

UNIVERZITA KARLOVA
3. LÉKAŘSKÁ FAKULTA

Ústav biochemie, buněčné a molekulární biologie 3. LF UK



Tereza Havlíková

**Důležitost vitamínu C ve výživě a jeho vliv na
prevenci vzniku nádorových onemocnění**

*The importance of vitamin C in nutrition and its effect
on cancer prevention*

Bakalářská práce

Praha, 2024

Autor práce: Tereza Havlíková

Studijní program: Nutriční terapie

Bakalářský studijní obor: Nutriční terapie

Vedoucí práce: **Ing. Stanislava Martínková, Ph.D.**

Pracoviště vedoucího práce: **Ústav biochemie, buněčné
a molekulární biologie 3. LF UK**

Předpokládaný termín obhajoby: červen 2024

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.

Souhlasím s trvalým uložením elektronické verze mé práce v databázi systému meziuniverzitního projektu Theses.cz za účelem soustavné kontroly podobnosti kvalifikačních prací. Potvrzuji, že tištěná i elektronická verze v Studijním informačním systému UK je totožná.

V Praze dne 27. května 2024

Tereza Havlíková

Poděkování

Zde bych ráda poděkovala své vedoucí práce Ing. Stanislavě Martínkové, PhD. za její ochotu, pečlivost, trpělivost, odborné rady a její lidský a profesionální přístup. Děkuji také své rodině a blízkým za podporu při studiu i psaní této práce.

OBSAH

ÚVOD.....	8
1 VITAMINY.....	9
1.1 VITAMINY ROZPUSTNÉ V TUCÍCH.....	9
1.1.1 Vitamin A.....	9
1.1.2 Vitamin D.....	10
1.1.3 Vitamin E.....	11
1.1.4 Vitamin K.....	12
1.2 VITAMINY ROZPUSTNÉ VE VODĚ.....	12
1.2.1 Vitaminy skupiny B.....	13
2 VITAMIN C.....	15
2.1 HISTORIE.....	15
2.2 CHEMICKÉ VLASTNOSTI.....	16
2.3 ABSORPCE A TRANSPORT.....	17
2.4 VYLUČOVÁNÍ Z TĚLA.....	18
2.5 FUNKCE.....	18
2.6 POHLED NA VITAMIN C Z NUTRIČNÍHO HLEDISKA.....	19
2.6.1 Denní doporučené dávky.....	19
2.6.2 Hypervitaminóza.....	20
2.6.3 Hypovitaminóza.....	20
2.7 ZDROJE VITAMINU C.....	20
2.7.1 Acerola.....	20
2.7.2 Citrusy.....	21
2.7.3 Rakytník.....	21
2.7.4 Šípek.....	21
2.7.5 Červená paprika.....	21
2.7.6 Listová zelenina.....	22
2.8 FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ OBSAH VITAMINU C VE STRAVĚ.....	22
2.8.1 Světlo.....	22
2.8.2 Skladování.....	22

2.8.3	Zpracování a technologické úpravy.....	23
3	VITAMIN C A NÁDOROVÁ ONEMOCNĚNÍ	24
3.1	VÝSKYT ZHOUBNÝCH NÁDORŮ V ČR	24
3.2	NÁDOROVÁ ONEMOCNĚNÍ.....	25
3.2.1	Nádorová buňka.....	25
3.2.2	Vliv stravy na rozvoj nádorových onemocnění.....	26
3.3	VITAMIN C A JEHO ROLE V PREVENCI VZNIKU NÁDOROVÝCH ONEMOCNĚNÍ	27
3.3.1	Vliv vitamínu C na oxidační stres	28
3.3.2	Vliv vitamínu C na imunitu	28
3.3.3	Vitamin C a 2-oxoglutarát-dependentní dioxygenázy (2ODDs).....	29
3.3.3.1	Prokolagen prolyl 4-hydroxylázy (P4HAs).....	30
3.3.3.2	Prokolagen-lysin a 2-oxoglutarát 5-dioxygenázy (PLODs)	30
3.3.3.3	HIF-prolyl hydroxylázy (HIF-PHDs).....	30
3.3.3.4	Ten-eleven translokační proteiny (TETs).....	31
3.3.3.5	Jumonji-C doména obsahující histonové demethylázy (JHDMs) .	31
3.3.3.6	Proteiny alkylace B (AlkB)	32
3.4	VITAMIN C A JEHO ROLE V LÉČBĚ NÁDOROVÝCH ONEMOCNĚNÍ	32
3.4.1	Účinky vitamínu C na nádorovou buňku.....	33
3.4.2	Vliv vitamínu C na protinádorovou imunitu	33
3.4.3	Účinky vitamínu C s protinádorovou léčbou.....	34
3.4.4	Intravenózní podávání vysokých dávek vitamínu C.....	35
3.4.5	Studie a historie výzkumu	35
4	PRAKTICKÁ ČÁST	37
4.1	CÍL PRÁCE	37
4.2	VÝZKUMNÉ OTÁZKY	37
4.3	METODIKA.....	37
4.4	CHARAKTERISTIKA SOUBORU	38
4.5	VÝSLEDKY A DISKUZE.....	40
4.5.1	Odpovědi na výzkumné otázky	56

ZÁVĚR.....	60
SOUHRN.....	62
SUMMARY	63
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	64
SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK A GRAFŮ.....	84
SEZNAM PŘÍLOH.....	85

ÚVOD

Jednou z nejčastějších nevléčitelných chorob jsou nádorová onemocnění. Na jejich vzniku se také podílí nevhodná životospráva, kam spadá i strava. Tato bakalářská práce se zabývá vitamínem C, jeho významem ve výživě a roli v prevenci vzniku nádorových onemocnění.

Existuje několik faktorů, které podporují vznik nádorových onemocnění. Mezi ně patří např. oslabená imunita, vysoká míra oxidačního stresu a snížená funkce reparačních enzymů v důsledku nedostatku vitamínu C jako kofaktoru. Dostatečný příjem vitamínu C se podle mnoha studií podílí na prevenci vzniku těchto onemocnění. Zmíněné faktory jsou pak v práci podrobněji popsány.

Teoretická část se zaměřuje především na vitamín C a je rozdělena na tři hlavní kapitoly. První kapitola je věnována krátkému představení vitamínů obecně, druhá kapitola se zaměřuje na vitamín C, jeho funkce a úlohu ve stravě, a třetí kapitola popisuje vliv vitamínu C na vznik nádorů a zmiňuje také nejnovější poznatky ze studií spjatých s vitamínem C v prevenci a onkologii.

Praktická část je zpracována formou dotazníkového šetření, které se soustřeďuje na informovanost široké veřejnosti i odborníků o vitamínu C a zkoumá jejich zvyklosti při užívání vitamínu C.

Motivací pro výběr tohoto tématu byl především vzrůstající počet studií, které se zaměřovaly na význam vitamínu C v prevenci vzniku nádorových onemocnění, případně využití vitamínu C jako podpůrné léčby u onkologických onemocnění. Moji pozornost přitáhl také potenciál vitamínu C, o kterém studie hovoří jako o možné budoucí léčbě onkologických onemocnění, která by byla k tělu šetrnější, a zároveň by mohla posilovat účinky léčby běžně volené onkology a snižovat její nežádoucí účinky.

Informace byly čerpány především z online dostupných zahraničních studií a odborných článků, nejčastěji z Web of Science, Solen a Science Direct.

1 VITAMINY

Vitaminy jsou látky organického původu a z hlediska výživy jsou pro lidský organismus esenciální, jelikož si je nedokáže syntetizovat. Jsou důležité pro enzymatické reakce, přičemž mohou sloužit i jako koenzymy, nebo se mohou účastnit samotných metabolických reakcí. Každý vitamin má v organismu svoji specifickou funkci, a určité reakce tak bez daného vitaminu nemohou proběhnout. Jelikož jsou vitaminy esenciální, a tedy ve většině případech musí být přijímány z potravy, mohou v populaci vznikat hypovitaminózy (nedostatečný příjem vitaminu) či hypervitaminózy (nadbytečný příjem vitaminu), což působí zdravotní potíže v lidském organismu v závislosti na daném druhu vitaminu [1].

Vitaminy dělíme na vitaminy rozpustné v tucích a na vitaminy rozpustné ve vodě. Společně s minerálními látkami je řadíme mezi mikronutrienty [1,2].

1.1 VITAMINY ROZPUSTNÉ V TUCÍCH

Mezi vitaminy rozpustné v tucích řadíme vitaminy A, D, E a K. Vstřebávání těchto vitaminů je závislé na přítomnosti tuků. Mohou se ukládat do tukové tkáně nebo do jater, kde vytváří zásoby. Deficit těchto vitaminů se neprojeví hned, protože trvá několik dnů až týdnů, než se všechny zásoby daného vitaminu z těla odbourají. Hypovitaminózy těchto vitaminů ale nejsou příliš časté a ve většině případů vznikají v důsledku některé metabolické poruchy. Jedná se např. o celiakii, hypotyreózu, malabsorpci tuků nebo onemocnění slinivky. Z důvodu pomalého odbourávání vitaminů z organismu hrozí také nebezpečí vzniku hypervitaminóz [1,3–5].

1.1.1 Vitamin A

Vitamin A je důležitý pro zdravý zrak, dále pro správné buněčné dělení, tvorbu slizničního hlenu, vývoj placenty a diferenciaci pohlavních buněk. Zároveň je důležitým antioxidantem [1,3,4].

Ze stravy může být vitamin A přijímán v různých formách. Buď v podobě aktivní formy – retinolu, nebo prekurzoru (provitaminu) – karotenoidů, z nichž je nejvíce biodostupný β -karoten. Mezi nejbohatší zdroje vitaminu A patří vnitřnosti, mléčné výrobky, vaječný žloutek, rybí olej. Dále existuje mnoho rostlinných

zdrojů, které jsou bohaté především na karotenoidy, např. mrkev, červená paprika meruňky [1,4].

Denní doporučená dávka (DDD) vitamínu A se liší dle věku, pohlaví, u žen těhotných a kojících. Používá se jednotka 1 µg RE (retinol equivalent) a platí zde rovnice, že 1 µg retinolu = 6 µg β-karotenu = 12 µg jiných karotenoidů [6]. Dle EFSA (European Food Safety Authority) je DDD u dospělých žen 650 µg RE u dospělých mužů 750 µg RE. U dětí je DDD 250 µg RE (do 3 let), 300 µg RE (4–6 let), 400 µg RE (7–10 let), 600 µg RE (11–13) a od 14 let je DDD stejná, jako u dospělých dle pohlaví. U těhotných žen je DDD 700 µg RE a není doporučeno tuto dávku výrazně překračovat, jelikož vitamin A (neplatí u karotenoidů) má ve vysokých dávkách teratogenní vlastnosti. Kojící ženy mají DDD zvýšenou na 1300 µg [1,6,7].

Hypervitaminóza vitamínem A se může projevovat bolestí hlavy, nechutenstvím, zvracením, únavou, suchou a svědivou kůží a bolestí kloubů [1,3]. Hypovitaminóza vitamínem A se projevuje šeroslepostí, suchou a loupavou kůží, suchou spojivkou, sníženými kognitivními funkcemi. Vznik hypovitaminózy je v dnešní době spojen spíše s metabolickými poruchami než s nedostatečným příjmem ze stravy [1,3].

1.1.2 Vitamin D

Vitamin D je látka hormonální povahy, která je nezbytná pro vstřebávání vápníku a fosforu ze střeva, přispívá ke správnému kostnímu metabolismu, dále je důležitá pro funkci imunitního systému a ovlivňuje i lidskou psychiku [4,8]. Jeho deficit totiž může přispět ke skleslé náladě, k rozvoji deprese a demence [8,9].

Zajímavostí tohoto vitamínu je, že si ho lidské tělo dokáže vytvořit přeměnou cholesterolu a působením UV záření. V některých oblastech je však intenzita UV záření nedostatečná, a člověk tak vitamin D musí přijímat primárně ze stravy. Nejvýznamnější jsou zdroje živočišného původu, které obsahují vitamin D₃ (cholecalciferol; neaktivní forma vitamínu D), např. tresčí játra, tučné ryby, vejce nebo mléčné výrobky. V rostlinných zdrojích se nachází vitamin D₂ (ergocalciferol; neaktivní forma vitamínu D), který je pro lidský organismus hůře vstřebatelný než vitamin D₃, a k jeho významným zdrojům řadíme kvasnice [1,8]. Dalším možným rostlinným zdrojem mohou být houby sušené na slunci. Tímto

tématem se zabývali vědci v Thajsku, kteří prokázali zvýšené množství vitamínu D u osmi druhů hub vystavených UV záření [10].

DDD vitamínu D je 10 µg u dětí do 1 roku a 15 µg u dětí starších 1 roku a dospělých [11].

Hypervitaminóza se může vyskytnout při dlouhodobě nadměrných dávkách perorálně podávaného vitamínu. Z nadměrného slunění totiž hypervitaminóza nevzniká. Mezi příznaky hypervitaminózy patří nauzea, hyperkalcémie, arytmie a křeče. Při vzniku hypovitaminózy hrozí rozvoj křivice u dětí a osteomalacie u dospělých. Novorozencům se profylakticky podává vitamin D pro prevenci vzniku tohoto onemocnění [1,5,12].

