁷ Poruchy distribuce tuků či vstřebávání tuků ve střevě tak vedou často k nedostatku tokoferolů. Nedostatek se ukazuje u osob s chronickou steatorrheou, cystickou fibrózou nebo u pacientů po resekci střeva. Projevy nedostatku jsou různě závažné neurologické obtíže, snížení obranyschopnosti, poruchy funkce gonád, které mohou vést až ke sterilitě. Jako první viditelné příznaky se objevuje ztráta chuti k jídlu a zpomalený růst.¹⁷

Nadbytek vitamínu E prakticky nehrozí (oproti jiným vitaminům v tukách rozpustných). Konzumace velmi vysoké dávky 1000 mg/den by způsobila bolesti hlavy a nauzeu, dávky vysoce překračující toto množství by způsobily prodlouženou dobu krevní srážlivosti (díky interferenci s vitaminem K).

V organismu se vitamin E ukládá především v tukové tkáni, a v buněčných membránách (v játrech, ve svalech, děloze, varlatech) i v krvi.¹⁷ Na rozdíl od dalších vitaminů v tukách rozpustných se v organismu uchovává jen krátce (podobně jako ve vodě rozpustný vitamin C). Jeho hladinu v krvi lze snadno zhodnotit – ideální koncentrace α -tokoferolu u dospělých osob je 5-18 mg/l.¹

Výskyt

V potravinách se vitamin E vyskytuje zcela běžně v rostlinných olejích (nejbohatší je olej z obilných klíčků), ořechách, v živočišných tucích, mase, vejcích, v mléce a mléčných výrobcích. Za relativně bohaté zdroje považujeme některé druhy zeleniny (růžičková kapusta, špenát, listová zelenina) a luštěniny.¹⁷

V potravinářské výrobě se používají α -tokoferol (E307), γ -tokoferol (E308) a δ -tokoferol (E309), které se získávají z rostlinných olejů (především ze slunečnicového oleje) nebo organickou syntézou. Nejčastěji se využívají v kombinaci, jako tzv. extrakt s vysokým obsahem tokoferolů (E306), který se přidává do rostlinných olejů, margarínů a potravin s vysokým obsahem tuků, kde brání oxidaci lipidů a prodlužuje tak trvanlivost těchto potravin.¹⁵

¹ Štípek S. a kolektiv, r. 2000, s. 279-281

¹⁵ Zdravá výživa a nápoje – bez konzervantů, [online], databáze přídatných látek vyhledávání podle názvu, cit. 25.2. 2014

¹⁷ National Institutes of Health, vitamin E [online], cit. 5.3. 2014

Obsah vitamínu E v potravinách¹⁶

<u>Potravina</u>	<u>Hodnota (na 100 g jedlého podílu)</u>
Olej slunečnicový	55 ATE
Mandle	25,03 ATE
Lískové ořechy	24,2 ATE
Játra tresčí, v oleji	20 ATE
Olej řepkový	18,4 ATE
Arašídý	9,21 ATE
Majonéza	7,6 ATE
Ostružiny	5,5 ATE
Olej olivový	5,1 ATE
Vejce slepičí, celé	3,88 ATE
Ořechy vlašské	3,12 ATE
Paprika zeleninová, červená	2,9 ATE
Špenát	2,9 ATE
Ořechy pistáciové	2,3 ATE
Protlak rajčatový	2,3 ATE
Mák	2,26 ATE
Semena sezamová	2,25 ATE
Rybíz černý	2,1 ATE
Máslo čerstvé	2,05 ATE
Meruňky	1,8 ATE
Špekáčky	1,3 ATE
Sádlo vepřové	1,26 ATE
Rohlík bílý	1,08 ATE
Maliny	0,87 ATE

¹⁶ Centrum pro databázi složení potravin, verze 4.13, [online], cit. 5.3.2014

3.1.3 Vitamin A

Vitamin A zahrnuje tři aktivní formy, všechny rozpustné v tucích – retinol, retinal a kyselina retinová. Název je odvozen od latinského slova retina, což znamená sítnice, a ukazuje tak na svůj význam pro tyčinky a čípky v sítnici oka. Jeho pozitivní účinky při léčbě šerosleposti byly známy již ve středověku (Corpus Hippocraticum), kdy se k léčbě využívala konzumace syrových jater různých živočichů.¹⁸ Jako chemická sloučenina byl objeven tento vitamin až v průběhu 20. století, a za objasnění jeho role pro správné vidění získal v roce 1967 Nobelovu cenu americký biochemik G. Wald.

Struktura a vlastnosti

Retinol je dle chemické povahy alkohol, tvořen šestičlenným β -iononovým kruhem a bočním řetězcem složeným ze dvou izoprenových jednotek. Díky dvojným vazbám v postraním řetězci se mohou vyskytovat konfigurace trans- i cis- izomerů retinolu, a mohou mít odlišné chemické vlastnosti.¹⁸ Cis izomery jsou méně stabilní, např. 11-cis retinal se váže s očním proteinem opsinem (tvoří rodopsin) a díky dopadu světla dochází k přesmyku molekuly a následně k vyslání nervových impulsů do vyšších nervových center, což umožňuje proces vidění.

Chemická struktura retinolu je ale relativně stabilní a jeho biologický účinek je snižován především při užívání hormonální antikoncepce. Retinol naopak přispívá k ochraně vitamínu C před působením oxidace.⁶

Význam a doporučené dávky

Biologický význam retinolu je důležitý v organismu pro několik oblastí: zrak, diferenciace buněk, odolnost vůči infekcím, reprodukce a růst.

Pro zrak je retinol nutný k tvorbě očního barviva rodopsinu (v tyčinkách, tento mechanismus byl popsán výše), což umožňuje dobré vidění za šera. Ve formě retinaldehydu je obsažen i v čípkách sítnice, které umožňují barevné vidění. Pro celkový vliv na zrak se využívá při terapii poruch očí a vidění. Pro normální adaptaci očí na noční tmu je potřeba koncentrace retinolu v plasmě 1,4 $\mu\text{mol/l}$, která se díky dlouhodobému uchování retinolu v játrech snadno udržuje.¹⁸

⁶ Mindell E., Mundisová H, r. 2010, s. 71-74

¹⁸ Hlúbik P., Opltová L., r. 2004, s. 19-27

Význam retinolu pro tkáň s rychle se obnovujícími buňkami (buňky kůže, epitel střeva apod.) je také značný. Tyto buňky reagují velmi pohotově na nedostatek vitamínu A (redukce hlenotvorných buněk, náhrada cylindrických epitelů rohovějícími buňkami) a projevují se viditelně suchou a olupující se kůží, poruchy střevního epitelu mohou způsobovat průjemy. Organismus je tak celkově méně odolný vůči infekcím a také se zpomaluje hojení ran. Primární vliv retinolu na zvýšení imunity organismu není způsoben jinak, než podporou diferenciací buněk, a tak umožňuje i přeměnu myeloidní buňky na granulocyt.^{6,18} Využívá se terapeuticky jako doplněk při léčbě infekcí dýchacích cest, pro snazší hojení defektů sliznic, kožních defektů, a nebo jako ochrana před UV zářením. Pozitivní vliv na civilizační nemoci (zejména kardiovaskulární a nádorová onemocnění) nebyl dle studií jasně prokázán, přestože existují některé studie, které ukazují korelaci určité plazmatické hladiny a snížení kardiovaskulárních onemocnění,¹ i význam podávání retinolu při léčbě chemoterapeutiky.⁴ Rozsáhlé studie se také zabývají vlivem retinolu (a karotenoidů) na vliv probíhající osteoporózy, kde byl prokázán pozitivní vliv na terapii, zatím ale není znám probíhající mechanismus.¹

Významný vliv má však retinol na růst a zrání epifyzárních chrupavek u dětí, a tak podporuje normální růst organismu. Při nedostatku dochází přímo k zástavě růstu dětí, a prokázána je také korelace nízké hladiny retinolu a nízké váhy novorozenců.¹⁸

Do reprodukčního systému zasahují retinol i kyselina retinová mnoha mechanismy. Podporují jednak zrání pohlavních buněk (zejména spermiogenezi), vyvíjející se placentu, a zřejmě i syntézu adrenálního progesteronu.¹⁸

Antioxidační vlastnosti vitamínu A jsou relativně slabé, přesto významné. Působí mechanismem zhášedce (quencher) singletového kyslíku,¹ který není přímo volný radikál, ale je velmi reaktivní oxidant vznikající peroxidací lipidů. Všechny formy vitamínu A dokážou převzít jeho energii bez chemické změny a vrátit excitovaný kyslík do jeho původního stavu.¹⁸

¹ Štípek S. a kolektiv, r. 2000, s. 62, 277-278

⁴ Jordán V., Hemzalová M., r. 2001, s. 17-21

⁶ Mindell E., Mundisová H, r. 2010, s. 71-74

¹⁸ Hlúbik P., Opltová L., r. 2004, s. 19-27

Doporučená denní dávka je stanovena na 800 µg/den pro ženy, 1000 µg/den pro muže, lehce zvýšená je dle fyzické zátěže pro ženy i muže. Pro snazší přepočítání účinnosti vitamínu A a jeho prekurzorů – karotenoidů, je zde zavedena jednotka RE (retinový ekvivalent). 1 RE = 1 µg retinolu = 6 µg beta-karotenu = 12 µg směsi jiných karotenoidů.¹⁴ Karotenoidy přijaté do organismu jsou metabolicky přeměňovány na retinoidy s různou biologickou aktivitou, obecně nižší než retinol samotný (beta-karoten má šestkrát nižší účinnost, ostatní karotenoidy i vícenásobně nižší).