1.1.3 Vitamin E

Vitamin E existuje celkem v osmi formách, z nichž je nejúčinnější forma α-tokoferol. Je jedním z nejvýznamnějších antioxidantů a chrání buněčné membrány před poškozením kyslíkovými radikály [3,5]. Je také významný pro spermatogenezi [13].

Hojně se vyskytuje v oříškách, obilninách, olejích a v listové zelenině. Jeho DDD je 5 mg pro kojence, 6 mg pro děti ve věku 1–2 let, 9 mg pro děti ve věku 3–9 let. Od 10. roku věku se DDD liší dle pohlaví, která je u dívek 11 mg a u chlapců 13 mg. Pro dospělé ženy a muže je DDD stejná, jako pro dívky a chlapce starších 10 let [14]. Zvýšené nároky na příjem vitamínu E jsou při laktaci, těhotenství [1,5] a při příjmu velkého množství PUFA (polyneenasycených mastných kyselin), protože vitamin E působí na PUFA jako antioxidant, který zabraňuje v jejich oxidaci [15].

Vitamin E je téměř netoxický a hypervitaminóza se vyskytuje především při suplementaci, kdy člověk přijímá 1000 a více mg vitamínu E. Při překročení této dávky může člověk trpět zhoršenou srážlivostí krve, bolestmi hlavy, poruchou gastrointestinálního traktu (GIT), únavou nebo ztrátou chuti k jídlu [5,13,16]. Hypovitaminóza tohoto vitamínu častá není a vzniká spíše ve spojitosti s metabolickými poruchami, nebo při malabsorpci tuků. Projevuje se anémií, kratší životností erytrocytů, poruchami plodnosti, svalovou slabostí [1,4,5].

1.1.4 Vitamin K

Vitamin K se vyskytuje ve třech základních formách – K₁ (fylochinon), K₂ (menachinon) a K₃ (menadion) [17]. Nejlépe vstřebatelnou formou je K₂, který se spolu s K₁ vyskytuje v přirozené stravě. K₃ je možný získat pouze v podobě suplementu, protože je syntetický. Vitamin K je důležitý pro správnou hemokoagulaci, jelikož se podílí na syntéze srážlivých faktorů, a pro kostní metabolismus, při kterém se zajišťuje správné fungování osteokalcinu, který se pak podílí na ukládání vápníku do kostí [17,18].

Mezi významné zdroje vitamínu K se řadí zelená zelenina, např. špenát, řasy, natto (fermentované sójové boby), vejce, játra, maso a mléko. Je vytvářen také lidskou střevní mikroflórou, která pokryje část denní potřeby vitamínu K [1,5,7,19]. DDD vitamínu K je u kojenců 10 µg a s věkem postupně narůstá až na DDD pro dospělé, která činí 70 µg u dospělých mužů a 60 µg u žen. U kojících a těhotných žen zůstává DDD dle EFSA neměnná. Zvýšenou potřebu mají lidé po 50. roku života, kvůli vyššímu riziku osteoporózy [4,7,20].

Současně není známa horní hranice DDD u vitamínu K. Zároveň strava neobsahuje takové množství vitamínu K, aby se objevily příznaky hypervitaminózy. U podávání syntetického vitamínu K₃ se ale nežádoucí účinky objevit můžou, např. může dojít ke zvýšené tvorbě krevních sraženin a bolestem hlavy [3,16,20,21]. Hypovitaminóza vitamínu K není u dospělé populace příliš častá a vzniká většinou důsledkem malabsorpce nebo některých metabolických poruch. Projevuje se zvýšenou krvácností na sliznicích a v orgánech. Novorozencům se profylakticky podává vitamin K, jelikož mají vyšší riziko vzniku hypovitaminózy [1,2,5,12].

1.2 VITAMINY ROZPUSTNÉ VE VODĚ

Mezi vitaminy rozpustné ve vodě řadíme vitaminy skupiny B a vitamin C. Tyto vitaminy se v lidském organismu neukládají, a proto se jejich deficit projevuje už v řádu několika dnů [3]. Výjimkou je vitamin B₁₂, který se v organismu ukládá v játrech a jeho nedostatečný denní příjem se může projevit i po několika letech [13]. Hypervitaminóza B₁₂ ale nebyla pozorována ani při několikasetnásobném

překročení DDD [13]. Hypervitaminóza ostatních vitaminů skupiny B a C také není častá, jelikož je nadbytečné množství vitaminů vylučováno močí [22].

Tato podkapitola pojednává pouze o vitamínech skupiny B, jelikož vitamínu C je věnována zbylá část práce.

1.2.1 Vitamíny skupiny B

Vitamíny skupiny B slouží hlavně jako kofaktory enzymů. Najdeme je téměř v každé potravíně, jelikož se nachází v obilovinách, luštěninách, kvasnicích, ovoci, zelenině, vejcích, mléku a jiných živočišných produktech [23,24].

Hypervitaminózy nejsou běžné, jelikož vitamíny skupiny B jsou ze stravy přijímány v mikrogramech až miligramech a pro rozvoj hypervitaminózy je potřebný denní příjem vitamínu v řádu gramů a často i po delší dobu. Hypovitaminózy jsou také vzácné, ale může být vyžadován vyšší příjem daného vitamínu např. u alkoholiků (např. B₁, B₂) nebo u uživatelů hormonální antikoncepce (B₂). Potřeba vitamínu je vyšší také u těhotných a kojících žen [24].

Funkce, příznaky hypovitaminózy a hypervitaminózy, DDD a zdroje každého vitamínu skupiny B jsou jiné a jsou podrobněji uvedeny v Tabulce 1 a Tabulce 2 [13,23–25].

Tabulka 1: Funkce a významné zdroje vitaminů skupiny B a jejich DDD pro dospělé.

Zdroj: [13,23–25]

	FUNKCE	VÝZNAMNÉ ZDROJE	DDD (dospělí)
B1 (thiamin)	koenzym energetického metabolismu	kvasnice, obilniny, játra	1,5 mg –2
B2 (riboflavin)	koenzym dýchacího řetězce	listová zelenina, mléčné výrobky	1,6 mg
B3 (niacin)	součástí enzymu NAD v energetickém metabolismu	maso, obiloviny, ryby	15 mg
B5 (kys. pantotenová)	tvorba koenzymu A pro energetický metabolismus, prevence kožních onemocnění	maso, brokolice, obiloviny	5 mg

B6 (pyridoxin)	koenzym metabolismu aminokyselin	maso, celozrnné obiloviny	1,6 mg
B7 (biotin)	kofaktor karboxylačních reakcí, metabolismus sacharidů	kvasnice, mléčné výrobky, žloutek, játra	40 µg
B9 (kys. listová)	koenzym transferáz, syntéza aminokyselin, purinů a pyrimidinů	listová zelenina, játra	0,3 mg
B12 (kobalamin)	buněčné dělení, přeměna homocysteinu na methionin	ryby, mléčné výrobky, ryby, vejce, játra	4 µg

Tabulka 2: Projevy hypovitaminózy a hypervitaminózy u vitaminů skupiny B.

Zdroj: [13,23–25]

	PROJEVY HYPOVITAMINÓZY	PROJEVY HYPERVITAMINÓZY
B1 (thiamin)	nemoc beri-beri	>1000 mg → útlum dechového centra a svalová paralýza
B2 (riboflavin)	prasklé ústní koutky	netoxický
B3 (niacin)	onemocnění pelagra	100-1000 mg a více → zvracení, průjmy
B5 (kys. pantotenová)	GIT potíže, deprese, nespavost	netoxický
B6 (pyridoxin)	slabost, poruchy periferního svalstva, snížená imunita	>1000 mg → poruchy periferních nervů
B7 (biotin)	záněty kůže a dutiny ústní	netoxický
B9 (kys. listová)	porucha DNA a RNA syntézy, anémie a jiné poruchy krve tvorby	netoxický, možná zhoršená vstřebatelnost zinku
B12 (kobalamin)	anémie, periferní neuropatie	netoxický

2 VITAMIN C

Vitamin C neboli kyselina L-askorbová má v lidském organismu mnoho významných funkcí. Je důležitým antioxidantem a zabraňuje oxidačnímu stresu organismu jak svými vlastnostmi, tak i schopností regenerovat tokoferol a glutathion – další významné antioxidanty. Jako kofaktor se účastní mnoha metabolických reakcí, např. syntézy kolagenu, karnitinu, neurotransmiterů a některých druhů hormonů. Je také velice důležitou látkou pro správné vstřebávání železa [1,3,13]. V neposlední řadě stimuluje lidskou imunitu a zlepšuje tak obranyschopnost organismu a má potenciál v léčbě a prevenci onkologických onemocnění [1,13,26].

Některé organismy mají schopnost si vitamin C vyrobit sami z kyseliny glukuronové. Lidské tělo však tuto schopnost nemá a vitamin C je pro člověka esenciální látkou, kterou musí přijímat ze stravy [23]. Nachází se především v ovoci a zelenině. Mezi jeho významné zdroje řadíme červenou papriku, citrusy, šípky a acerolu (indická třešeň) [3,27,28]. Jeho DDD okolo 100 mg [13,29].

2.1 HISTORIE

Vitamin C byl objeven přibližně před sto lety, avšak pro lidstvo je významný mnohem déle. Jeho avitaminóza, způsobující *scorbutus* (kurděje), se podle některých zdrojů [28,30] vyskytovala již roku 1500 př. n. l. a významně tak ovlivňovala lidstvo. Kurděje se ve větším měřítku se objevily ještě ve dvou obdobích – v dobách námořnických plaveb u námořníků a v období bramborového hladomoru v Irsku [28,30,31].

U námořníků byly kurděje časté z toho důvodu, že byli často několik týdnů až měsíců bez rostlinné stravy, která je významným zdrojem vitamínu C. Kurděje pro námořníky v mnoha případech znamenaly smrt [28]. Roku 1747 provedl skotský lékař James Lind jednu z prvních doložených klinických studií, při které zkoumal vliv různých potravin na námořníky trpící kurdějemi. Dospěl ke zjištění, že citrusy dokážou zmírnit příznaky kurdějí [28,30,31].

Později se však kurděje objevily znovu, a to v období velkého bramborového hladomoru v Irsku, který nastal v polovině 19. století. Příčinou hladomoru byla plíseň *Phytophthora infestans*, která po několik let ničila veškerou

úrodu brambor [32,33]. Brambory byly často jediným zdrojem potravy a zároveň i jediným zdrojem vitamínu C Irského obyvatelstva [34]. Mnoho Irů z tohoto důvodu trpělo kurdějemí, které v mnoha případech vedly k úmrtí [30,33].

Roku 1928 maďarský fyziolog Albert Szent-Györgyi izoloval z kůry nadledvin, papriky a pomerančové šťávy látku, kterou pojmenoval jako kyselina hexuronová [28]. Tato látka je v dnešní době známá jako kyselina askorbová či jako vitamin C [31,35]. Následně tuto látku poslal britskému chemikovi, Siru Walterovi Normanu Haworthovi, který ji začal blíže zkoumat. Roku 1932, ve spolupráci s jeho kolegy, odvodil její chemickou strukturu a provedl i její syntézu. Vitamin C je tak prvním vitamínem, který kdy byl nasyntetizován [35].

Roku 1937 byla udělena Nobelova cena Albertu Szent-Györgyiovi za „objevy v oblasti biologických spalovacích procesů se zvláštním zřetelem na vitamin C a katalýzu kyseliny fumarové“ a Siru Walterovi Normanu Haworthovi za „výzkumy sacharidů a vitamínu C“ [28,36,37].

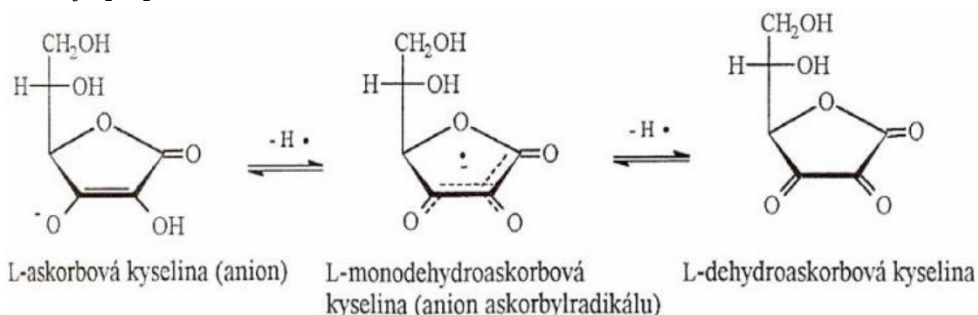
2.2 CHEMICKÉ VLASTNOSTI

Kyselina askorbová (AA) je krystalická látka bílé až nažloutlé barvy. Je rozpustná ve vodě, její molární hmotnost je 176,12 g/mol a z chemického hlediska je známá pro své redukční a antioxidační účinky [38].

AA je tvořena šesti uhlíky a obsahuje dvě hydroxylové skupiny. Vodíky hydroxylových skupin dodávají této látce kyselý charakter a antioxidační účinky

Obrázek 1: Chemické přeměny kyseliny L-askorbové.

Zdroj: [40]



[39]. Hydroxylová skupina může disociovat a vytvářet soli, například soli sodíku a vápníku [40].

Mezi další vlastnosti AA patří také nízký elektronový potenciál radikálového páru askorbát/askorbyl, což z něj dělá velmi silné redukční činidlo. Díky tomu dokáže AA redukovat kovy, např. železo, a umožnit tak jejich resorpci v lidském organismu [40]. Antioxidační vlastnosti jsou využívány také pro regeneraci látek poškozených radikály, např. tokoferol a glutathion [3].

Při redukci se AA oxiduje na kyselinu dehydroaskorbovou. Tato reakce probíhá za vzniku meziprojektu, radikálu AA, který nese název kyselina monodehydroaskorbová. Tyto formy vitamínu C společně tvoří účinný reverzní redoxní systém – viz Obrázek 1 [40].

2.3 ABSORPCE A TRANSPORT

Ke vstřebávání vitamínu C dochází převážně v tenkém střevě v enterocytech, a to jak pasivním transportem díky prosté difuzi, tak i aktivním transportem pomocí přenašečů SVCT a GLUT, kteří jsou závislí na sodíku [40].

Skupina přenašečů SVCT (Sodium-dependent Vitamin C Transporter) se uplatňuje při absorpci kyseliny askorbové (AA) a je závislá na přítomnosti iontů sodíku. Jedná se o aktivní transport, kdy je přenos jedné molekuly kyseliny askorbové (AA) ekvivalentní dvěma iontům sodíku. Tato skupina je silně specifická pro AA, takže kyselinu dehydroaskorbovou (DHA) není možné pomocí SVCT přenášet [40]. Existují dvě izoformy – SVCT1 a SVCT2. SVCT1 je forma predominantní a jeho tvorba je zvýšená v játrech při nedostatku vitamínu D a je down regulována při nadbytku vitamínu C [40]. Tato izoforma se podílí především na udržení homeostáze vitamínu C v těle. Isoforma SVCT2 se pak uplatňuje spíše v ochraně metabolicky aktivních buněk proti oxidačnímu stresu a metabolismu vitamínu C v buňkách [40,41]. Byl zjištěn také vliv iontů hořčíku a vápníku na aktivní konformaci SVCT2 a jeho funkci [42]. Aktivace SVCT2 je spojena s protinádorovým účinkem [43].

Ke vstřebání a transportu DHA lidské tělo využívá přenašeče GLUT (glukózové transportéry), které se uplatňují i při transportu glukózy [40,44]. Tyto transportéry fungují na principu usnadněné difuze, což znamená, že při přenosu molekul nespotřebují energii [44]. Přenos DHA je asi 10-20krát rychlejší, než je tomu u AA. Po vstupu do buněk je DHA rychle redukována na AA [40]. Existuje 14 druhů těchto přenašečů (GLUT1 – GLUT14) [45]. Každý z těchto druhů GLUT

je exprimován v různých orgánech a tkáních organismu, např. GLUT3 je exprimován v mozku a nervové tkáni, GLUT4 v tukových buňkách, v srdečním a kosterním svalstvu. Některé GLUT transportéry (např. GLUT2) jsou ovlivňovány hladinou glukózy v krvi. Při hyperglykémii dochází k inhibici transportu DHA pomocí GLUT transportérů, jelikož se jedná o kompetitivní přenos ve prospěch glukózy [46]. Hyperglykémie tak negativně ovlivňuje vstřebávání DHA, což je důvodem vyšší hladiny DHA v plazmě u diabetiků [40,45].

Vstřebávání vitamínu C mohou negativně ovlivňovat flavonoidy, zejména fletin a kvercetin, které inhibují SVCT1 a některé GLUT transportéry [47]. U GLUT2 a GLUT8 má negativní vliv také glukóza, fruktóza [48]. Na efektivitu vstřebávání mají vliv nejen výše zmíněné transportéry a faktory, které ovlivňují jejich aktivitu, ale také množství vitamínu C, které je přijímáno. Při příjmu do 200 mg vitamínu C za den je jeho vstřebatelnost vysoká a činí přibližně 90 %. S vyššími denními dávkami už jeho vstřebatelnost klesá, např. při příjmu 1000 mg vitamínu C se pohybuje pouze kolo 50 % [40]. Při nasycení všech tkání vitamínem C jeho absorpce v organismu klesá [49].

2.4 VYLUČOVÁNÍ Z TĚLA

Nadbytek vitamínu C je z těla vylučován močí a část je metabolizována na kyselinu oxalovou [49,50]. Vyšší příjem vitamínu C může také zvýšit vylučování kyseliny močové. Některé studie naznačují, že vysoké dávky vitamínu C způsobují ledvinové kameny kvůli vzniku kyseliny oxalové, která má na jejich tvorbu vliv [50].

2.5 FUNKCE

Vitamin C je známý antioxidant a v lidském organismu působí jako redukční činidlo. Má schopnost ničit radikály kyslíku (ROS) a radikály dusíku (RNS). Je součástí mnoha metabolických reakcí, ve kterých hraje roli jako kofaktor, podílí se na tvorbě kolagenu, syntéze karnitinu, adrenalinu a serotoninu, přispívá správnému metabolismu cholesterolu, redukci železnatých iontů pro jeho správné vstřebávání, a jako kofaktor se vitamin C podílí i na reakcích,

kteří při patologických změnách hrají roli při vzniku rakovinného bujení. O těchto reakcích pojednává podkapitola 3.3 [23,49].

2.6 POHLED NA VITAMIN C Z NUTRIČNÍHO HLEDISKA

2.6.1 Denní doporučené dávky

Denní doporučená dávka vitamínu C se liší podle věku, pohlaví a zdravotního stavu daného člověka [49]. Dle zdroje [49] (Harvardská univerzita) je pro dospělé starších 19 let DDD 90 mg pro muže a 75 mg pro ženy. U kuřáků je doporučeno denní dávku zvýšit o 35 mg. Maximální denní dávka je 2000 mg, při jejíž překročení může dojít k trávicím obtížím. Ta se ale může lišit u lidí, kteří jsou součástí kontrolovaných studií nebo užívají vyšší dávky vitamínu C pod lékařským dohledem.

EFSA již udává podrobnější DDD pro všechny věkové kategorie. U dětí do věku 3 let je doporučováno 20 mg, u věku 4–6 let – 30 mg, 7–10 let – 45 mg, 11–14 let – 70 mg, 15–17 let – 90 mg. U dospělých osob činí DDD 95 mg. Pro těhotné ženy doporučuje 105 mg a pro kojící 155 mg. Zde uvedené hodnoty jsou hodnoty PRI (population reference intake), které počítají s DDD, která pokryje potřebu téměř celé zdravé populace. Maximální denní dávky a DDD pro kuřáky nejsou uvedeny [29].

DGE (Německá společnost pro výživu) má doporučení podobným těm od EFSA. DDD pro děti ve věku 1–4 let činí 20 mg, 4–6 let – 30 mg, 7–9 let – 45 mg, 10–12 let – 65 mg, 13–14 let – 85 mg. Od 15 let už rozlišuje DDD dle pohlaví – pro dívky od 15 do 18 let je DDD vitamínu C 90 mg, pro chlapce stejného věku je DDD 105 mg. Pro dospělé ženy starší 18 let se doporučuje 95 mg vitamínu C denně, pro muže téhož věku 105 mg. DDD se pak liší u těhotných žen od 2. trimestru (105 mg), u kojících žen (125 mg), u kuřáků (155 mg) a u kuřáček (135 mg) [51]. DGE dále udává, že denní potřeba vitamínu C může být zvýšena u osob užívající alkohol či jiné návykové látky, u osob nemocných či osob s infekcí, případně i u osob trpících chronickým stresem [51].

Z doporučení dle zdrojů Harvardská univerzita, EFSA a DGE lze obecně říct, že u dětí do 3 let se doporučuje přibližně 20 mg vitamínu C denně, a že s věkem tato potřeba stoupá. DDD u dospělých mužů je 90–105 mg, u dospělých žen 75–95

mg, u těhotných 105 mg, u kojících 125–155 mg. U kuřáků 125–155 mg, u kuřáček 110–135 mg [29,49,51]. Zvýšená potřeba vitamínu C je u kuřáků, osob užívajících alkohol nebo jiné drogy, u nemocných, u osob s infekcí, při fyzické námaze, u osob trpících anémií [28,51] a u osob trpících onkologickým onemocněním [52].

Vegani a vegetariáni, jejichž strava je zcela anebo z velké části rostlinná, mají vitamínu C dostatek. Naopak lidem, kteří se stravují i živočišně (omnivoři), a jejich strava tak nemusí obsahovat tolik rostlinné složky, hrozí nedostatečný příjem vitamínu C [53,54].

2.6.2 Hypervitaminóza

Hypervitaminóza vzniklá nadbytečným orálním příjmem vitamínu C může být provázena průjmami, nebo dokonce vznikem oxalátových kamenů. Tyto kameny však nevznikají při intravenózním podávání vysokých dávek vitamínu C [13].

2.6.3 Hypovitaminóza

Hypovitaminóza se projevuje únavou, zhoršenou obranyschopností organismu, zhoršeným hojením ran, popraskáním ústních koutků. Jeho úplný nedostatek (avitaminóza) vede ke vzniku kurdějí, které se projevují otoky a krvácením dásní a kloubů [1,3]. Neléčené kurděje mohou v konečném důsledku vést až ke smrti jedince [55].

2.7 ZDROJE VITAMINU C

Hlavním zdrojem vitamínu C je především ovoce a zelenina [28]. Nejvíce vitamínu C obsahují citrusy, šípky, acerola (tropická třešeň) anebo také čerstvá listová zelenina [27,28]. Následující text je věnován jednotlivým potravinám bohatých na vitamín C.

2.7.1 Acerola

Acerola je tropická třešeň rostoucí v tropickém a subtropickém pásu, přičemž v její produkci dominuje Brazílie [56–58]. Vyznačuje se velmi vysokým obsahem vitamínu C, který činí okolo 1500–4500 mg/100 g, což je až 80x více než v citrusech. Kromě toho obsahuje také vysoké množství karotenoidů, flavonoidů, polyfenolů, dále některé vitamíny ze skupiny B, minerály a nenasycené mastné kyseliny [57,58].

Mimo své antioxidační účinky má acerola také potenciál při potlačení zánětlivé reakce [58]. Pro své vlastnosti je acerola využívána v potravinářském průmyslu při výrobě vitaminových suplementů a suplementů na podporu imunity [56,57].

2.7.2 Citrusy

Mezi citrusy řadíme např. citrony, pomeranč, grapefruity nebo pomelo. Rostou v subtropických a tropických oblastech [59]. Obsahují vitamin C, polyfenoly a flavonoidy [59,60]. Obsah vitaminu C je pro každý citrus odlišný. Na 100 g hmotnosti obsahuje citron 53 mg vitaminu C, pomeranč 59 mg, grapefruit 31 mg, mandarinka 26,7 mg [61–64].

2.7.3 Rakytník

Nejvýznamnějším nutrientem plodů rakytníku je vitamin C. Jeho množství záleží na dané odrůdě. V Evropě rostou odrůdy obsahující přibližně 360 mg vitaminu C na 100 g plodů rakytníku. Obecně se množství vitaminu C pohybuje od 114 mg po 2500 mg na 100 g. Průměrně tedy rakytník obsahuje 695 mg vitaminu C na 100 g [65].

Z dalších nutrientů obsahuje vitamin E a K, flavonoidy, aminokyseliny a minerální látky. Působí antimikrobiálně, antikancerózně, antioxidačně, protizánětlivě a má mnoho dalších zdravotních benefitů [65,66].

2.7.4 Šípek

Šípek je plod růže šípkové, která roste v mírném a subtropickém pásu [67]. Obsah vitaminu C v šípku je vysoký. Činí přibližně 426 mg / 100 g [68]. Z dalších nutrientů obsahují šípkové karotenoidy, flavonoidy a vitamin E [67]. Má také antibakteriální, antioxidační, protizánětlivé a protirakovinné účinky a podporuje imunitu [69].

2.7.5 Červená paprika

Červená paprika je druh zeleniny, který je bohatým zdrojem vitaminu C. Obsahuje 142 mg na 100 g, což je více, než obsahují citrusy [70]. Obsahuje i další vitaminy, jako např. vitamin E, karotenoidy, dále také flavonoidy a fenoly [71].

Červená paprika byla také jednou z prvních potravin, ze kterých byl izolován vitamin C [28].

2.7.6 Listová zelenina

Mezi listovou zeleninu řadíme např. špenát, zelí, kapustu nebo salát [72–74]. Z nutričního hlediska je tato skupina zajímavá nejen pro obsah vitaminu C, ale i pro vysoký obsah kyseliny listové, vitaminu K, železa a hořčíku [74,75].

Obsah vitaminu C na 100 g je v uvedených druhů listové zeleniny následující: salát – 15,2 mg [76], kapusta – 93,4 mg [77], zelí – 40,3 mg [78] a špenát – 30,3 mg [79].

2.8 FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ OBSAH VITAMINU C VE STRAVĚ

Obsah vitaminu C v potravinách je ovlivňován mnoha faktory, a to jak během pěstování potravin, tak i po jejich sklizni a následným zpracováním. Vliv má světlo, teplo, vlhkost, přítomnost vzduchu [28,80].

2.8.1 Světlo

Světlo má vliv na obsah vitaminu C jak během růstu rostliny a plodů, tak i při skladování či přípravě dané potraviny.