Maximální tolerovatelná dávka je 3000µg/den, přičemž tato hranice se snižuje u těhotných a kojících žen.¹⁴ K hypervitaminóze dochází jen velmi výjimečně, a to především při nadměrném podávání preparátů obsahujících pouze vitamin A, nikoliv z příjmu běžnou stravou. Toxicita vitamínu A by se projevila erytémem na kůži, nauzeou, bolestmi břicha, závažná toxicita by mohla probíhat u dětí (až zástava růstu) a u těhotných žen. Nadměrný příjem vitamínu A v prvních měsících těhotenství (způsoben zvýšenou citlivostí buněk k retinolu) vede k rozvoji vrozených vývojových vad či jiných malformací plodu.^{18,19}

Výskyt

Vitamin A se vyskytuje pouze v potravinách živočišného původu ve formě samotného retinolu a retinylesterů. V potravinách rostlinného původu se nachází jen ve formě svých prekurzorů (provitaminů) karotenoidů, které mají nižší biologickou účinnost (ale v zásadě velmi podobné účinky).¹⁸ Bohatými zdroji vitamínu A jsou vnitřnosti (především játra), rybí tuk, vejce, mléko a mléčné výrobky (se sníženým množstvím mléčného tuku se snižuje i obsah retinolu v mléčné potravíně). Zdrojem karotenoidů je barevné ovoce a zelenina (mrkev, paprika, listová zelenina, meruňky apod.).^{4,19} Konkrétní karotenoidy jsou zmíněny v následujících kapitolách.

Retinol není používán jako potravinářské aditivum, oproti jeho prekurzorům (karotenoidům).

⁴ Jordán V., Hemzalová M., r. 2001, s. 17-21

¹⁴ Referenční hodnoty pro příjem živin (DACH), r. 2011, s. 61-64

¹⁸ Hlúbik P., Opltová L., r. 2004, s. 19-27

¹⁹ National Institutes of Health, vitamin A [online], cit. 20.3. 2014

Obsah vitamínu A v potravinách¹⁶

<u>Potravina</u>	<u>Hodnota (na 100 g jedlého podílu)</u>
Játra telecí	18813 RE
Játra kuřecí	10182 RE
Paštika játrová	1734 RE
Vejce slepičí, žloutek	947 RE
Mrkev	828 RE
Máslo čerstvé	714 RE
Králík, maso	444 RE
Špenát	354 RE
Máslo pomazánkové	284 RE
Smetana ke šlehání	266 RE
Paprika zeleninová, červená	264 RE
Protlak rajčatový	149 RE
Sýr Eidam, 30% t.v s.	142 RE
Meruňky	127 RE
Salát hlávkový	96 RE
Brokolice	77 RE
Mango	57 RE

¹⁶ Centrum pro databázi složení potravin, verze 4.13, [online], cit. 5.3.2014

3.1.4 Beta-karoten

Beta-karoten patří do obsáhlé skupiny karotenoidů, která zahrnuje dalších 50 podobně vyhlížejících sloučenin, které jsou taktéž přírodními rostlinnými i živočišnými pigmenty. Mezi významnější karotenoidy řadíme mimo nejrozšířenějšího beta-karotenu také lykopen, lutein, alfa-karoten, xantiny, všechny jsou rozpustné v tucích. Někteří savci (včetně člověka) jsou schopni tyto látky v průběhu života částečně akumulovat a díky tomu dochází ke žloutnutí jejich tělesného tuku.

Struktura a vlastnosti

Beta-karoten má chemickou strukturu izoprenové látky, jejíž sumární vzorec je $C_{40}H_{56}$. V organismu se jedna molekula beta-karotenu metabolicky mění (hydrolyzou) na dvě molekuly retinolu, a je proto prekurzorem tohoto vitamínu. Ostatní karotenoidy této reakci nepodléhají a nejsou tak provitaminem A.¹⁹

Vyskytuje se ve dvou možných izomerech – trans-beta-karoten a cis-beta-karoten, jejichž účinnost se liší. Trans-beta-karoten je možné vyrábět synteticky, což se využívá i jako potravinové aditivum a v kosmetickém průmyslu, tento izomer je méně účinný a v organismu se uchovává kratší dobu, přesto je aktivnější jako provitamin A. Naopak cis-izomer má vyšší účinnost (navíc ji zvyšuje tepelná úprava, platí též pro trans-izomer), přestože se hůře vstřebává a je méně aktivním provitaminem A. Oba izomery se v přírodě vyskytují společně, s převahou trans-izomeru (v lidské plazmě převažuje naopak cis-izomer).¹⁸

Význam a doporučené dávky

Důležitost beta-karotenu (i dalších karotenoidů) spočívá především v antioxidačním působení, které je významně vyšší než u retinolu. Působí stejným mechanismem jako retinol (zhášení singletového kyslíku), a navíc uplatňuje zatím neobjasněný mechanismus, kterým odstraňuje volné radikály centrované na uhlíku, zřejmě za pomoci tokoferolů.¹⁸ S tokoferoly se doplňuje beta-karoten i jinak – při nižších koncentracích kyslíku je beta-karoten antioxidačně aktivnější, při vyšších koncentracích je naopak aktivnější tokoferol.

¹⁸ Hlúbik P., Opltová L., r. 2004, s. 27-35

¹⁹ National Institutes of Health, vitamin A [online], cit. 20.3. 2014

Konkrétní účinky beta-karotenu na lidský organismus jsou rozporuplné. Bylo provedeno mnoho studií s různými cíli a kombinacemi užívání různých vitaminů v kombinaci s beta-karotenem, a výsledkem lze říci, že některé studie potvrzují snížený výskyt některých druhů nádorových onemocnění a některé zcela naopak. Provedené studie z 90. let ukázaly „nežádoucí“ výsledek, a byly proto také předčasně ukončeny. Neblaze proslavená studie CARET (Beta-Carotene and Retinol Efficacy Trial) prováděná v USA, měla za cíl prokázat snížení výskytu nádorových onemocnění dutiny ústní, jícnu, žaludku, a tlustého střeva, a naopak prokázala zvýšenou incidenci plicních nádorů u kuřáků a osob pracujících v kontaktu s azbestem, a nulový vliv na prvotně sledované neoplazie.²⁰ Obdobné výsledky potvrdila i studie ATBC (Alpha-Tokopherol Beta-Carotene Cancer Prevention Study), která probíhala v severní Evropě.¹ Preventivní vliv beta-karotenu na nádorová onemocnění je tak prakticky potvrzen jen u nádorů kůže a fotosenzibilizujících nemocí. Také pozitivní vliv byl zaznamenán při užívání beta-karotenu a vitaminů C a E pro snížení oxidovatelnosti LDL frakce cholesterolu, a tím tak snižování rizik arterosklerózy.¹ Obecně lze shrnout, že konzumace stravy bohaté na karotenoidy je vhodná, naopak suplementace vysokých dávek beta-karotenu není vhodná pro prevenci kardiovaskulárních onemocnění ani pro primární prevenci.^{1,19}

Některé studie poukazují navíc to, že za určitých podmínek (změna pH a parciálního tlaku) se některé antioxidanty včetně beta-karotenu stávají silnými oxidačními činidly. Tyto situace se ale modelují prakticky jen laboratorně in vivo a jejich reálnost v lidském organismu není možná.¹⁹

Doporučené denní dávky beta-karotenu nejsou přesně stanoveny, obecná doporučení odhadují dávku 2-4 mg/den, což pokrývá racionální strava bohatá na zeleninu a ovoce.¹⁹ K hypervitaminózám prakticky nedochází, protože naplněním kapacity vzniku vitaminu A se sníží vstřebávání beta-karotenu a může docházet pouze k žlutooranžovému zbarvení kůže. Dle výše zmíněných studií je ale zřejmé, že nadbytečné dávky mohou mít za určitých situací i vážné nežádoucí účinky.

¹ Štípek S. a kolektiv, r. 2000, s. 62, 277-278

¹⁹ National Institutes of Health, vitamin A [online], cit. 20.3. 2014

²⁰ Omenn G. S. et al, the Beta-Carotene and Retinol Efficacy Trial, r. 1996

Výskyt

Již výše bylo zmíněno, že beta-karoten společně s dalšími karotenoidy jsou významnými barvivy v rostlinné i živočišné říši, kde jsou pevně vázány jako součásti makromolekul. Pro jejich využití v lidské potravě je nutné jejich uvolnění pomocí dalšího zpracování (tepelné či mechanické zpracování v samotném žaludku). Pro následné vstřebávání je potřebný minimální příjem tuků (stačí již 3 g/den)¹⁸

Za vhodné potravinové zdroje beta-karotenu se považují především barevné druhy ovoce a zeleniny (mrkev, paprika, listová zelenina, petržel, jablka, meruňky). V potravinách živočišného původu je obsažen v mase, mléce, vaječném žloutku.¹⁹

Syntetická forma karotenoidů je označována E-číslem E160a. V potravinářství se využívá ve smyslu barviva, ne antioxidantů, a proto není uvedena v Příloze Vyhlášky MZ ČR č. 4/2008 Sb.^{11,15} Využití nachází především při výrobě margarínů (fortifikace), při barvení cukrářských výrobků, nealkoholických nápojů a jako inkoust (barvivo) pro označování potravin.¹⁵

Obsah beta-karotenu v potravinách¹⁶

Potravina	Hodnota (na 100 g jedlého podílu)
Koření, paprika	27679 ug
Mrkev	9938 ug
Petržel, nať	5410 ug
Špenát	4243 ug
Protlak rajčatový	1784 ug
Meruňky	1523 ug
Brokolice	920 ug
Játra telecí	150 ug

¹¹ Vyhláška MZ ČR č. 4/2008 Sb., ze dne 3.1.2008

¹⁵ Zdravá výživa a nápoje – bez konzervantů, [online], databáze přídatných látek vyhledávání podle názvu, cit. 25.2. 2014

¹⁶ Centrum pro databázi složení potravin, verze 4.13, [online], cit. 5.3.2014

¹⁸ Hlúbik P., Opltová L., r. 2004, s. 27-35

¹⁹ National Institutes of Health, vitamin A [online], cit. 20.3. 2014

3.1.5 Lykopen

Lykopen patří také do skupiny karotenoidů ale oproti beta-karotenu se vyskytuje spíše omezeně jako přírodní červený pigment květů a plodů, za to je významným antioxidantem, což je předmětem mnoha aktuálních studií.

Struktura a vlastnosti

Struktura lykopenu je tvořena 8 izoprenovými jednotkami, a řadíme ho mezi acyklické karotenoidy. Není možné jej metabolicky přeměnit na vitamin A, kvůli absenci β -iononovému kruhu.^{6,18} Tvoří mnoho izomerů, nejčastěji se však vyskytuje ve trans-formě, která je termodynamicky nejstabilnější.

Význam a doporučené dávky

Lykopen je významným antioxidačním činitelem, účinnější než beta-karoten. V posledních letech je předmětem studií zejména v souvislosti s civilizačními onemocněními.

Antioxidační působení lykopenu probíhá v roli vychytávače (scavenger) volných kyslíkových radikálů, a dokáže reagovat i s peroxidem vodíku či s oxidem uhličitým, a to dvakrát silněji než beta-karoten. Jeho vychytávající schopnost je účinnější v lipofilním prostředí. Svým působením významně posiluje obranný mechanismus organismu a brání tak oxidativnímu poškození tkání. Některé epidemiologické studie prokázaly jeho protektivní vliv na nádorová onemocnění, zejména u osob stravujících se dietou s vysokým zastoupením ovoce a zeleniny. Naopak některé studie tento vliv lykopenu vyvrací, protože není zřejmé, jaké látky obsažené v ovoci a zelenině mají tento protektivní charakter. Stejně schéma rozporů platí i pro prevenci rakoviny prostaty u mužů, která se s působením lykopenu často spojuje.¹⁸ V ohledu prevence kardiovaskulárních onemocnění také není zcela jisté, zda hraje hlavní antioxidační roli lykopen, či jde o celý komplex karotenoidů a dalších vitaminů obsažených v ovoci a zelenině.

⁶ Mindell E., Mundisová H, r. 2010, s. 220

¹⁸ Hlúbik P., Opltová L., r. 2004, s. 35-40

Přesto se oficiálně uvádí předpoklad, že strava bohatá na ovoce a zeleninu vede ke snížení výskytu kardiovaskulárních onemocnění, a působení lykopenu samotného nelze oddělit od vlivu ostatních antioxidantů, přestože je laboratorně prokazatelným silným antioxidantem.¹⁸

Pro příjem lykopenu nejsou stanoveny žádné doporučené dávky, ale obecně jen doporučení konzumovat stravu bohatou na karotenoidy. Od typu stravy se odvíjí i koncentrace lykopenu v séru, v rozmezí od 0,05 do 0,9 $\mu\text{mol/l}$ (hladina závisí především na konzumaci rajčat a rajčatových produktů).¹⁸

Výskyt

Lykopen se vyskytuje v omezeném množství potravin, významné hodnoty jsou však obsaženy především v rajčatech, meruňkách, růžových grapefruitech, papáje a vodním melounu. Více než 80% přijatého lykopenu pochází z rajčat a výrobků z nich (protlak, kečup, šťáva).¹⁸ Jeho biologickou účinnost a vstřebatelnost zvyšuje zejména tepelná úprava, homogenizace výrobků z rajčat či minimální množství přidaného tuku.

Jako potravinářské aditivum se lykopen používá pod označením E160d, a používá se jen velmi zřídka. Jeho využití je zde ve smyslu barviva, a ne antioxidantu.

Obsah lykopenu v potravinách¹⁸

<u>Potravina</u>	<u>Hodnota (na 100 g jedlého podílu)</u>
Kečup	9,9 – 13,44 mg
Rajská omáčka	6,2 mg
Rajčatová šťáva	5 – 11,6 mg
Grapefruit růžový, čerstvý	3,36 mg
Meloun vodní, čerstvý	2,3 – 7,2 mg
Rajčata, čerstvá	0,88 - 4,2 mg
Meruňky, sušené	0,86 mg
Meruňky, čerstvé	0,01 mg

¹⁵ Zdravá výživa a nápoje – bez konzervantů, [online], databáze přídatných látek vyhledávání podle názvu, cit. 25.2. 2014

¹⁸ Hlúbik P., Opltová L., r. 2004, s. 35-40

3.1.6 Selen

Selen je nejvýznamnějším esenciálním stopovým prvkem s antioxidačním působením, vyskytuje se však poměrně vzácně. Byl objeven jako chemický prvek roku 1870 švédským chemikem J. J. Berzeliem, jeho význam ve výživě se však zkoumá až v posledních desetiletích, kdy je jeho příjem stravou výrazně snížený.

Význam a doporučené dávky

V organismu tvoří selen přirozenou součást některých proteinů, tzv. selenoproteiny. Mezi významné selenoproteiny řadíme glutathionperoxidázu (zkr. GPx, antioxidační enzym tělu vlastní), dejodinázy (enzymy pro syntézu tyreoidálních hormonů), bílkoviny, které se účastní reprodukce DNA²¹ a bílkoviny podstatné pro imunitu (prostaglandiny).¹ Je tedy zřejmé, že příjem selenu je pro život člověka nezbytný, pozor však, jeho působení v organismu kolísá na hranici nezbytnosti a toxicity (vyšší dávky selenu jsou pro člověka velmi toxické).

Selen-dependentní glutathionperoxidáza je jednou z nejdůležitějších částí buněčného antioxidačního systému, je nenahraditelná především na fosfolipidových membránách buněk, kde inaktivuje lipidové peroxidy a udržuje tak integritu buňky a pomáhá tím chránit buňku před bakteriemi a viry. Další podobně fungující peroxidázy jsou obsaženy v krvi, v cytosolu i v gastrointestinálním traktu^{1,22} a podporují tak imunitu organismu.

Antioxidační vlastnosti selenu jsou zkoumány především z hlediska preventivního působení na nádorová a kardiovaskulární onemocnění. Pozitivní vliv selenoproteinů na vznik a rozvoj nádorového bujení vychází z předpokladů, že opravdu existuje mechanismus antioxidačního působení selenu, ale zatím nebyl zcela prokázán vliv potravin selen obsahujících na snížení výskytu nádorových onemocnění, s výjimkou rakoviny prostaty. Vznik rakoviny prostaty je regulován testosteronem, na jehož tvorbě se prokazatelně podílí selenoproteiny.

¹ Štípek S. a kolektiv, r. 2000, s. 56-57, 284-285

²¹ VUPP, EUFIC Food Today 62/2008, [online], cit. 26.3.2014

²² Kvíčala J., Diabetologie, metabolismus, endokrinologie, výživa 1/2009, [online], cit. 26.3.2014

Podobně je tomu u studií kardiovaskulárních onemocnění, jejichž výskyt a rozvoj není dle studií jednoznačně snižován příjmem selenu.²¹ Naopak podávání selenových preparátů prokazatelně dle studií snižuje riziko nádoru plic, celkově zlepšuje septické stavy a má příznivý vliv na akutní pankreatitidy. Podávání kombinovaného preparátu (selenu, tokoferol, beta-karoten) v Číně vedlo k poklesu úmrtí na nádorová onemocnění až o 13%.¹

Dalším pozitivním působením selenu v organismu je podíl na detoxikaci těžkých kovů (organické i anorganické) způsobem tvorby komplexu s těžkým kovem a následně depozici do jater či ledvin. K protektivnímu vlivu patří bezpochyby také snižování karcinogenity některých přirozených i umělých karcinogenů a to změnou či urychlením jejich metabolismu.²²

Doporučené denní dávky pro příjem selenu nejsou přesně stanoveny, doporučení DACH a Společnosti pro výživu odhadují potřebu dospělého člověka na 30-70 µg/den.¹⁴ WHO doporučuje s ohledem na světové diety dávku 30 µg pro ženy a 40 µg/den pro muže, přesto by bylo dle některých odborníků západní Evropy ideální přijímat 60-80 µg/den (pro dospělého člověka).²² Aktuální příjem dospělého člověka v ČR je průměrně 30 µg u žen a 40 µg u mužů,²¹ což odpovídá aktuálním doporučením WHO, zatímco před 40 lety to byl v ČR příjem 60 - 70 µg. Tento rapidní pokles je zřejmě způsoben nynější preferencí obilnin (hlavně používané pšenice) vypěstovaných v Evropě, oproti importu z Ameriky a Kanady, kde je selen zastoupen v půdě mnohem více, a je tak akumulován do pěstovaných rostlin (v pšenici až 50 krát více). Přestože je příjem selenu obecně v Evropě snížený, neprojevují se obecné známky jeho deficiencie a navíc i při tomto sníženém příjmu stále zůstávají plně zachovány ochranné funkce selenu.²¹ Další podstatné snížení příjmu potravou by mohlo již vést k typickým projevům nedostatku, obecně k nedostatku selenoproteinů a tím oslabení imunity, snížení ochrany proti zánětům a některým nemocem (rakovina, srdeční choroby).²¹

¹ Štípek S. a kolektiv, r. 2000, s. 284-285

¹⁴ Referenční hodnoty pro příjem živin (DACH), r. 2011, s. 155-156

²¹ VUPP, EUFIC Food Today 62/2008, [online], cit. 26.3.2014

²² Kvíčala J., Diabetologie, metabolismus, endokrinologie, výživa 1/2009, [online], cit. 26.3.2014