Během růstu a vývoje rostliny díky světlu probíhá fotosyntéza, jejímž produktem jsou sacharidy, ze kterých je pak vitamin C tvořen. Čím více světla rostlina během růstu má, tím více je ve finále schopna vytvořit vitaminu C [28,80].

2.8.2 Skladování

Jedním z vlivných faktorů ovlivňující množství zachovalé kyseliny askorbové (AA) v ovoci a zelenině je teplota během skladování. Každý druh zeleniny a ovoce má svou specifickou ideální skladovací teplotu. Většina plodů si při nízkých teplotách (cca od 0 do 10 stupňů Celsia) zachová více AA než při pokojové teplotě. Existují však plody, u kterých při takto nízkých teplotách dojde k poškození chladem a je lepší je skladovat při pokojové teplotě (20 stupňů

Celsia) pro uchování vyššího množství AA. Mezi takové patří např. okurka, dýně, batáty [80,81].

Kyselina askorbová v potravinách klesá úměrně s délkou jejich skladování [80]. Platí tedy, že čím čerstvější potravina, tím více AA bude obsahovat [81].

Výjimku představuje brukvovitá zelenina, která je odolnější vůči teplotám a déle skladování. Je to pravděpodobně proto, že obsahuje vyšší množství síry a glutathionu, jenž mohou působit protektivně na AA a zabraňují degradaci na DHA [80,81].

2.8.3 Zpracování a technologické úpravy

Při zpracovávání potravin je mrazení/sušení mrazem jednou z neúčinnějších metod pro zachování co nejvyššího obsahu vitamínu C. Dobré výsledky přináší i sušení na slunci, kdy např. u rajčat došlo ke ztrátě pouhých 17 % AA a k následným ztrátám v důsledku délky skladování již nedošlo. To však neplatí pro sušení během průmyslového zpracování, které probíhá při vysokých teplotách a ztráty AA jsou tak vyšší [81].

V konečném důsledku ovlivní obsah vitamínu C v potravine způsob její přípravy a následná technologická úprava. Při přípravě zeleniny a ovoce může mít vliv způsob porcování. Nejmenší ztráty u salátu vykazuje ruční trhání listů (tupé krájení), a naopak nejvyšší ztráty AA vykazují u salátu i ostatních plodů ty, které jsou krájené ostrými noži, či strouhané na struhadle [80].

Bylo zjištěno, že nejmenší ztráty AA jsou způsobeny při vaření či blanšírování v páře (méně než 20 %). O něco vyšší ztráty má smažení na oleji a vaření v mikrovlnné troubě (okolo 20 %). Nejvyšší ztráty jsou způsobeny vařením ve vodě, kdy je AA ztracena jak vysokou teplotou, tak i rozpuštěním AA do vody (okolo 30 %) [81,82].

3 VITAMIN C A NÁDOROVÁ ONEMOCNĚNÍ

Vitamin C je důležitý nejen pro zlepšení obranyschopnosti lidského organismu proti virovým a bakteriálním infekcím, redukcí alergických reakcí, ale také jako přírodní látka hrající roli v prevenci vzniku nádorových onemocnění. Také je znám jeho prospěšný účinek na jiná lidská onemocnění, např. na onemocnění kardiovaskulárního systému, diabetes a neurodegenerativní onemocnění [83,84]. Spojitost mezi vitaminem C a rakovinou je stále předmětem řady studií z hlediska role vitaminu C jako významného antioxidantu, prooxidantu a regulátoru exprese genů.

První studie o vitaminu C v souvislosti s nádorovými onemocněními byla publikována roku 1976 Ewanem Cameronem a Linusem Paulingem. Popisovala nejen vliv vitaminu C na průběh nádorových onemocnění, ale také zmiňovala jeho značný nedostatek u onkologických pacientů [85].

Epidemiologické důkazy o protektivním účinku vitaminu C na vznik nádorového onemocnění vycházejí ze 46 studií, ve kterých byl vypočítán dietní index vitaminu C, a byla zjištěna jeho statisticky významná role, hlavně z příjmu ovoce a zeleniny bohatých na vitamin C [86,87].

3.1 VÝSKYT ZHOUBNÝCH NÁDORŮ V ČR

Z dat ÚZIS (Ústav zdravotnických informací a statistiky) za rok 2021 vyplývá, že nejčastějším vyskytujícím se maligním nádorem v ČR byl zhoubný nádor prostaty u mužů a zhoubný nádor prsu u žen. Hned po těchto nádorech je nejčastější výskyt kolorektálního karcinomu a po něm následujícím karcinomu plic, průdušek a průdušnice. V rámci Evropy se ČR umísťuje na předních příčkách v četnosti výskytu následujících zhoubných nádorů – karcinom ledviny (2. místo), karcinom pankreatu (3. místo), karcinom žlučníku a žlučových cest (3.-5.místo) a karcinom prostaty (8. místo) [88]. Celkově se ČR nachází na 16. – 17. místě v míře incidence zhoubných nádorů [89]. Incidence zhoubných novotvarů k roku 2018 v ČR zpomaluje, prevalence ale setrvale narůstá, jelikož se daří stabilizovat, nebo dokonce snižovat mortalitu [88].

3.2 NÁDOROVÁ ONEMOCNĚNÍ

Nádorová onemocnění jsou druhou nejčastější příčinou úmrtí nejen v České republice (ČR), ale i ve světě [90,91]. Mohou vznikat poškozením DNA (např. vlivem UV záření), užíváním alkoholu a tabákových výrobků nebo mohou vzniknout na základě dědičné predispozice [92]. Na vzniku těchto onemocnění se podílejí/zvyšují riziko genové mutace (mutace genu *BRCA*, *MLH*, *BRIP* a jiné), infekce (EB-virus, *Helicobacter pylori* a jiné), nevhodný životní styl (nedostatek pohybu, kouření a jiné) a nevhodné stravovací návyky, které jsou podrobněji rozebrány v podkapitole 3.2.2 [93–95].

Toto onemocnění je charakteristické především nekontrolovatelným dělením buněk, které se pak označují jako nádorové. Ty se následně mohou šířit a tvořit metastázy v ostatních orgánech a tkáních. Vzniklé nádory se dělí se na maligní, které mohou metastazovat do jiných orgánů, a i po jejich odstranění mohou vzniknout znovu, a na benigní, které nemetastazují a po odstranění většinou znovu nevznikají [92].

3.2.1 Nádorová buňka

Nádorová buňka má oproti zdravým buňkám odlišný energetický metabolismus, který je mnohem méně efektivní. Zdravá buňka upřednostňuje glykolýzu s navazující oxidativní fosforylací, zatímco některé nádorové buňky mohou upřednostňovat anaerobní glykolýzu (Warburgův efekt), při které vzniká laktát přispívající ke kyselému mikroprostředí nádorové buňky [96,97].

Mikroprostředí nádorové buňky je charakteristické již zmíněnou kyselostí, a také hypoxickými podmínkami. Tyto vlastnosti pomáhají nádorovým buňkám přežít a množit se. Hypoxie může za určitých podmínek zvýšit odolnost mitochondrií vůči apoptóze, dále zvyšuje expresi genů HIF, které pomáhají nádorové buňce v proliferaci a tvorbě vlastního cévního zásobení (podrobněji rozebráno v podkapitole 3.3.3.3) [97].

Tvorba ATP probíhá u nádorové buňky rychleji, aby naplnila její energetickou potřebu i navzdory svému neefektivnímu energetickému metabolismu. Pro srovnání, zdravá buňka vyrobí z 1 molekuly glukózy 32 molekul ATP (adenosintrifosfát) za vzniku pyruvátu, zatímco některé

nádorové buňky vyrobí ze stejného množství glukózy pouze 2 molekuly ATP za vzniku laktátu [98]. I přestože je výroba energie pomocí anaerobní glykolýzy méně efektivní, nádorové buňky ji volí z toho důvodu, že jim kyselé mikroprostředí v okolí buňky (způsobené laktátem) napomáhá snižovat produkci ROS (reactive oxygen species = reaktivní druhy kyslíku), které jsou pro nádorové buňky toxické, podporuje proliferaci a metastazování nádorových buněk, imunosupresi, nádorové rezistenci a mnoha dalších reakcích a procesů výhodných pro nádorové buňky [96].

3.2.2 Vliv stravy na rozvoj nádorových onemocnění

Strava je velmi důležitou součástí prevence rozvoje nádorových onemocnění, a dle WHO (World Health Organization = Světová zdravotnická organizace) se na jejich rozvoji podílí až z 30 %. Za rizikové je považována častá konzumace červeného masa (dále uzeného masa a masa grilovaného a smaženého při vysokých teplotách), konzumace alkoholu, nedostatečná konzumace ovoce a zeleniny, vysoký příjem tuků (především příjem nasycených a trans-nenasycených mastných kyselin), konzumace potravin s vysokým obsahem akrylamidu, který vzniká při dlouhém pečení tzv. Maillardovou reakcí, a nadměrný příjem soli [99,100]. WHO doporučuje zvýšený příjem ovoce a zeleniny, omezení konzumace alkoholu, konzumaci zdravých pokrmů a udržování zdravé váhy [101].

WCRF (World Cancer Research Fund International) doporučuje konzumaci potravin rostlinného původu kvůli vysokému obsahu vlákniny, vitaminů a minerálních látek. Zejména doporučuje konzumaci celozrnných výrobků, ovoce a zeleniny (mimo škrobnaté hlízy a kořeny) a luštěnin. Naopak nedoporučuje konzumaci alkoholu, slazených nápojů, červeného masa a zpracovaných masných výrobků [93].

Z těchto výživových doporučení vyplývá, že za účinnou prevenci lze považovat dostatečný příjem vlákniny, vitaminů a minerálních látek, omezení vysokého příjmu tuků (hlavně těch nasycených a trans-nenasycených), omezení konzumace červeného masa, grilovaných pokrmů a alkoholu.

Alkohol je dle WHO považován za karcinogen 1. řádu, stejně tak průmyslově zpracované masné výrobky. Červené maso se považuje za karcinogen 2A (vysvětlení rozdělení karcinogenů dle řádů je uvedeno v Tabulce 3)

[102,103]. Konzumace vlákniny je naopak považována za vysoce protektivní faktor [100].

Tabulka 3: Klasifikace potravin a látek podle míry jejich karcinogenity.

Zdroj: [103]

<i>řád</i>	<i>míra karcinogenity pro lidi</i>
1	karcinogenní
2A	pravděpodobně karcinogenní
2B	možná karcinogenita
3	nekarcinogenní

Data Českého statistického úřadu (ČSÚ) vypovídají o vysoké spotřebě alkoholu (170 litrů alkoholických nápojů/1 obyvatel/rok 2022). Ve srovnání se zbytkem světa se ČR drží na předních příčkách v množství zkonsumovaného alkoholu na osobu na rok (v přepočtu na množství ethanolu), která činí téměř 10 litrů [104].

Příjem vlákniny je v ČR vzhledem k výživovým doporučením nedostatečný. DDD vlákniny by měla být minimálně 25g (EFSA) až 30g (WCRF), v české populaci je však norma přibližně 11 g/den [93,105,106].

3.3 VITAMIN C A JEHO ROLE V PREVENCI VZNIKU NÁDOROVÝCH ONEMOCNĚNÍ

Vitamin C je hojně využíván jak terapeuticky, tak i preventivně, a to nejen při prevenci vzniku nádorových onemocnění, ale také při prevenci vzniku diabetu, aterosklerózy a dalších onemocnění zmíněných v úvodu kapitoly 3. Prevence užíváním vitamínu C, konkrétně proti vzniku nádorových onemocnění, je možná díky schopnosti vitamínu C snížit míru oxidačního stresu, stimulovat imunitní buňky, neutralizovat některé karcinogeny a další. Zároveň vitamin C může zlepšovat kvalitu života onkologických pacientů léčených chemoterapií a snižovat její negativní účinky, což je podrobněji popsáno v podkapitole 3.4.3 [83,107,108].

Villagran ve svém článku shrnuje několik desítek metaanalýz, které se zabývaly vztahem mezi vitamínem C a rozvojem rakoviny [84]. Tyto metaanalýzy však mají odlišné výsledky. Limitem těchto metaanalýz mohla být dle autora

heterogenita studií, odlišné dávkování vitamínu C, cesta jeho podání, která mnohdy byla *per os*, a možná zaujatost některých z metaanalýz (např. metaanalýza z roku 2019 [109]). Tyto metaanalýzy většinou nepotvrdily, že by vitamín C měl na rozvoj rakoviny vliv. Jiné metaanalýzy ale účinek vitamínu C potvrdily (např. metaanalýza z roku 2000 [110] nebo z roku 2020 [111]) [84].

Z dostupných dat vyplývá, že je za potřebí dalších kvalitních studií a metaanalýz. Tato podkapitola dále podrobněji rozebírá účinky vitamínu C, které se uplatňují při prevenci vzniku nádorových onemocnění.

3.3.1 Vliv vitamínu C na oxidační stres

Oxidační stres je stav, při kterém v organismu nastává nerovnováha mezi množstvím volných radikálů a antioxidantů. Volné radikály přirozeně vznikají v lidském těle např. v dýchacím řetězci, kdy dochází k tvorbě kyslíkových radikálů (ROS), nebo jsou tvořeny fagocyty, které ROS produkují během zánětu jako obranu před patogeny [108,112].