Projevy dlouhodobé deficiencie selenu se projevují jako kardiomyopatie, tato nemoc se nazývá Keshan, dle čínské provincie, kde byla s endemickým výskytem popsána.^{1,22} Také v Číně byly popsány projevy další nemoci z deficiencie selenu, tzv. Keshin nemoc, která se projevuje jako osteoarthropatie. Z běžné stravy není takový deficit selenu možný, ale endemicky se může vyskytovat u jedinců dlouhodobě živených parenterální výživou bez přídatku selenu či u fenylketonuriků (neproteinová dieta).²²

Horní hranice pro bezpečný příjem selenu je 400 µg/den pro dospělé, jedince,²¹ 60 µg/den pro malé děti.²¹ Dlouhodobé překračování této hranice může působit vypadávání vlasů, poškození nehtů a pokožky, a vyšší dávky i neurologické potíže (třes, necitlivost). Zvýšený příjem potravou je však velmi ojedinělý. Možná toxikóza (selonóza) se projevuje také změnami vlasů, nehtů a kůže (slabší pigmentace) a následně gastrointestinálními obtížemi a silnými neurologickými potížemi, může vést až ke smrti.²¹

Výskyt

Jak již bylo zmíněno, selen je ve formě organických a anorganických sloučenin (selenát, selenocystein, selenomethionin) akumulován v zemské půdě, odtud přechází do rostlin a živočichů, které jsou našimi potravními zdroji. Obsah v rostlinách a živočiších se tedy vždy odvíjí od geografického místa původu. Oblasti typicky bohaté na selen v půdě jsou Amerika, Kanada a některé oblasti Číny, a zde vypěstované obilniny, zelenina a sklizené ořechy jsou tak obzvláště bohaté na obsah selenu. Naopak oblast Evropy obsahuje v půdě minimum selenu. Pro lepší zásobení obyvatel selenem byly prováděny projektové pokusy, kdy se plodiny pěstované v Evropě (Finsko, ČR) obohacovaly prostřednictvím hnojiva o selen, ale obecně se tato praxe neujala, protože nebylo zřejmé, zda nedochází u některých obyvatel k předávkování selenem (a možné toxikóze).^{21,22}

Ideálními zdroji selenu jsou mimo rostliny pěstované ve jmenovaných oblastech světa, také maso, vnitřnosti (játra, ledviny), mořské plody a ryby.²¹

¹ Štípek S. a kolektiv, r. 2000, s. 284-285

²¹ VUPP, EUFIC Food Today 62/2008, [online], cit. 26.3.2014

²² Kvičala J., Diabetologie, metabolismus, endokrinologie, výživa 1/2009, [online], cit. 26.3.2014

3.1.7 Zinek

Zinek řadíme mezi antioxidačně působící stopové prvky pro vývoj člověka nepostradatelné. V lidském organismu je obsažen ve více než 100 enzymech a jeho přítomnost má vliv na dalších 100 různých sloučenin,²³ přesto je v organismu zastoupen jen ve velmi malém množství (asi 2g).

Význam a doporučené dávky

Zinek je v organismu nutný k zajišťování základních funkcí jako trávení, růst, reprodukce, a mnoho dalších. Z enzymatických funkcí, které podporuje, jmenujme ty nejvýznamnější – uchovávání inzulínu, tvorba některých hormonů.

Je přítomný v každé buňce a podílí se na syntéze DNA, tím podporuje tvorbu nových tkání, zajišťuje růst a vývoj dětí, správný vývoj i funkci pohlavních orgánů. Předmětem zájmu epidemiologických studií je aktuálně jeho vliv na hojení ran a činnost v boji proti infekcím.

Přítomnost zinku při tvorbě T-lymfocytů mu přikládá významnost v boji proti infekcím. Některé rozsáhlé studie potvrzují podáváním zinku zkrácení délky trvání infekce u dětí, jiné studie naopak jeho léčivé účinky vyvracejí.²³ Prokazatelně však pomáhá suplementace zinkem při léčbě kožních problémů, avšak jen u osob, které měli původně hladinu zinku sniženou. Účinek mastí a gelů s přídavkem zinku je zde proto vhodnější než zvýšený příjem potravin bohatých na zinek.²³

Významné antioxidační vlastnosti zinku jsou přeneseny především do enzymu superoxiddismutázy 1 (SOD1), kde je obsažen. SOD1 je základním buněčným antioxidačním enzymem, které si tělo vytváří pro ochranu buněk. Je složena ze dvou podjednotek, přičemž každá obsahuje jeden atom zinku a mědi.¹

Praktický důsledek antioxidačního působení zinku je především zvýšená odolnost organismu proti infekcím (buněčná imunita), která se výrazně snižuje při nedostatku zinku.¹ Deficit zinku se vyskytuje velmi zřídka, projevuje se zpomalením růstu u dětí, impotencí či poškozením kůže.

¹ Štípek S. a kolektiv, r. 2000, s. 55, 284

²³ VUPP, EUFIC Food Today 61/2008, [online], cit. 26.3.2014

Optimální příjem zinku je získáván u obyvatel Evropy pestrou a vyváženou stravou. Doporučená dávka není přesně stanovena, ale optimální příjem je 7 mg/den pro ženy a 10 mg/den pro muže. Těhotné ženy by měli příjem navýšit asi o 3 mg/den pro správný růst a vývoj plodu.¹⁴

Zvýšený příjem zinku (nad 200 mg) může být naopak velmi toxický, nelze ho však způsobit běžnou stravou. Toxicita způsobuje v první řadě zvracení a různorodé obtíže, a navíc snižuje absorpci mědi a železa (mají stejný mechanismus vstřebávání ze střeva do krve, a přebytek jednoho z těchto prvků brání vstřebávání dalších).^{6,23}

Výskyt

Jedním z nejbohatších zdrojů zinku je červené maso, avšak fytáty obsažené v rostlinných zdrojích snižují výrazně jeho resorpci. Tento fakt je nutné zohlednit především ve vegetariánské stravě, a dbát na příjem potravin jako mléko, mléčné výrobky, vejce, luštěniny a ořechy, které jsou také relativně bohaté na obsah zinku.²³

Obsah zinku v potravinách^{16,23}

<u>Potravina</u>	<u>Hodnota (na 100 g jedlého podílu)</u>
Hovězí plec libová, pečená	9 mg
Vepřová plec libová, pečená	5,72 mg
Vepřová krkovice, pečená	4,85 mg
Sýr Eidam, 30% t.v s.	3,45 mg
Sardinky	3 mg
Čočka, vařená	1,2 mg
Vejce slepičí, celé	1,1 mg
Mléko	0,75 mg
Rohlík bílý	0,7 mg
Rýže loupaná, dušená	0,62 mg

⁶ Mindell E., Mundisová H, r. 2010, s. 146-148

¹⁴ Referenční hodnoty pro příjem živin (DACH), r. 2011, s. 151

¹⁶ Centrum pro databázi složení potravin, verze 4.13, [online], cit. 5.3.2014

²³ VUPP, EUFIC Food Today 61/2008, [online], cit. 26.3.2014

3.1.8 Měď

Také měď patří do skupiny stopových prvků, které mají antioxidační vlastnosti. V organismu je součástí mnoha enzymů a plní tak různorodé funkce.

Význam a doporučené dávky

Měď je v organismu nutná pro vznik a správné působení buněčného enzymu superoxiddismutázy 1 (SOD1), kde je společně se zinkem obsažena. Zde je její význam v přenosu elektronu z jedné molekuly superoxidu na druhou. SOD1 působí v buňkách antioxidačně v cytosolu a v mezimembránovém prostoru mitochondrií.¹

Prakticky je přítomnost mědi potřebná pro správnou křetvorbu, kde podporuje vazbu železa na krevní barvivo hemoglobin, dále umožňuje využití aminokyseliny tyrozinu pro syntézu pigmentu vlasů a kůže,⁶ podporuje integritu kostní a pojivové tkáně a tvorbu některých neurotransmiterů.¹

Doporučená denní dávka není přesně stanovena, doporučuje se příjem optimálně 1 – 1,5 mg/den pro dospělé.¹⁴ Vyšší dávky působí v organismu prooxidačně, vysoké dávky pozřené najednou (cca 250 mg) působí toxicky a způsobují inhibice enzymů a vážné zdravotní problémy. Při požití množství více než 2 g najednou může nastat smrt organismu z důvodu akutní otravy.⁶

Naopak deficit mědi se projevuje anémií, leukopenií, otoky, defekty kostí a pojiva, eventuálně vzniklou revmatickou artritidou. K deficitu běžně nedochází.¹

Výskyt

Potravinové zdroje obsahující měď ve vyšším množství jsou především rostlinného původu. Jedná se zejména o luštěniny, celozrnné obilniny, ořechy, některé druhy ovoce (švestky), kakao a houby. Z živočišných potravin jsou dobrými zdroji maso, játra, vejce a mořské plody.^{6,16}

Jako potravinová aditiva se antioxidační stopové prvky nepoužívají.

¹ Štípek S. a kolektiv, r. 2000, s. 55, 284

⁶ Mindell E., Mundisová H, r. 2010, s. 125-126

¹⁴ Referenční hodnoty pro příjem živin (DACH), r. 2011, s. 160

¹⁶ Centrum pro databázi složení potravin, verze 4.13, [online], cit. 5.3.2014

3.1.9 Flavonoidy

Flavonoidy neboli polyfenoly jsou širokou skupinou přírodních látek, vyskytující se jako sekundární metabolity, ochranné látky a barviva rostlin. Jejich pozitivní význam ve výživě člověka je objasňován až v posledních letech. Významnými zástupci této skupiny jsou katechiny, isoflavonoidy, flavony, flavanony, anthokyanidiny a leukoanthokyanidiny. Celkem je známo přes 8000 podobných substancí, zhruba 4000 z nich se běžně vyskytují v potravinách.

Struktura a vlastnosti

Chemická struktura flavonoidů je odvozena od 2-fenylchromonu (proto název polyfenoly). Biologicky aktivní flavonoidy (nazývané též bioflavonoidy) jsou schopné svojí strukturou vázat přechodné kovy, ovlivňovat některé enzymy, inhibovat některé oxidativní enzymy, a jejich výhodou je působení v lipofilním i hydrofilním prostředí. Avšak mechanismus vstřebávání a metabolismus flavonoidů nejsou dosud přesně popsány a objasněny.¹

Význam a doporučené dávky

V lidské výživě zastávají roli antioxidantů - jsou vhodné pro jednoelektronové oxidoredukce. Jejich účinky jsou protizánětlivé, antikarcinogenní, mají vliv i na signální systém buněk¹ a zpomalují stárnutí a degenerativní procesy buněk.²⁴

Flavonoidy se vyskytují v potravě ve směsích v různém zastoupení a složení, a navíc je vždy nutné zohlednit další přidružené antioxidanty ve sledovaných potravinách či preparátech. Některé komplexní studie prokazují, že vzestup antioxidační kapacity plazmy po konzumaci flavonoidů je způsoben spíše jinými přijatými antioxidanty a podpořen vlivem antioxidačního postprandiálního efektu sacharidů. Přesto lze říci, že flavonoidy nejsou zatím příliš probádané, ale v míře přijímané ze stravy nejsou nijak toxické, naopak jsou zdraví prospěšné.¹

Experimentální epidemiologické studie se zabývají zpravidla jedním flavonoidem či malou skupinou z konkrétního potravinového zdroje.

¹ Štípek S. a kolektiv, r. 2000, s. 66-67, 292

²⁴ VUPP, EUFIC Food Today 54/2006, [online], cit. 28.3.2014

Např. studie o vlivu flavonoidů obsažených v kakau ukazují velmi příznivé výsledky, dle kterých tyto substance brání oxidaci LDL cholesterolu a tím snižují vznik a rozvoj aterosklerózy, potlačují vznik krevních sraženin, zmírňují zánětlivé reakce cévních stěn, a regulují smršťování malých cév, které by způsobilo vzestup krevního tlaku. Všechny jmenované důsledky antioxidačního a zřejmě i jiného (zatím neznámého) působení flavonoidů (nejen z kakaá) tak potlačují vývoj kardiovaskulárních onemocnění.²⁴

Některé komplexní studie ukazují negativní korelaci mezi příjmem flavonoidů a mortalitou na akutní infarkt myokardu, jiné prokazují zlepšení mikrocirkulace u chronické žilní insuficience,¹ což potvrzuje výše uvedenou studii.

Existuje pojem tzv. francouzský paradox,¹ pojem často používaný, ale jen málokdo ví, že za ním stojí zřejmě flavonoidy. Jedná se o dlouhodobou paradoxní situaci, kdy časté pití červeného vína ve Francii snižuje mortalitu na kardiovaskulární onemocnění, přestože alkohol ve vyšší míře působí naopak, a opačně působí také vyšší příjem živočišných tuků ve stravě Francouzů (více sýra, másla, vepřového masa). Situace se vysvětluje velmi vysokým obsahem flavonoidů resveratrolu a quercetinu v červeném víně a jejich silným antisklerotickým působením. Laboratorními studiemi se prokázala vysoká antioxidační účinnost červených vín, ale tato hodnota velmi závisí na druhu vína, vinařské oblasti a zřejmě i ročníku dané sklizně.¹

Přes tyto viditelné důsledky existují laboratorní průkazy, že vysoký příjem flavonoidů stravou a nápoji nezajišťuje jejich vysokou hladinu v krevní plazmě, naopak hladina je stále mikromolární. Jejich vstřebávání a metabolismus je ovlivněn mnoha faktory, především jejich nízkou absorpcí ve střevě oproti ostatním antioxidantům, a navíc tím, že zasahují do metabolismu xenobiotik (přes interakci s cytochromem P450) a pomáhají některá xenobiotika odbourávat, je organismus rozpoznává a považuje je za cizorodé a potenciálně toxické sloučeniny. Z tohoto důvodu je lidský organismus rychleji metabolizuje a snižuje jejich schopnosti včetně antioxidační.¹

¹ Štípek S. a kolektiv, r. 2000, s. 66-67, 292

²⁴ VUUP, EUFIC Food Today 54/2006, [online], cit. 28.3.2014

Pozitivní vlastností flavonoidů je již zmíněný antikarcinogenní účinek, který není zřejmě způsoben jejich antioxidační aktivitou, ale naopak možnými prooxidačními vlastnostmi, kdy dochází k apoptóze buňky vlivem vzniku volných kyslíkových radikálů tvořených fenoxylými sloučeninami. Schopnost tvořit volné kyslíkové radikály v přítomnosti přechodných kovů je zde laboratorně prokázána.¹

Z výše uvedeného již vyplývá, že doporučené dávky pro tyto substance nejsou stanoveny, a za ideální příjem flavonoidů stravou se považuje příjem těchto látek ve vyvážené pestré stravě s dostatkem ovoce a zeleniny.

Výskyt

Existuje mnoho jednotlivých druhů flavonoidů, které jsou typické pro určité potraviny, např. kapsaicin v pálivé paprice, epikatechin v čaji, rutin v citrusových plodech a v pohance. Z převážné většiny se flavonoidy vyskytují ve směsích ve všech rostlinách, ovoci a zelenině, nejvíce v citrusových plodech, jablkách, hruškách, borůvkách, grapefruitech, ostružinách, rajčatech, olivách, brokolici, cibuli, v luštěninách a již ve zmíněném kakau, čaji a červeném víně. Využívány jsou taktéž výtažky z rostlin Ginko biloba a Ostropestřce mariánského, které obsahují mimo jiné pozitivně působící látky také směsi flavonoidů.⁶

Využití v podobě potravinářských aditiv nalézáme v některých flavonoidech jako v barvivech, nikoliv antioxidantech. Pod E-číslem E163 se používají flavonoidy anthokyany, které se přirozeně vyskytují jako tmavé barvivo borůvek, brusinek či hroznového vína. Při výrobě potravin se používají nejčastěji do kyselých potravin, nealkoholických i alkoholických nápojů a zmrzlin.¹⁵

¹ Štípek S. a kolektiv, r. 2000, s. 66-67, 292

⁶ Mindell E., Mundisová H, r. 2010, s. 222-224

¹⁵ Zdravá výživa a nápoje – bez konzervantů, [online], databáze přídatných látek vyhledávání podle názvu, cit. 28.3. 2014

3.2 Syntetické antioxidanty v potravinách

Při výrobě potravin lze používat jen předem schválné syntetické antioxidanty (zařazené na seznam povolených aditiv), a to vždy jen do příslušných povolených potravin či skupin potravin, povoleným způsobem a vždy v omezeném množství (jsou stanoveny limitní hodnoty).^{8,10} Vše podléhá legislativě EU. Mezi nejpoužívanější syntetická aditiva působící antioxidantně patří – galáty, butylhydroxyanizol, butylhydroxytoluen, rozmarýnové extrakty a deriváty vitamínu C. Jako syntetické antioxidanty lze taktéž při výrobě potravin použít i přídatné látky s kódem E304 (estery mastných kyselin askorbové kyseliny) a E306 až E309 (tokoferoly),¹¹ a to jen v nezbytně nutném množství, platí zde tzv. zásada quantum satis (pokud není stanoveno nejvyšší přípustné množství konkrétní číselnou hodnotou, lze používat látku jen v nezbytně nutném množství).^{10,11}

3.2.1 Galáty

Při výrobě potravin je možné v EU využívat tři typy galátů – propylgalát (E310), oktylgalát (E311), dodecylgalát (E312).¹¹ Jedná se o krystalické látky, nahořklé chuti, bez zápachu. Vyrábí se esterifikací příslušného alkoholu a kyseliny gallové, která se primárně získává ze skořápek lískových ořechů.²⁵

Galáty se využívají se pro své antioxidantní vlastnosti při výrobě průmyslově připravovaných hotových pokrmů, tuků a olejů, kde vždy brání oxidaci lipidů a zabraňují tak jejich žluknutí.^{11,15} Využívají se zároveň jako konzervační látky, protože působí proti plísním a bakteriím.²⁵

⁸ Nařízení (ES) č. 1333/2008, ze dne 16.12.2008

¹⁰ SZPI [online], Chemické látky v potravinách – Přídatné látky, ze dne 23.12.2011, cit. 5.3.2014

¹¹ Vyhláška MZ ČR č. 4/2008 Sb., ze dne 3.1.2008

¹⁵ Zdravá výživa a nápoje – bez konzervantů, [online], databáze přídatných látek vyhledávání podle názvu, cit. 28.3.2014

²⁵ Zdravá potravina, [online], databáze přídatných látek, cit. 28.3.2014

Toto uplatnění nacházejí především jako přídavky do obalových materiálů (mohou z obalů pronikat i do potraviny uvnitř obalu) bramborových lupínek, cereálních snídaňových směsí, masných výrobků a dalších potravin.²⁵

Nalézt je můžeme z technologických důvodů i v ochucených nápojích, bonbónech či zmrzlinách. E311 a E312 se z důvodu lepší rozpustnosti v tučích využívají častěji, navíc do instantních polévek a omáček, kořenících směsí, pečiva, kávy do automatů, žvýkaček, nugátů či marcipánů.^{15,25}