Radikál je charakteristický svým nepárovým valenčním elektronem. Jedná se o vysoce reaktivní molekulu/atom/iont, jehož reaktivita ustává až při získání druhého elektronu z jiné látky, ze které pak ale také vznikne radikál. Radikály mohou poškozovat DNA, což pak může vést ke karcinogenezi a vzniku mnoha dalších chorob [108].

Zvýšené množství volných radikálů v těle zapříčiňuje oxidační stres. Aby mohl být oxidační stres regulován, je zapotřebí antioxidantů, které jsou schopné volné radikály eliminovat. Mezi antioxidanty řadíme např. vitaminy (vitamín C, E, A), antioxidační enzymy (dismutáza, kataláza, peroxidáza, glutathion a jiné) a antioxidační substráty (glutathion, thioredoxin, a jiné) [108].

Vitamín C tak díky schopnosti snižování hladiny oxidačního stresu přispívá prevenci před rozvojem onkologických onemocnění [112].

3.3.2 Vliv vitamínu C na imunitu

Vitamín C podporuje funkci lidské imunity (vrozené i získané), zlepšuje odolnost pokožky, která tvoří především fyzickou bariéru mezi organismem a patogeny vnějšího prostředí, a má schopnost stimulovat imunitní buňky, které zároveň chrání před apoptózou a před poškozením volnými radikály díky svým

antioxidačním vlastnostem. Nepřímo se podílí na stimulaci proliferace imunitních buněk, zvyšuje citlivost lymfocytů na antigenní podněty a snižuje hladinu zánětlivých interleukinů [113].

V souvislosti s imunitou vyžaduje lidský organismus vyšší denní příjem vitamínu C při zánětlivých reakcích, poraněních těla a onkologických onemocněních, kdy je v těle vyšší hladina volných radikálů a nastává oxidační stres [113].

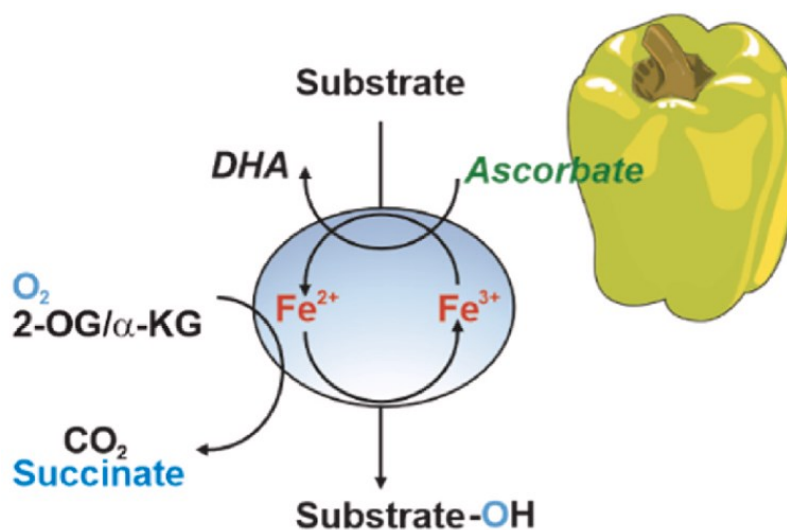
Imunitní buňky, (např. NK-buňky (natural killer cells), cytotoxické T-lymfocyty, dendritické buňky), mají schopnost ničit nádorové buňky, a také ovlivňovat proliferaci a míru jejich malignity [114]. O účincích vitamínu C na protinádorovou imunitu blíže pojednává podkapitola číslo 3.4.2.

3.3.3 Vitamin C a 2-oxoglutarát-dependentní dioxygenázy (2ODDs)

Rodina enzymů 2ODDs jsou enzymy s hydroxylační funkcí. Reakce probíhají za přítomnosti kyslíku, 2-oxoglutarátu, nehemového dvojmocného železa a askorbátu, který zde hraje významnou roli jako kofaktor. V některých reakcích může figurovat jako kofaktor také glutathion. Produktem těchto reakcí je hydroxylovaný substrát [115].

Obrázek 2: Zobecněná reakce enzymů rodiny 2ODD.

Zdroj: [115]



3.3.3.1 Prokolagen prolyl 4-hydroxylázy (P4HAs)

Tyto enzymy jsou zodpovědné za hydroxylaci prolinových zbytků v kolagenu, čímž přispívají k jeho tvorbě [115].

3.3.3.2 Prokolagen-lysin a 2-oxoglutarát 5-dioxygenázy (PLODs)

Tato skupina enzymů je taktéž zapojena do tvorby kolagenu, ale s tím rozdílem, že napomáhají hydroxylaci lyzinových zbytků v prokolagenu [115].

3.3.3.3 HIF-prolyl hydroxylázy (HIF-PHDs)

HIF-PHD je rodina enzymů napomáhají regulaci HIF (hypoxie-indukovatelné faktory) [116]. HIF je pro-onkogenní transkripční faktor, který je aktivován při hypoxii. Je složen z alfa a beta podjednotek [117].

Při normoxii jsou alfa-podjednotky ubikvitizovány a následně degradovány v proteazomu. Při hypoxii se alfa-podjednotky dostávají do jádra buňky, kde jsou schopny aktivovat geny, které spustí adaptační procesy v buňce na nedostatek kyslíku [117,118].

U nádorů je časté, že se v nich vyskytuje hypoxické prostředí, z důvodu rychle dělících se buněk a zhoršeného průtoku krve v důsledku tvorby abnormálních krevních cév, které nádor zásobují [119].

Zde hraje HIF (konkrétně druh HIF-1) zásadní roli, jelikož svými účinky pomáhá nádorovým buňkám v proliferaci, a také stimuluje angiogenezi, která nádoru umožňuje vyšší přísun substrátů [118]. Zvýšená exprese HIF-1-alfa je při rakovinných onemocněních spojována s horší prognózou onemocnění [117,118].

V rámci studie [120] byly pozorovány rozdíly mezi hladinou jednoho z enzymů HIF-PHD (konkrétně prolin hydroxylázy-2 (PHD2)) a hladinou HIF-1-alfa v tkáních adenokarcinomu endometria. Bylo zjištěno, že hladina HIF-1-alfa byla značně zvýšena a hladina PHD2 naopak snížena. V závěru studie vědci naznačují, že „*snížená exprese PHD2 a zvýšená exprese HIF-1-alfa je asociována s agresivitou rakoviny endometria. PHD2 může být novým biomarkerem a potencionálním cílem pro léčbu rakoviny endometria.*“ [120]. Studie popisují,

že nadměrná exprese HIF-1-alfa může souviset se vznikem rezistence nádorových buněk na chemoterapii a radioterapii [121].

Vitamin C pozitivně ovlivňuje aktivitu enzymů rodiny HIF-PHD, a touto cestou tak napomáhá regulovat aktivitu HIF-1-alfa [122]. Jeho zvýšený příjem také pravděpodobně negativně ovlivňuje růst nádorů dependentních na HIF-1. Je zde prostor pro další výzkum vzhledem k léčebnému potenciálu vitaminu C [123].

3.3.3.4 Ten-eleven translokační proteiny (TETs)

TET hrají důležitou roli v procesu demethylace DNA bází, konkrétně při katalýze přeměny 5-methylcytosinu na 5-hydroxymethylcytosin (5hmC), který může být dále oxidován na 5-formylcytosin a následně na 5-karboxylcytosin [115,123]. U agresivních forem rakoviny je velmi často přítomna snížená exprese 5hmC a enzymu TET [124,125].

Enzymy z rodiny TET jsou „*bona fide* tumor supresory hematopoetické linie“ [125]. Při rozvoji leukémie jsou často pozorovány mutace konkrétně v TET2 (akutní myeloidní leukémie – v 10 %, myelodysplastický syndrom – 30 %, chronická myelomonocytární leukémie – téměř 50 %). Správná aktivita enzymů TET významně ovlivňuje krvetvorbu, a proto mutace genu na tomto proteinu může zapříčinit vznik leukémie. Bylo prokázáno, že vitamin C může chránit hematopoetické kmenové buňky díky stimulaci katalytické aktivity enzymů TET [115,125].

3.3.3.5 Jumonji-C doména obsahující histonové demethylázy (JHDMs)

Jumonji-C doména demethylačních proteinů je významná pro svoji schopnost demetylovat histony. Oproti jiným histonovým demethylázám dokážou histony demetylovat úplně [115,126].

JHDM demethylázy mají potenciál také při léčbě hepatocelulárního karcinomu. Dokážou totiž inhibovat SREBP1c (sterol regulatory element binding protein 1c), který je zodpovědný za zvýšenou syntézu lipidů potřebnou pro proliferaci těchto nádorových buněk. Bylo prokázáno, že JHDMs potlačily růst hepatocelulárního karcinomu, a zůstávají tak předmětem pro další zkoumání vzhledem k jejich potenciálně léčebnému účinku [127].

Hypoxie může snižovat aktivitu některých JHDM a zároveň zvyšuje četnost methylací. Vitamin C a železnaté ionty pomáhají obnovit aktivitu JHDM, a předcházet tak zvýšené četnosti methylací. Většina JHDM jsou však hypoxií indukovány. Pro úplnému porozumění vztahu mezi hypoxií a JHDM je zapotřebí dalších studií [115,128].

3.3.3.6 Proteiny alkylace B (AlkB)

AlkB je rodina enzymů zodpovědná za opravu alkylované DNA, RNA a histonů. Enzym AlkB byl původně objeven v bakterii *E. Coli*, ale existuje několik lidských homologů těchto enzymů označovaných jako AlkBH [129].

V souvislosti s daným stádiem rakoviny mají homology odlišné účinky v závislosti na druhu homologu anebo rakoviny. Např. inhibice enzymu AlkBH3 vede k lepší prognóze rakoviny prostaty, ale horší prognóze u rakoviny prsu [129].

V rakovinných buňkách je častá nízká hladina glutaminu. Ta inhibuje aktivitu těchto enzymů AlkBH a dochází pak k akumulaci alkylované DNA v buňce [130]. Snížení exprese některých AlkBH (např. AlkBH8 a AlkBH2) mohou také zvýšit citlivost potřebných tkání na chemoterapii, a zvýšit tak její účinnost [131].

Zatím bylo prokázáno, že vitamin C je schopný regulovat aktivitu AlkB v *E. Coli*. Ta samá schopnost u lidských homologů zatím nebyla prokázána [131]. AlkB homology jsou tak předmětem dalšího zkoumání, jelikož doposud nebyly objasněny jeho veškeré signalizační cesty a reakce v organismu, a zároveň mají potenciál při léčbě rakoviny [129,130], a to i v souvislosti s léčbou vitamínem C [132].

3.4 VITAMIN C A JEHO ROLE V LÉČBĚ NÁDOROVÝCH ONEMOCNĚNÍ

Užívání vysokých dávek vitamínu C jako léku či jako adjuvantní léčby v souvislosti s nádorovými onemocněními je do dnešního dne kontroverzním tématem a jsou potřebné další výzkumné práce a studie 3. a 4. fáze pro pochopení mechanismů a potvrzení účinků vitamínu C na tato onemocnění, což zmiňují i samotné studie použité v této kapitole.

Bakalářská práce uvádí citace prací z různých publikačních zdrojů a nepřiklání se k žádné straně. Cílem následujícího textu o roli vitamínu C v léčbě nádorových onemocnění je rešerše vědeckých prací, jejichž výzkum se tímto tématem zabýval.

3.4.1 Účinky vitamínu C na nádorovou buňku

Vitamin C je známý pro své antioxidační účinky. Může ale působit i jako prooxidant v případě, že se v organismu nachází v milimolárních plazmatických koncentracích, a že je mikroprostředí buňky kyselé a obsahuje zvýšené množství iontů železa. Takové mikroprostředí je obvyklé u nádorových buněk a vitamínu C umožňuje jeho „selektivně-cytotoxický účinek“ [26,112]. V konečném důsledku se tak vitamin C chová jako antioxidant k buňkám zdravým, a jako prooxidant k buňkám nádorovým [26,52].

Prooxidační účinek vitamínu C spočívá v tvorbě peroxidu vodíku v mikroprostředí nádorové buňky. Peroxid vodíku se následně dostává do buňky, což vede k její apoptóze [26]. Také ovlivňuje Sp protein (specifity protein), který reguluje geny, které zapříčiňují růst a prosperování nádorů [52].

Vitamin C také inhibuje angiogenezi v nádorové tkáni pomocí suprese aktivity VEGF (vascular endothelial growth factor) [52].

3.4.2 Vliv vitamínu C na protinádorovou imunitu

Jedním z předpokladů funkční protinádorové imunity je, že imunitní buňky musí být schopny rozpoznat buňky nádorové, a následně spustit jejich apoptózu. T-lymfocyty jsou schopné nádorovou buňku rozpoznat pomocí MHC-1 (hlavní histokompatibilní komplex 1) a následně spustit její apoptózu pomocí Fas receptoru (CD95), který se nachází na nádorové buňce, a ligandu FasL, který se nachází na T-lymfocytech [52,133].