Pozor, tyto látky mohou způsobovat nežádoucí účinky, přestože u nich nebyl prokázán karcinogenní ani genotoxický efekt, a jsou tak v EU povoleny k používání. Nejčastěji se nežádoucí účinky projevují ve formě podráždění kůže (ekzémy) či dráždění žaludku.¹⁵ Riziko vzniká zejména u osob trpících astmatem a osob citlivých na aspirin, nebo osob stýkajících se s těmito látkami při výkonu povolání (např. pekaři).²⁵

3.2.2 Butylhydroxyanizol

Butylhydroxyanizol (zkr. BHA) se označuje jako potravinářské aditivum číslem E320. Jeho používání je v EU povoleno, dokonce někdy i podporováno pro své možné protikarcinogenní účinky, které byly prokázány v oblasti jater a ledvin. Naopak při pokusech na zvířatech se ukázaly i lehce prokarcinogenní účinky (v oblasti žaludku), i přesto je E320 zatím stále uváděné v EU jako bezpečné aditivum pro dospělého člověka (v Japonsku a v Kalifornii je zakázané).^{1,25} Použití do výrobků určeným dětem je však v EU zakázané, kvůli možné dětské hyperaktivitě. U citlivých osob může vyvolávat kožní vyrážky.¹⁵

Jedná se o bílou pevnou látku, rozpustnou v tučích, která se vyrábí z vedlejších produktů vznikajících při zpracování ropy. Používá se především pro vysoké zvýraznění chuti výrobku, ve kterém je obsažena. Mimo antioxidantní vlastnosti se využívá také jako konzervant (do samotných potravin i do jejich obalů) a stabilizátor.²⁵

¹ Štípek S. a kolektiv, r. 2000, s. 291

¹⁵ Zdravá výživa a nápoje – bez konzervantů, [online], databáze přídatných látek vyhledávání podle názvu, cit. 28.3. 2014

²⁵ Zdravá potravina, [online], databáze přídatných látek, cit. 28.3.2014

Využití E320 je velmi široké, nejčastěji je obsaženo v margarínech, v tuku na pečení, v pečivu, v masných výrobcích a masných polotovarech, ve sladkostech, žvýkačkách, instantních polévkách, cereálních směsích, nápojích, zmrzlíně, majonéze i v produktech z brambor.^{11,25} Nalézt ho lze i v kosmetických přípravcích, kde nejčastěji může vyvolat nežádoucí účinky ve formě kopřivky.²⁵

3.2.3 Butylhydroxytoluen

Butylhydroxytoluen (zkr. BHT), označen číslem E321, je jedním z nejpoužívanějších antioxidantů v potravinářství. Pro své antioxidační, konzervační, stabilizační a dochucovací vlastnosti se používá často v kombinaci s E320.²⁵ Stejně jako E320 se vyrábí z vedlejších produktů vznikajících při ropném zpracování, má podobné fyzikální vlastnosti a taktéž dle některých studií je zvířecím karcinogenem.²⁵ V EU je přesto povoleným aditivem, ale např. ve Spojeném království je jeho používání zakázané.²⁵ Znamé jsou jeho nežádoucí účinky u citlivých jedinců, které se projevují ekzémy na kůži.

V potravinářství se nejčastěji používá jako přísada do tuků, masných výrobků, instantních směsí na polévky a omáčky, či bramborových výrobků.^{11,25}

3.2.4 Deriváty vitamínu C

Do skupiny aditiv nazývané deriváty vitamínu C se řadí soli kyseliny askorbové - askorbát sodný (E301) a askorbát vápenatý (E302). Vyrábí se synteticky, a to přidáním hydroxidu sodného/ uhličitanu vápenatého do kyseliny askorbové. Jsou považovány za plně bezpečné aditivum, bez známých nežádoucích účinků (snad jen osoby mající sklony k močovým kamenům by se jich měly vyvarovat). Není povoleno jejich použití do dětské výživy.²⁵

Používají se jako antioxidanty a zdroje vitamínu C v potravinách i potravinových doplncích.¹⁵ Askorbát sodný můžeme nalézt navíc i v uzených masných výrobcích (šunka, párky, klobásy), kde urychluje proces uzení, brání vzniku karcinogenních látek a udržuje červenou barvu masa.²⁵

¹¹ Vyhláška MZ ČR č. 4/2008 Sb., ze dne 3.1.2008

¹⁵ Zdravá výživa a nápoje – bez konzervantů, [online], databáze přídatných látek vyhledávání podle názvu, cit. 28.3. 2014

²⁵ Zdravá potravina, [online], databáze přídatných látek, cit. 28.3.2014

3.2.5 Estery mastných kyselin s kyselinou askorbovou

Hlavními zástupci skupiny esterů mastných kyselin s kyselinou askorbovou řadíme askorbylpalmitát a askorbylsteárá, oboje vedené pod číslem E304. Výroba probíhá esterifikací kyselin.²⁵

Na rozdíl od kyseliny askorbové se jedná o látky rozpustné v tucích a společně s dalšími antioxidanty zabraňují žluknutí tuků v potravinách, kde jsou obsaženy (uzeniny, oleje, margaríny, bramborové smažené výrobky), brání hnědnutí ovoce na řezu (jablka) či prodlužují trvanlivost zpracovaných ořechů a cereálií (müsly s ořechy, sušenky apod.).¹⁵ Využívají se hojně také do potravinových doplňků. V organismu se metabolicky přeměňují na kyselinu askorbovou a palmitát/ steárá, které jsou přirozenou součástí lidské výživy, a nezpůsobují tak žádné nežádoucí reakce.¹⁵

3.2.6 Rozmarýnové extrakty

Aditivum nazývané jako rozmarýnové extrakty je označeno E-číslem E392. Jedná se o přírodní antioxidační látky získávané převážně z bylin. V EU je jejich použití povolené, Vyhláškou MZ ČR č. 4/2008 Sb. jsou však stanoveny limity pro použití v konkrétních skupinách potravin.^{11,25}

Využití E392 je velmi široké. Používá se jako přídavek do tuků (sádlo, lůj, rybí tuk, rostlinné oleje s výjimkou panenských), do dehydrovaných výrobků, jemného pečiva, do masových, vaječných a bramborových výrobků, žvýkaček, výrobků z ořechů, cereálních snacků, i do výživových doplňků.¹¹

¹¹ Vyhláška MZ ČR č. 4/2008 Sb., ze dne 3.1.2008

¹⁵ Zdravá výživa a nápoje – bez konzervantů, [online], databáze přídatných látek vyhledávání podle názvu, cit. 28.3. 2014

²⁵ Zdravá potravina, [online], databáze přídatných látek, cit. 28.3.2014

4 ZÁVĚR

Shrnutím všech dosavadních poznatků o výskytu přirozených i syntetických antioxidantů v potravinách lze jednoznačně říci, že prakticky není možné antioxidanty běžnou stravou nekonzumovat. Tento fakt je pozitivní vzhledem k žádoucímu efektu mnoha substancí vykazujících antioxidační aktivitu, která umožňuje v organismu likvidaci nadbytečných volných radikálů, a tím udržuje organismus ve zdravé rovnováze. Přesto existují situace, kdy může být toto působení nežádoucí a způsobovat vážné zdravotní problémy, zpravidla jde o nadbytečnou jednostrannou suplementaci některých antioxidantů, kdy účinkem jiných faktorů dochází k jejich zvratu v prooxidační činidla (viz. studie ATBC a CARET).

U všech antioxidantů jsou rozsáhlými studiemi prokázány pozitivní důsledky jejich působení v organismu, nejčastěji se jedná o snižování výskytu a rozvoje kardiovaskulárních onemocnění, některých typů nádorových onemocnění, neurologických a plicních onemocnění. Významný je také vliv některých antioxidantů na celkovou imunitu organismu. Tyto důsledky se využívají jak v prevenci, tak při terapii daných onemocnění.

Optimální příjem antioxidantů potravou zaručuje běžná pestrá racionální strava obsahující dostatek ovoce a zeleniny, přičemž antioxidanty jsou zastoupeny i v dalších rostlinných i živočišných potravinách. Přirozený výskyt a zastoupení antioxidantů v potravinách zaručuje potřebnou míru jejich vstřebatelnosti a využitelnosti v organismu, navíc není zcela reálné předávkování těmito látkami. Příjem jednotlivých antioxidantů či jejich směsí syntetickými výživovými doplňky naopak nezaručuje ideální vstřebatelnost (je snížena) a s neodborným užíváním (bez indikace lékařem) zde hrozí předávkování a za určitých okolností i toxikóza. Přesto 30-40% populace vyspělých zemí pravidelně užívá tyto výživové doplňky bez indikace lékařem. Zřejmým důvodem jsou sklony k „neracionální“ stravě s nedostatkem čerstvého ovoce, zeleniny a cereálních výrobků, a tato populace se snaží o nápravu pomocí výživových doplňků, zatímco vhodnější by byla náprava životního stylu a stravování. Ve vyspělých zemích je reálné a snadné dosáhnout optimálního příjmu antioxidantů (a dalších žádoucích látek) stravou, oproti zemím rozvojovým.

5 SOUHRN

Podstatou všech antioxidačně působících látek je inaktivace a likvidace volných radikálů. Volné radikály vznikají v organismu jako přirozené metabolity, a z fyziologického hlediska jsou potřebné především pro energetický metabolismus, imunitu a buněčnou regulaci. Při nadbytku však způsobují svými silnými prooxidačními vlastnostmi nežádoucí reakce, jejichž součinnost se projevuje jako tzv. oxidační stres a je součástí mnoha onemocnění, nejčastěji kardiovaskulárních, plicních, neurodegenerativních a některých typů nádorového bujení.

Antioxidačně působící substance tvoří v organismu ucelený obranný systém proti nadbytku volných radikálů, což je nutné pro minimalizaci oxidačního poškození buněk, a tím pro zdravou rovnováhu organismu. Systém je tvořen enzymy, které si organismus syntetizuje pro vlastní potřebu (př. superoxidodismutáza, glutathionperoxidáza), endogenními (př. albumin, transferin, feritin) a exogenními antioxidačními látkami. Exogenní antioxidanty jsou přijímané potravou či výživovými doplňky a často se využívají k prevenci či terapii onemocnění spojených s oxidačním stresem. Tato skupina antioxidantů je popsána podrobně ve speciální části práce.

Mezi nejvýznamnější antioxidanty vyskytující se přirozeně v potravinách patří vitaminy (C, E, A), karotenoidy (beta-karoten, lykopen), stopové prvky (selen, zinek, měď) a skupina flavonoidů. Nejčastěji používané syntetické antioxidanty jsou galáty, butylhydroxyanizol, butylhydroxytoluen, deriváty vitamínu C a další. Tato antioxidačně působící aditiva se používají v potravinářském průmyslu za účelem zlepšení kvality a sensorických vlastností potravin. Díky velmi širokému výskytu přirozených i syntetických antioxidantů ve všech komoditách potravin a nápojů lze jednoznačně říci, že konzumace běžné racionální stravy v podmínkách vyspělých zemí světa zaručuje dostatečný příjem antioxidantů pro potřebu organismu.

Tato práce je souhrnným přehledem informací o výskytu antioxidantů v potravinách a jejich působení. Díky speciální části je praktickou doložkou, že antioxidanty se běžně vyskytují v dostupných potravinách, a je tedy reálné jejich pozitivní působení pro lidský organismus v plné míře využívat.

6 SUMMARY

The essence of all antioxidative substances is inactivation and liquidation of free radicals. Free radicals arise in the organism as the natural metabolites, they have an important physiologic role in energetic metabolism, immunity and cellular regulation. The abundance of free radicals nevertheless causes undesirable reactions, because of their forcefull prooxidative character. We call them the oxidative stress, which is a factor of a large number of diseases as cardiovascular, pulmonic, neurodegenerative and some types of neoplastic diseases.

Antioxidative substances form in organism integrated defensive system against the abudance of free radicals. This process is essential for the minimisation oxidative damage of cells, and overall prooxidative-antioxidative equilibrium of a healthy organism. The defensive system is comprised of enzymes, which are synthesized by organism itself (e.g. superoxide dismutase, glutathionperoxidase), endogenous substances (e.g. albumen, transferin, ferritin) and exogenous substances. Exogenous substances are present in food or nutritive supplements that reverse the damage of and help prevent and therapy oxidative-stress diseases.

This category of antioxidants is described in the special part of this thesis.

The most important exogenous antioxidants naturally occurred in food vitamins (C, E, A), carotenoids (beta-carotene, lycopene), essential trace elements (selenium, zinc, cooper) and flavonoids. The most frequently used synthetic antioxidants are galaths, butylhydroxyanisol, butylhydroxytoluene, ascorbic acid derivatives and others. These antioxidative additives are used in the food industry to improve the food quality and sensory texture.

Due to the high quantity of all types all of antioxidants in all commodities of food and drinks consumed in developed countries, it is deemed that the level of antioxidant intake is sufficient for the organism's needs.

This thesis is a summary survey about antioxidant resources and about their function in organism. The special part of this thesis is the point out that antioxidants are common in food-stuffs and it is a real utilization their positive functions for human organism.

7 SEZNAM ZKRATEK

ATBC	Alpha-Tokopherol Beta-Carotene Cancer Prevention Study
ATE	Adekvátní tokoferolový ekvivalent
BHA	Butylhydroxyanizol
BHT	Butylhydroxytoluen
CARET	Beta-Carotene and Retinol Efficacy Trial
GPX	Glutathionperoxidáza
MONICA	Monitoring trends and determinants of cardiovascular disease
RE	Retinolový ekvivalent
RON	Reactive nitrogen species
RONs	Reactive nitrogen and oxygen species
ROS	Reactive oxygen species
SOD 1	Superoxiddismutáza 1
WHO	World Health Organization

8 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- CENTRUM PRO DATABÁZI SLOŽENÍ POTRAVIN** (2013); databáze složení potravin pro ČR, verze 4.13 [online], Ústav zemědělské ekonomiky a informací a Výzkumný ústav potravinářský Praha, dostupné z: <http://www.czfcdb.cz>, [cit. 26.2.2014, 5.3.2014]
- FOŘT P.**; Zdraví a potravní doplňky, Ikar, r. 2005, 400 str., ISBN 80-249-0612-0
- GROFOVÁ Z.**; Nutriční podpora - Praktický rádce pro sestry, Grada Publishing, r. 2007, 248 str., ISBN 978-80-247-1868-2
- HLÚBIK P., OPLTOVÁ L.**; Vitaminy, Grada Publishing, r. 2004, 232 str., ISBN 80-247-0373-4
- JORDÁN V., HEMZALOVÁ M.**; Antioxidanty – zázračné zbraně, JOTA, r.2001, 160 str., ISBN 80-7217-156-9
- KOSTIUK P. a redakce Edukafarmu**; Vitamin C - nové pohledy na terapeutický potenciál, časopis Zdravotnictví a medicína 18/2012, [online], dostupné z: <http://zdravi.e15.cz/clanek/mlada-fronta-zdravotnicke-noviny-zdn/vitamin-c-nove-pohledy-na-terapeuticky-potencial-466292>, [cit. 25.2.2014]
- KVÍČALA J.** (Endokrinologický ústav Praha); Význam selenu, stav a příjem selenu u jednotlivce i populace - způsoby určování, výhody, chyby; časopis Diabetologie, metabolismus, endokrinologie, výživa 1/2009, ročník 12, vydavatelství Tigis, [online], dostupné z: http://www.tigis.cz/images/stories/DMEV/2009/07_kvicala_dmev_1-09.pdf, [cit. 26.3.2014]
- MINDELL E., MUNDISOVÁ H.**; Nová vitaminová bible, Ikar, r. 2010, 576 str., ISBN 978-80-249-1419-0
- NAŘÍZENÍ EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY (ES) č. 1333/2008**; ze dne 16.12.2008
- NATIONAL INSTITUTES OF HEALTH (NIH)**; Office of Dietary Supplements [online], editace dne 5.1.2013, dostupné z: <http://ods.od.nih.gov/factsheets/VitaminA-HealthProfessional/>, [cit. 20.3.2014]
- NATIONAL INSTITUTES OF HEALTH (NIH)**; Office of Dietary Supplements [online], editace dne 5.1.2013, dostupné z: <http://ods.od.nih.gov/factsheets/VitaminC-HealthProfessional/>, [cit. 25.2.2014]

NATIONAL INSTITUTES OF HEALTH (NIH); Office of Dietary Supplements [online], editace dne 5.1.2013, dostupné z:
<http://ods.od.nih.gov/factsheets/VitaminE-HealthProfessional/>, [cit. 5.3.2014]

OMENN G. S. et al.; Risk factors for lung cancer and for intervention effects in CARET, the Beta-Carotene and Retinol Efficacy Trial, Journal of the National Cancer Institute, 88/1996, č. 21, s. 1550-1559

REFERENČNÍ HODNOTY PRO PŘÍJEM ŽIVIN; Společnost pro výživu, Výživaservis s.r.o., r. 2011, str., 192, ISBN 978-80-254-6987-3

RÉBLOVÁ Z. (Ústav analýzy potravin a výživy, VŠCHT Praha); Antioxidanty ve výživě člověka, časopis dTest 9/2012, [online], dostupné z:
<http://www.dtest.cz/clanek-2425/vyznam-antioxidantu-ve-vyzive-cloveka>, [cit. 1.12.2013]

SEDLÁČEK P., LANGMAJEROVÁ J., ZLOCH Z. (Ústav hygieny a preventivní medicíny LF UK, Plzeň); Aktuální poznatky o významu antioxidantů ve výživě, časopis Výživa a potraviny 5/2013, [online], dostupné z:
<http://www.vyzivaspol.cz/clanky-casopis/aktualni-poznatky-o-vyznamu-antioxidantu-ve-vyzive.html>, [cit. 1.12.2013]

STÁTNÍ ZEMĚDĚLSKÁ A POTRAVINÁŘSKÁ INSPEKCE (SZPI); Chemické látky v potravinách - Přídavné látky [online], ze dne 23.12.2011, dostupné z:
<http://www.szpi.gov.cz/docDetail.aspx?docid=1005724&docType=ART&nid=11324>, [cit. 20.2.2014, 5.3.2014]

ŠTÍPEK S. a kolektiv; Antioxidanty a volné radikály ve zdraví a v nemoci, Grada Publishing, r. 2000, 320 str., ISBN 80-7169-704-4

VYHLÁŠKA MINISTERSTVA ZDRAVOTNICTVÍ ČR č. 4/2008 Sb.; ze dne 3.1.2008

VÝZKUMNÝ ÚSTAV POTRAVINÁŘSKÝ PRAHA (VUPP); časopis EUFIC Food Today 44/2004, Potraviny mají rovněž dobře vypadat - proč jsou tak důležité antioxidanty?, [online], dostupné z:
<http://www.vupp.cz/czvupp/aktualit/foodtoday/ftoday44.htm>, [cit. 19.2.2014]

VÝZKUMNÝ ÚSTAV POTRAVINÁŘSKÝ PRAHA (VUPP); časopis EUFIC Food Today 62/2008, Selen ve výživě, [online], dostupné z:

<http://www.vupp.cz/czvupp/aktualit/foodtoday/ftoday62.htm>, [cit. 26.3.2014]

VÝZKUMNÝ ÚSTAV POTRAVINÁŘSKÝ PRAHA (VUPP); časopis EUFIC Food Today 61/2008, Význam zinku ve výživě, [online], dostupné z:

<http://www.vupp.cz/czvupp/aktualit/foodtoday/ftoday61.htm>, [cit. 26.3.2014]

VÝZKUMNÝ ÚSTAV POTRAVINÁŘSKÝ PRAHA (VUPP); časopis EUFIC Food Today 54/2006, Zdravotní účinky flavonoidů kakaa, [online], dostupné z:

<http://www.vupp.cz/czvupp/aktualit/foodtoday/ftoday54.htm>, [cit. 28.3.2014]

ZDRAVÁ POTRAVINA, občanské sdružení; databáze přídatných látek [online], dostupné z: <http://www.emulgatory.cz/seznam-ecek>, [cit. 28.3.2014]

ZDRAVÁ VÝŽIVA A NÁPOJE – BEZ KONZERVANTŮ; databáze přídatných látek [online], vyhledávání podle názvu, dostupné z:

<http://www.bezkonzervantu.cz/ecka-v-potravinach/>, [cit. 25.2.2014, 28.3. 2014]

9 SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č. 1: Přehled ROS a RONS

Zdroj: Štípek S. a kolektiv; Antioxidanty a volné radikály ve zdraví a v nemoci, Grada Publishing, r. 2000, 320 str., ISBN 80-7169-704-4, s. 22

Příloha č. 2: Vliv antioxidační terapie na vybrané nemoci

Zdroj: Štípek S. a kolektiv; Antioxidanty a volné radikály ve zdraví a v nemoci, Grada Publishing, r. 2000, 320 str., ISBN 80-7169-704-4, s. 295

Příloha č. 3: Seznam antioxidantů povolených při výrobě potravin nebo skupin potravin a podmínky jejich použití

Zdroj: Vyhláška Ministerstva Zdravotnictví ČR č. 4/2008 Sb., ze dne 3.1.2008, Příloha č. 7 - Seznam antioxidantů povolených při výrobě potravin nebo skupin potravin a podmínky jejich použití

10 PŘÍLOHY

Příloha č. 1:

Přehled ROS a RONS

Reaktivní formy kyslíku (ROS)

Volné radikály	Látky, které nejsou volnými radikály
Superoxid Hydroxylový radikál Peroxyl Alkoxyl Hydroperoxyl	Peroxid vodíku Kyselina chlorná Ozon Singletový kyslík

Reaktivní formy dusíku (RONS)

Volné radikály	Látky, které nejsou volnými radikály
Oxid dusnatý Oxid dusičitý	Nitrosil Nitroxid Kyselina dusitá Oxid dusitý Oxid dusičitý Nitronium Peroxynitrit Alkylperoxynitrit

Příloha č. 2:**Vliv antioxidační terapie na vybrané nemoci**

Onemocnění	Antioxidant	Úspěšnost
Kardiovaskulární onemocnění	Karotenoidy	+
	Askorbát	+ -
	Tokoferoly	+
	Selen	+ -
	Flavonoidy	+ -
Nádorová onemocnění	Karotenoidy	-
	Tokoferoly	+ -
	Selen	+ -
	Flavonoidy	+ -
Bronchopulmonální dysplazie	Askorbát	+
Intravaskulární hemoragie	Tokoferoly	+
	Askorbát	+
Fotosenzibilizující onemocnění	Karotenoidy	++
Působení UV záření	Karotenoidy	++
Katarakta	Tokoferoly	+
Nachlazení	Askorbát	+ -
Parkinsonismus	Tokoferoly	+ -

Legenda:

- Úspěšnost + možný pozitivní vliv v terapii onemocnění
- Úspěšnost - možný negativní vliv v terapii onemocnění
- Úspěšnost + - není přesně objasněn vliv v terapii onemocnění
- Úspěšnost ++ jednoznačně pozitivní vliv v terapii onemocnění

Příloha č. 3:
Seznam antioxidantů povolených při výrobě potravin nebo skupin potravin a podmínky jejich použití, Příloha č. 7 k Vyhlášce MZ č. 4/2008 Sb.

Číslo E	Antioxidant	Potravina nebo skupina potravin	Nejvyšší povolené množství (mg.kg ⁻¹)
E 310	Propylgalát	tuky a oleje pro výrobu tepelně opracovaných potravin	200* (galáty, TBHQ a BHA jednotlivě nebo v kombinaci)100* (BHA) obojí vyjádřeno na tuk
E 311	Oktylgalát	oleje a tuky na smažení, kromě oleje z olivových výlisků	
E 312	Dodecylgalát	sádlo; rybí tuk; hovězí lůj, drůbeží tuk a skopový lůj	
E 319	Terciární butylhydrochinon (TBHQ)		
E 320	Butylhydroxyanisol (BHA)		
E 321	Butylhydroxytoluen (BHT)	směsi pro přípravu moučníků	200 (galáty, TBHQ a BHA jednotlivě nebo v kombinaci) vyjádřeno na tuk
		snacky na bázi obilovin	
		sušené mléko pro prodejní automaty	
		sušené polévky a vývary	
		omáčky	
		sušené maso	
		zpracovaná ořechová jádra	
		předvažené obiloviny	
		koření a ochucovací přípravky	200 (galáty, a BHA jednotlivě nebo v kombinaci) vyjádřeno na tuk
		sušené brambory	25 (galáty, TBHQ a BHA jednotlivě nebo v kombinaci)
		žvýkačky	400 (galáty, TBHQ a BHA jednotlivě nebo v kombinaci)
		doplňky stravy stanovené vyhláškou č. 225/2008 Sb.	400 (galáty, TBHQ a BHA jednotlivě nebo v kombinaci)
		vonné silice	1000 (galáty, TBHQ, BHT a BHA jednotlivě nebo v kombinaci)
látky určené k aromatizaci jiné než vonné silice	100* (galáty jednotlivě nebo v kombinaci)200 (TBHQ a BHA jednotlivě nebo v kombinaci)		

E 315	Kyselina erythorbová (synonymum: kyselina isoaskorbová)	masné výrobky nasolené či naložené do solící směsi a masné konzervy	500 (jako kyselina erythorbová)
		rybí konzervy a polokonzervy	1500 (jako kyselina erythorbová)
E 316	Erythorban sodný (synonymum: isoaskorbát sodný)	zmrazené a hluboce zmrazené ryby s červenou kůží	1500 (jako kyselina erythorbová)
E 392	Rozmarýnové extrakty	rostlinné oleje (kromě panenských olejů a olivových olejů) a tuky s obsahem polynenasycených mastných kyselin vyšším než 15 % hmotnostních z celkového množství mastných kyselin pro použití v tepelně neošetřených potravinářských výrobcích	30 (jako součet karnosolu a karnosolové kyseliny) vyjádřeno na tuk
		rybí oleje a olej z mořských řas	50 (jako součet karnosolu a karnosolové kyseliny) vyjádřeno na tuk
		hovězí a ovčí lůj, drůbeží a vepřový tuk	50 (jako součet karnosolu a karnosolové kyseliny) vyjádřeno na tuk
		tuky a oleje pro profesionální výrobu tepelně ošetřených potravin	50 (jako součet karnosolu a karnosolové kyseliny) vyjádřeno na tuk
		fritovací oleje a fritovací tuk, kromě olivového oleje a oleje z výlisků oliv	50 (jako součet karnosolu a karnosolové kyseliny) vyjádřeno na tuk
		snacky na bázi obilovin, brambor nebo škrobu	50 (jako součet karnosolu a karnosolové kyseliny) vyjádřeno na tuk
		omáčky	100 (jako součet karnosolu a karnosolové kyseliny) vyjádřeno na tuk
		jemné pečárenské výrobky	200 (jako součet karnosolu a karnosolové kyseliny) vyjádřeno na tuk
		doplňky stravy stanovené vyhláškou č. 225/2008 Sb.	400 (jako součet karnosolu a karnosolové kyseliny)
		sušené brambory	200 (jako součet karnosolu a karnosolové kyseliny)

		vaječné výrobky	200 (jako součet karnosolu a karnosolové kyseliny)
		žvýkačky	200 (jako součet karnosolu a karnosolové kyseliny)
		mléko v prášku pro použití v prodejních automatech	200 (jako součet karnosolu a karnosolové kyseliny) vyjádřeno na tuk
		koření a ochucovadla	200 (jako součet karnosolu a karnosolové kyseliny) vyjádřeno na tuk
		zpracované ořechy	200 (jako součet karnosolu a karnosolové kyseliny) vyjádřeno na tuk
		dehydrované polévky a vývary	50 (jako součet karnosolu a karnosolové kyseliny)
		sušené maso	150 (jako součet karnosolu a karnosolové kyseliny)
		masné a rybí výrobky, kromě sušeného masa a sušených masných výrobků	150 (jako součet karnosolu a karnosolové kyseliny) vyjádřeno na tuk
		sušené masné výrobky	100 (jako součet karnosolu a karnosolové kyseliny)
		potravinářská aromata	1000 (jako součet karnosolu a karnosolové kyseliny)
		sušené mléko pro výrobu zmrzliny	30 (jako součet karnosolu a karnosolové kyseliny)
E 586	4-hexylresorcinol	čerství, zmrazení a hluboko zmrazení korýši	2 zbytkové množství v mase korýšů

Poznámka:

Pokud jsou galáty, TBHQ, BHA a BHT použity v kombinaci, musí být jejich jednotlivá množství úměrně snížena tak, aby jejich celkové množství nepřekročilo nejvyšší povolené množství.