Nádorová buňka se ale před protinádorovou imunitou dokáže skrýt snížením exprese MHC-1 a Fas receptorů. Některé studie popisují, že vitamin C je schopný nádorovým buňkám zvýšit expresi nejen MHC-1, který je pro imunitu klíčový pro rozpoznání nádorové buňky, ale také expresi Fas receptoru, který je pro T-lymfocyty významný při spouštění procesů vedoucích k apoptóze [52,133].

Vitamin C přispívá protinádorové imunitě také potlačováním zánětlivých interleukinů (IL), např. IL-18, jehož hladina bývá zvýšena u některých druhů rakoviny, např. rakoviny prsu nebo melanomu [134]. Brání totiž aktivaci kaspázy-1, pomocí které se IL-18 v těle vytváří [113].

3.4.3 Účinky vitamínu C s protinádorovou léčbou

V dnešní době jsou onkologická onemocnění obvykle léčena pomocí chemoterapie, radioterapie, případně imunoterapie, hormonální léčby atd. [135]. Chemoterapeutika jsou volena u většiny nádorů, a jelikož jsou velice málo selektivní a ovlivňují negativně i buňky zdravé, např. kvůli zvýšení hladiny ROS, mají i své nežádoucí účinky [136–138]. Mezi taková chemoterapeutika patří zejména anthracykliny, mezi jejichž nežádoucí účinky patří kardiotoxicita, nefrotoxicita a periferní neuropatie [139]. Meta-analýza z roku 2014 prokázala, že novodobá chemoterapeutika mohou být sice účinnější při léčbě rakoviny, ale zato více toxická pro zdravé buňky [140]. Mezi časté nežádoucí účinky chemoterapeutik obecně patří nauzea, zvracení, průjem, zácpa, ztráta vlasů a ochlupení těla, porucha krvevotvorby, a již zmíněná neurotoxicita, nefrotoxicita a periferní neuropatie [136,137,139].

Vzhledem k průběhu onemocnění a nežádoucím účinkům léčby je u mnoha pacientů pozorována nízká hladina askorbátu v krvi, a to zejména u pacientů podstupujících chemoterapii [52,141]. Studie prokázala, že onkologičtí pacienti mají zvýšené riziko nedostatku vitamínu C [141]. Vitamin C je však schopný tlumit nežádoucí účinky chemoterapeutické léčby a jeho suplementace může významně přispět ke zlepšení kvality života onkologických pacientů [52].

Co se týče účinků vitamínu C společně s protinádorovou léčbou, vitamin C může zvyšovat senzitivitu nádorové tkáně na chemoterapeutika [26]. Nedávná studie publikovaná v březnu roku 2024 potvrdila, že vitamin C nejen potlačil růst nádorových buněk, ale také působil synergicky s karboplatinou (chemoterapeutikum). Byl pozorován významný rozdíl mezi působením samotné karboplatiny a působením karboplatiny v kombinaci s vitaminem C [142]. Vitamin C má tak potenciál v léčbě onkologických onemocnění jak díky svým účinkům na zdravé i nádorové buňky, tak i díky potenciálu zefektivnit chemoterapeutickou léčbu [26,52,136,142,143].

3.4.4 Intravenózní podávání vysokých dávek vitamínu C

Perorální vitamínu C má omezené vstřebávání do organismu, kvůli SVCT transportérům ve střevě. I při podání několika gramů vitamínu C *per os* není možné dosáhnout milimolárních plazmatických koncentrací, jako je tomu u intravenózního podání. Koncentrace v řádu milimolů je potřebná pro dosažení výše zmiňovaných účinků vitamínu C, které mohou podpořit léčbu nádorových onemocnění a zvýšit kvalitu života onkologických pacientů [26,49,52,115]. Mezi kontraindikace intravenózně podávaného vitamínu C patří deficit glukózo-6-fosfát dehydrogenázy, poškozená funkce ledvin a urolitiáza v anamnéze pacienta [26,49].

3.4.5 Studie a historie výzkumu

Vitamin C začal být zkoumán pro své potenciálně léčebné účinky v oblasti onkologie v 70. letech 20. století, kdy Ewan Cameron publikoval několik kazuistik ohledně podávání vitamínu C onkologickým pacientům. Následně s Linusem Paulingem, nositelem Nobelovy ceny, provedl studii, která zkoumala protinádorový účinek vitamínu C [26,85,143].

Tato studie zahrnovala celkem 1100 pacientů s nevléčitelným nádorovým onemocněním různého typu v terminálním stádiu nemoci. 100 pacientům bylo intravenózně podáváno 10 g vitamínu C denně po dobu 10 dnů, a následně jim byl vitamin C podáván perorálně. Ke každému pacientovi bylo přiřazeno dalších 10, kteří měli nádor stejného orgánu, stejného histologického typu, byli ze stejné nemocnice, léčeni stejnými lékaři, byli stejného pohlaví, jejich věk se lišil maximálně o 5 let a nebyl jim podáván vitamin C, ani žádná jiná léčba. Výsledkem studie byla minimálně 3x vyšší doba přežití u pacientů (u 10 % pacientů až 20x vyšší), kterým byl podáván vitamin C ve výše uvedených dávkách – konkrétně byla doba přežití u kontrolní skupiny přibližně 50 dnů, zatímco u skupiny, která suplementovala vitamin C, byla doba přežití více než 210 dnů. Autoři předpokládají, že při zahájení suplementace vitaminem C u dřívějšího stádia nemoci a při vyšších dávkách by byla doba přežití mnohem delší, např. původní doba přežití 5 let by se prodloužila na 20 let [85].

Podle slov Camerona a Paulinga bylo potřeba provést další studie pro potvrzení tohoto účinku. Ve studiích pak ale nepokračovali, jelikož jim nebyly poskytnuty potřebné finanční prostředky [144].

Následovalo několik dalších studií, např. na Mayo clinic, která provedla dvojitě zaslepenou studii na 150 pacientech se stejným typem rakoviny, věkem a pohlavím atd. (podobně jako u studie Paulinga a Camerona). Rozdíl oproti studii Camerona a Paulinga byl ve způsobu podávání, který byl pouze perorální. Jedné skupině byl podáván vitamin C v dávkách 10 g denně, druhé skupině bylo podávána placebo tableta. Výsledkem studie bylo, že vitamin C nemá žádný léčebný efekt [26,143,145].

V roce 2022 byla provedena jedna z nejrozsáhlejších randomizovaných studií 3. fáze na toto téma. Byla zde zkoumána skupina 442 pacientů s metastazujícím kolorektálním karcinomem. Pacienti byli léčeni pomocí chemoterapie, a části skupiny byl zároveň k chemoterapii intravenózně podáván vitamin C v dávce 1.5 g/kg tělesné hmotnosti pouze v 1. – 3. dnu chemoterapeutického cyklu, který se opakoval každé 2 týdny. Nebyl zde žádný signifikantní rozdíl, kromě pacientů s mutací RAS, u kterých byla doba přežití značně delší. Autoři této studie ale věří, že v porovnání s kontrolní skupinou nemusel být signifikantní rozdíl z toho důvodu, že byl vitamin C podáván pouze každé 2 týdny, což nemusí stačit pro prokázání protinádorového účinku [115,146].

Dle souhrnu několika studií (včetně studií uvedených National Institutes of Health) se výsledky liší. Studie jsou prováděny různými způsoby na odlišných typech nádorů s odlišnými dávkami a způsoby podání vitaminu C. Je zapotřebí provést více studií pro potvrzení protinádorových účinků intravenózního podávání vitaminu C [143].

4 PRAKTICKÁ ČÁST

4.1 CÍL PRÁCE

Cílem praktické části bylo zjistit, jaká je informovanost široké i odborné veřejnosti o vitamínu C, jaké mají respondenti zvyklosti v souvislosti s konzumací zdrojů vitamínu C a případně zanalyzovat, jestli má vliv vzdělání na odpovědi u vybraných otázek dotazníku, který byl předmětem praktické části. Dále bylo cílem praktické části získat odpovědi na výzkumné otázky.

4.2 VÝZKUMNÉ OTÁZKY

Byly položeny 4 výzkumné otázky:

1. Jak vysokou úspěšnost ve správných odpovědích budou mít studenti nebo lidé se vzděláním v oboru zdravotnictví či přírodních věd ve vědomostních otázkách (otázky číslo 3–8 a 12–18)?
2. Bude většina respondentů s jiným studiem nebo vzděláním než v oboru zdravotnictví či přírodních věd vědět, že kuřáci by měli mít zvýšený příjem vitamínu C?
3. Bude většina respondentů přesvědčena o důležitosti vitamínu C v rámci prevence vzniku nádorových onemocnění? Jaká část z těchto respondentů budou studenti nebo lidé se vzděláním v oboru zdravotnictví či přírodních věd?
4. Kolik respondentů bude při léčbě bakteriálních/virových onemocněních zvyšovat svůj denní příjem vitamínu C?

4.3 METODIKA

Jako metoda sběru dat byl zvolen dotazník, který byl dotazovanými vyplňován online pomocí Google Formulářů (viz Příloha 1). Bylo možné ho vyplnit od začátku prosince 2023 do konce února 2024.

Dotazník obsahoval 18 uzavřených otázek, které byly povinné. Otázky číslo 1 a 2 se týkaly věku a vzdělání. Tyto otázky jsou podrobněji okomentovány v následující podkapitole 4.4.

U všech dalších otázek, vyjma otázky č. 7 a č. 12–18, bylo možné vybrat pouze jednu odpověď. U otázky č. 7 bylo možné vybrat 1–4 odpovědi a u otázek č. 12–18 bylo možné zvolit pouze odpověď „ano“ nebo „ne“.

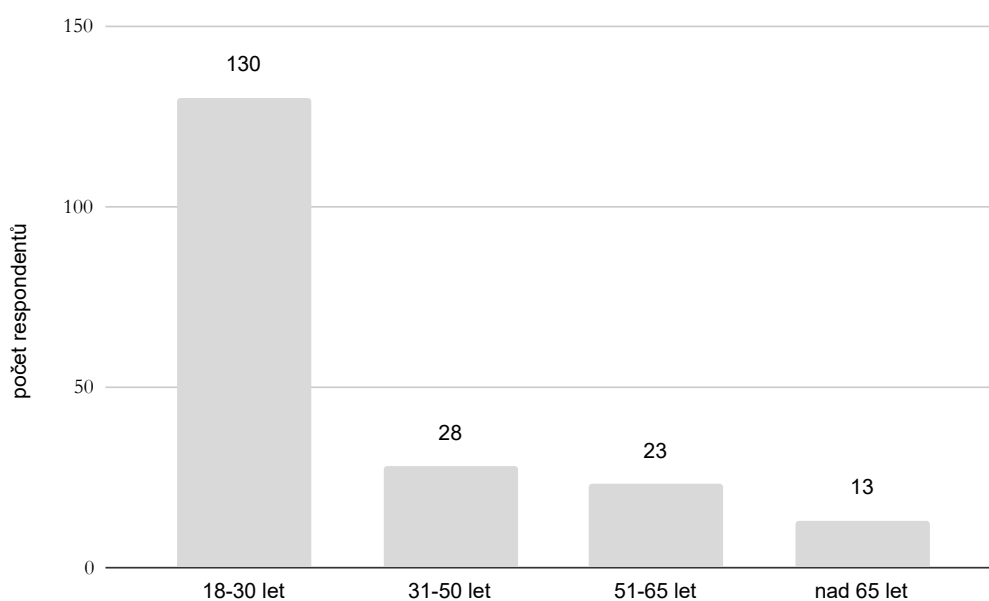
4.4 CHARAKTERISTIKA SOUBORU

Dotazník vyplnilo celkem 194 respondentů. Respondenti byli různých věkových kategorií a různého vzdělání. Soubor byl vybrán zcela náhodně, výjimku tvořila populace mladší 18 let, která záměrně nebyla součástí tohoto souboru. Část respondentů, kteří studují či mají vzdělání v oboru zdravotnictví nebo přírodních věd, je v této kapitole č. 4 označována jako „odborníci“ pro přehlednější vyhodnocování dotazníku.

Věková kategorie 18–30 let zastupovala soubor z 67 % (n=130), věková kategorie 31–50 let zastupovala soubor z 14 % (n=28), věková kategorie 51–65 let zastupovala soubor z 12 % (n=23), věková kategorie nad 65 let zastupovala soubor ze 7 % (n=13).

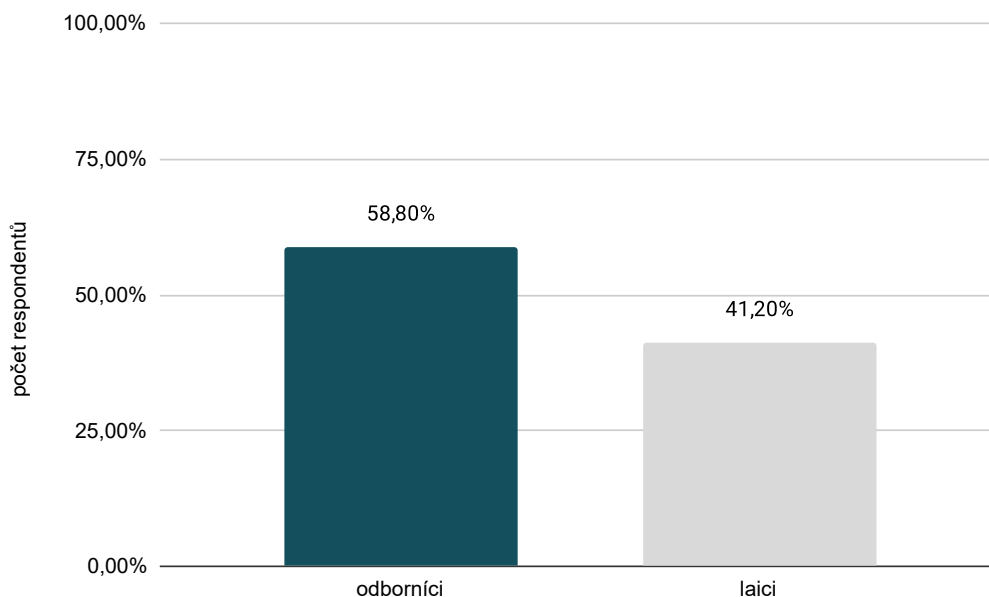
Nejzastoupenější věkovou kategorií byla 18–30 let (67 %; n=130), naopak nejméně zastoupenou byla kategorie nad 65 let (7 %; n=13).

Graf 1: Počet respondentů v jednotlivých věkových kategoriích.



Studenti nebo absolventi zdravotnických oborů či oborů přírodních věd (v grafu označení jako „odborníci“) zastupovali soubor z 58,8 % (n=114). Respondenti bez vzdělání v oboru zdravotnictví či přírodních věd, anebo studenti jiných oborů (v grafu označení jako „laici“) zastupovali soubor z 41,2 % (n=80).

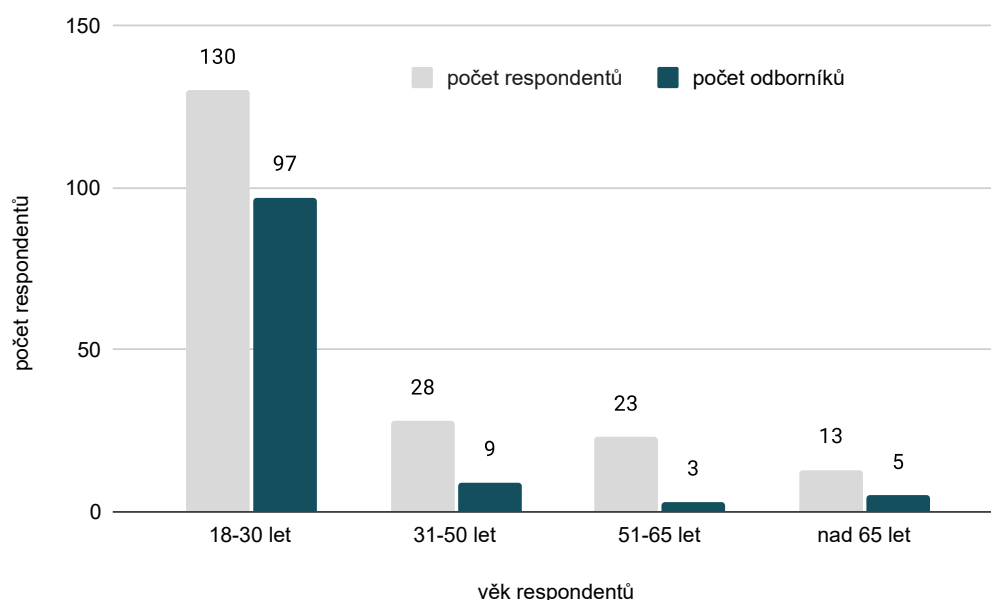
Graf 2: Procentuální zastoupení odborníků a laiků.



Následující graf vypovídá o počtu odborníků v jednotlivých věkových kategoriích. Ve věkové kategorii 18–30 let tvořili odborníci 75 % (n=97), ve věkové kategorii 31–50 let tvořili odborníci 32 % (n=9), ve věkové kategorii 51–65 let tvořili odborníci 13 % (n=3) a ve věkové kategorii nad 65 let tvořili odborníci 38 % (n=5).

Nejvyšší počet odborníků se tedy vyskytoval ve věkové kategorii 18–30 let (75 %; n=97), naopak nejnižší počet odborníků se vyskytoval ve věkové kategorii 51–65 let (13 %; n=3).

Graf 3: Počet odborníků v jednotlivých věkových kategoriích.



4.5 VÝSLEDKY A DISKUZE

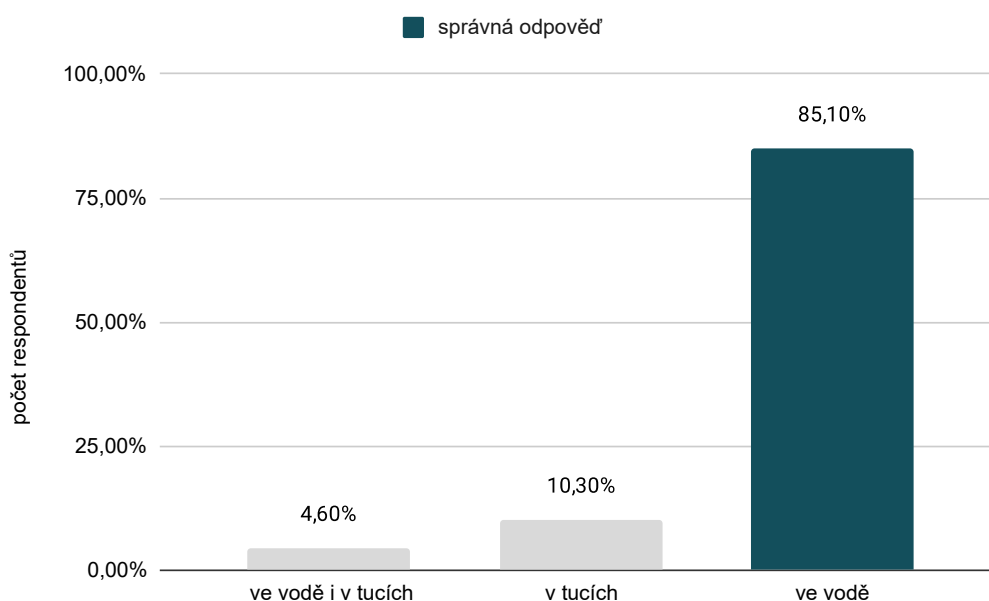
Otázka č. 3: Vitamin C je vitamin rozpustný?

Respondenti zde měli na výběr celkem ze 3 možností: 1) ve vodě i v tucích, 2) v tucích, 3) ve vodě. Správná odpověď byla, že vitamin C je vitamin rozpustný ve vodě.

Tuto možnost zvolilo celkem 85 % (n=165), z toho bylo 69 % (n=114) odborníků. Možnost „v tucích“ zvolilo 4,6 % (n=9) respondentů, z toho 0 % odborníků a možnost „ve vodě i v tucích“ zvolilo 10,3 % (n=20) respondentů, z toho 0 % odborníků.

Odborníci měli v této otázce 100 % úspěšnost.

Graf 4: Rozpustnost vitamínu C.



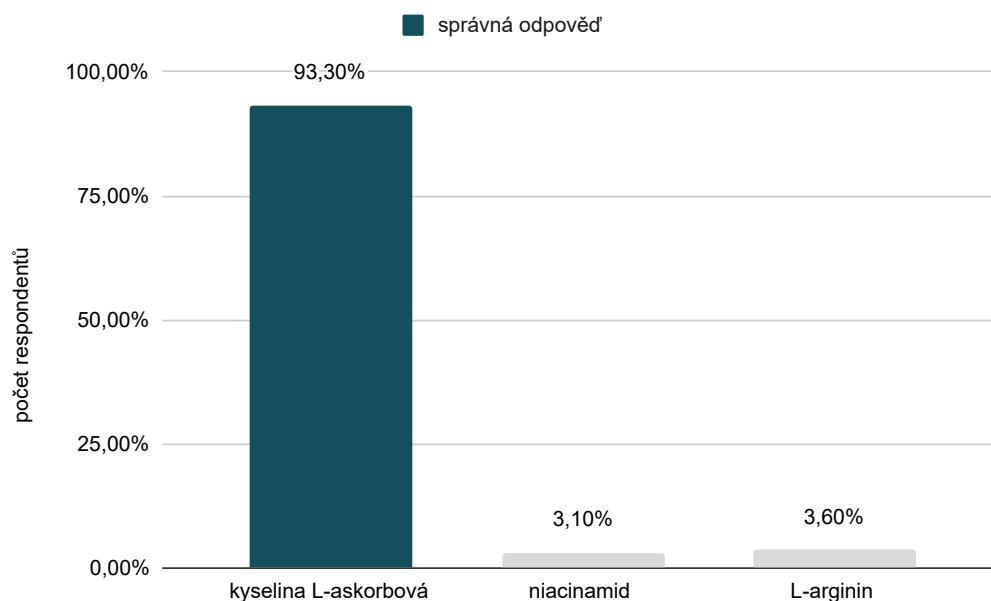
Otázka č.4: Vitamin C můžeme v léčivých přípravcích/doplňcích stravy najít pod názvem?

Respondenti zde měli na výběr celkem ze 3 možností: 1) kyselina L-askorbová, 2) niacinamid, 3) L-arginin. Správná odpověď byla, že vitamin C lze najít v léčivých přípravcích/doplňcích stravy pod názvem kyselina L-askorbová.

Správnou odpověď zvolilo celkem 93,3 % (n=181) respondentů, z toho 62,4 % (n=113) tvořili odborníci. Možnost „niacinamid“ zvolilo 3,1 % (n=6) respondentů, z toho tvořilo 0% odborníci a možnost „L-arginin“ zvolilo 3,6 % (n=7) respondentů, z toho tvořilo 14,3 % (n=1) odborníci.

Odborníci měli v této otázce 99 % úspěšnost.

Graf 5: Název vitamínu C v léčivých přípravcích a doplňcích stravy.



Otázka č. 5: Která z potravin obsahuje nejvíce vitamínu C (mg) na 100 g dané potraviny v syrovém stavu?

V této otázce měli respondenti na výběr 5 různých potravin u kterých měli vybrat jednu, u které si myslí, že obsahuje nejvíce mg vitamínu C na 100 g. Na výběr měli ze šípku, citronu, červené papriky, rakytníku a pomeranče.

Správná odpověď byl rakytník, který může obsahovat až 2500 mg vitamínu C na 100 g. Tuto odpověď zvolilo pouze 28,9 % (n=56) respondentů, z toho 42,9 % (n=24) tvořili odborníci.

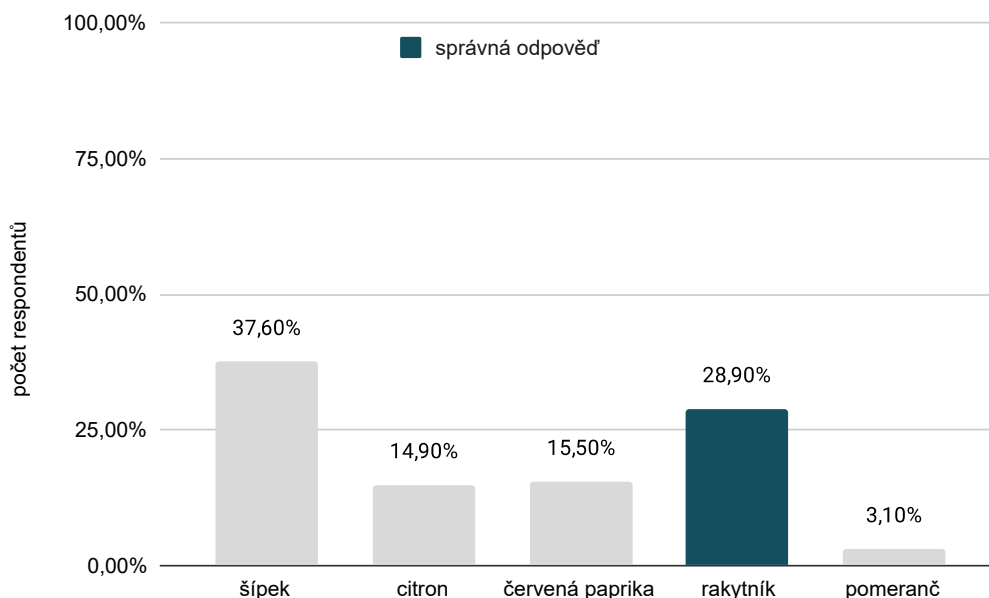
Nejvíce respondentů 37,6 % (n=73) zvolilo „šípek“ jako potravinu, u které si mysleli, že je nejbohatší na vitamin C, z toho 74 % (n=54) tvořili odborníci. Dále 15,5 % (n=30) zvolilo „červenou papriku“, z toho 63,3 % (n=19) tvořili odborníci, 14,9 % (n=29) zvolilo „citron“, z toho 55,2 % (n=16) tvořili odborníci a 3,1 % (n=6) zvolilo „pomeranč“, z toho 16,7 % (n=1) tvořili odborníci.

Odborníci měli v této otázce 21,1 % úspěšnost.

Dle zdrojů, uvedených v podkapitole 2.7 ZDROJE VITAMINU C obsahuje šípek přibližně 426 mg na 100 g plodů [68], zatímco obsah vitamínu C v rakytníku se pohybuje v rozmezí 114 mg – 2500 mg na 100 g plodů – průměrně 695 mg / 100

g [65]. Je možné, že nejčastěji volenou odpovědí byl šípek z toho důvodu, že údaje dostupné na internetu o obsahu vitamínu C v potravinách mohou být odlišné. Rakytník (správná odpověď) byl totiž respondenty volen hned jako druhou nejčastěji odpovědí.

Graf 6: Potravina s nejvyšším obsahem vitamínu C.



Otázka č. 6: DDD (doporučená denní dávka) vitamínu C u dospělých (vyjma kuřáků, těhotných a kojících žen) je?

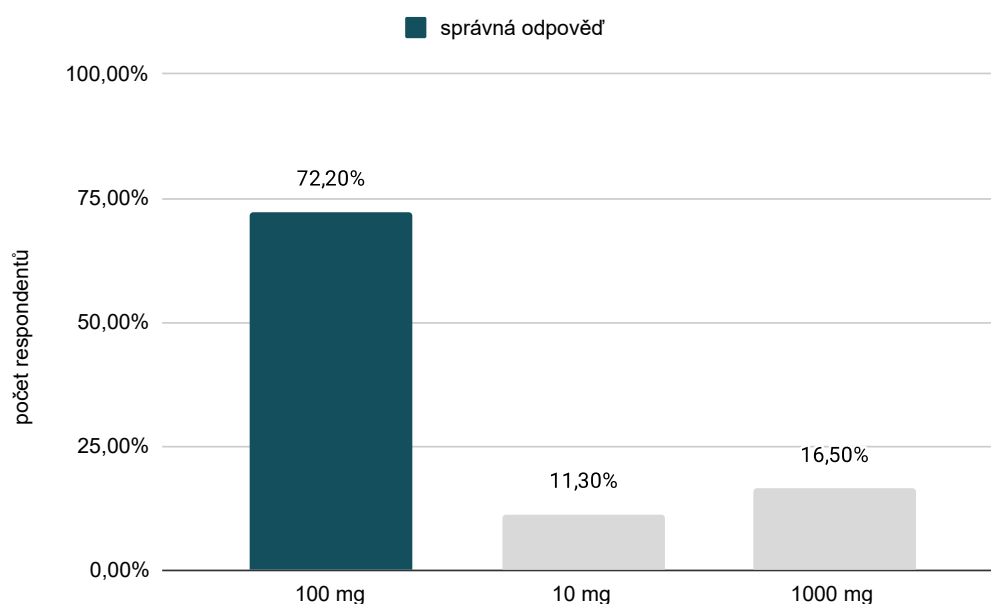
U této otázky měli respondenti na výběr ze 3 možností: 10 mg, 100 mg a 1000mg. Správná DDD vitamínu C je 100 mg.

Správnou odpověď uvedlo 72,2 % (n=140) respondentů, z toho 59,3 % (n=83) tvořili odborníci. Zbýlých 16,5 % (n=32) si myslí, že DDD vitamínu C je 1000 mg, z toho 71,9 % (n=23) tvoří odborníci a 11,3 % (n=22) si myslí, že DDD vitamínu C je 10 mg, z toho 36,4 % (n=8) tvoří odborníci.

Odborníci měli v této otázce 72,8 % úspěšnost.

Dle údajů z Harvardské univerzity, EFSA a DGE, uvedených v podkapitole 2.6.1 Denní doporučené dávky, je DDD vitamínu C přibližně 79–95 mg pro ženy a 90–105 mg pro muže [29,49,51].

Graf 7: DDD vitamínu C u dospělých.



Otázka č. 7: Při jakých zdravotních stavech může tělo vyžadovat vyšší denní potřebu vitamínu C?

Tato otázka nabízela celkem 4 možné odpovědi, přičemž bylo možné zaškrtnout 1 a více odpovědí.

Většina respondentů si myslí, že tělo vyžaduje zvýšenou denní potřebu vitamínu C při bakteriálním či virovém onemocnění. Tuto odpověď uvedlo 95,4 % (n=185) respondentů, z toho 58,4 % (n=108) tvořili odborníci.

Druhý nejčastější názor respondentů byl, že tělo může vyžadovat zvýšenou denní potřebu vitamínu C při onkologických onemocněních. Uvedla tak více než polovina – 56,2 % (n=109) respondentů, z toho 74,3 % (n=81) tvořili odborníci.

Zvýšený příjem vitamínu C je nutný při těžkém zvracení dle 14,4 % (n=28) respondentů, z toho 82,1 % (n=23) tvořili odborníci, a u migrény dle 12,4 % (n=24) respondentů, z toho 66,7 % (n=16) tvořili odborníci. Tyto 2 možnosti byly nesprávné.

Úspěšně odpovědělo 72,8 % odborníků. Odpověď byla hodnocena jako úspěšná, jestliže respondent ve své odpovědi nevedl žádnou z nesprávných možností.

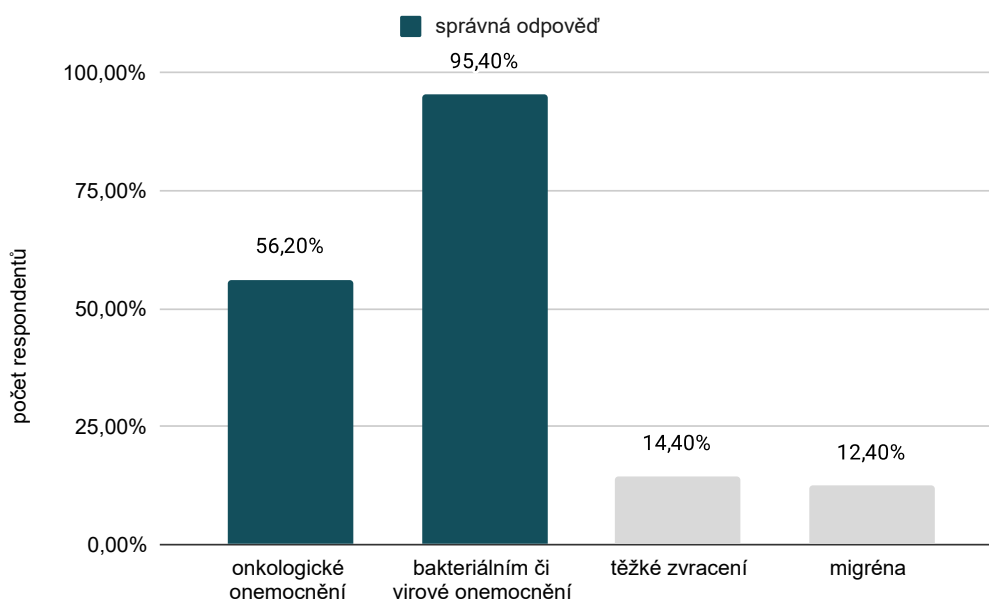
Dle zdrojů, uvedených v podkapitole 2.6.1 Denní doporučené dávky, je zvýšená potřeba vitamínu C především u osob trpících bakteriálním či virovým onemocněním a u onkologických pacientů [28,51,52].

Existují však studie, např. [147,148], které zkoumají potenciál vitamínu C při léčbě osob trpících migrénami, a jeví se, že zvýšený příjem vitamínu C by mohl mít příznivý účinek při tlumení příznaků migrén. Na potvrzení tohoto účinku vitamínu C je však zapotřebí více studií.

Při zvracení by měli pacienti zvýšit především příjem elektrolytů a tekutin pro léčbu či prevenci dehydratace způsobenou zvracením [149].

Z těchto důvodů byly odpovědi „migréna“ a „těžké zvracení“ v této otázce považovány za nesprávné.

Graf 8: Zvýšená potřeba vitamínu C u vybraných zdravotních stavů.



Otázka č. 8: Vitamin C je popsáný známý antioxidant. Víte, co to pojem antioxidant znamená?

Respondenti zde dostali na výběr ze 3 definicí, abychom si ověřili, že významu slova opravdu rozumí. Na výběr měli z následujících možností: antioxidant je 1) látka, která se účastní přeměny kyslíku na oxid uhličitý; 2) látka schopná eliminovat volné radikály; 3) látka, která v těle zvyšuje množství volných

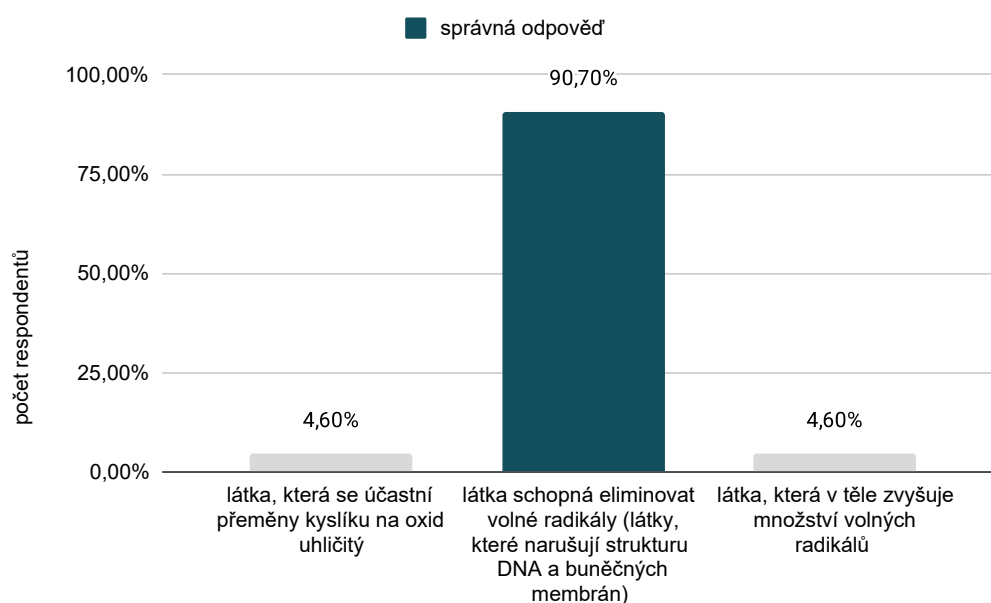
radikálů. Správná odpověď byla „antioxidant je látka schopná eliminovat volné radikály“.

Správnou možnost zvolila většina respondentů – 90,7 % (n=176), z toho 60,8 % (n=107) tvořili odborníci.

Možnost „látka, která se účastní přeměny kyslíku na oxid uhličitý“ zvolilo 4,6 % (n=9) respondentů, z toho 33,3 % (n=3) tvořili odborníci a možnost „látka, která v těle zvyšuje množství volných radikálů“ zvolilo 4,6 % (n=9), z toho 44,4 % (n=4) tvořili odborníci.

Odborníci měli v této otázce 93,9 % úspěšnost.

Graf 9: Znalost pojmu „antioxidant“.

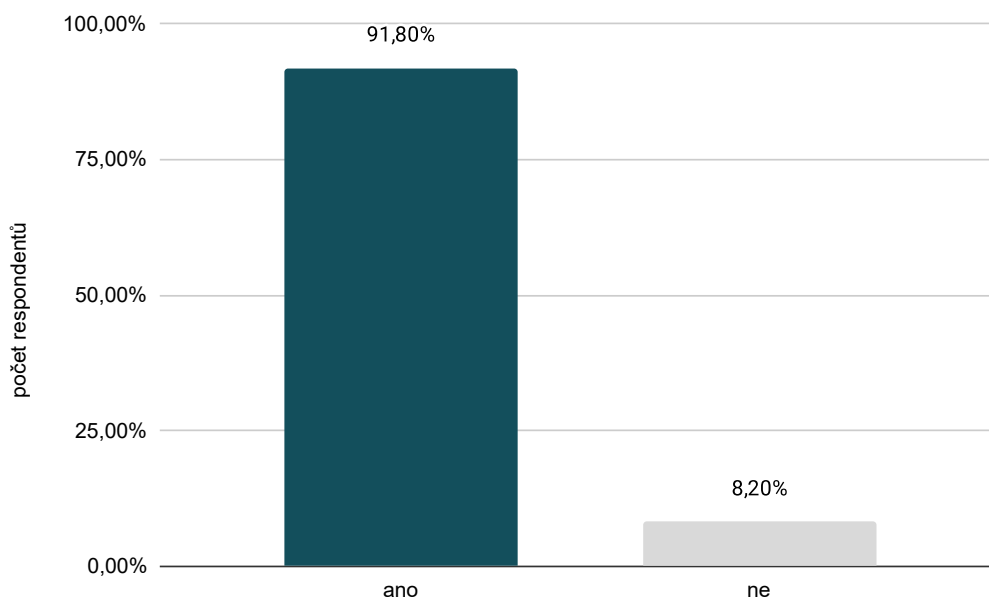


Otázka č. 9: Zvyšujete denní dávky vitamínu C při bakteriálních/virových onemocněních?

Tato otázka nabízela pouze možnosti odpovědi ano a ne. Z celkového počtu 194 respondentů uvedlo 91,8 % (n=178), že během bakteriálních nebo virových onemocnění zvyšuje denní příjem vitamínu C. Zbylých 8,2 % (n=16) respondentů uvádí, že vitamin C v takových případech nedoplňuje.

Při vyhodnocování této a následující otázky nastala chyba ze strany respondentů. Chyba je pro snazší pochopení popsána v následující otázce.

Graf 10: Zvyklost respondentů zvyšovat DDD vitamínu C při bakteriálních/virových onemocněních.



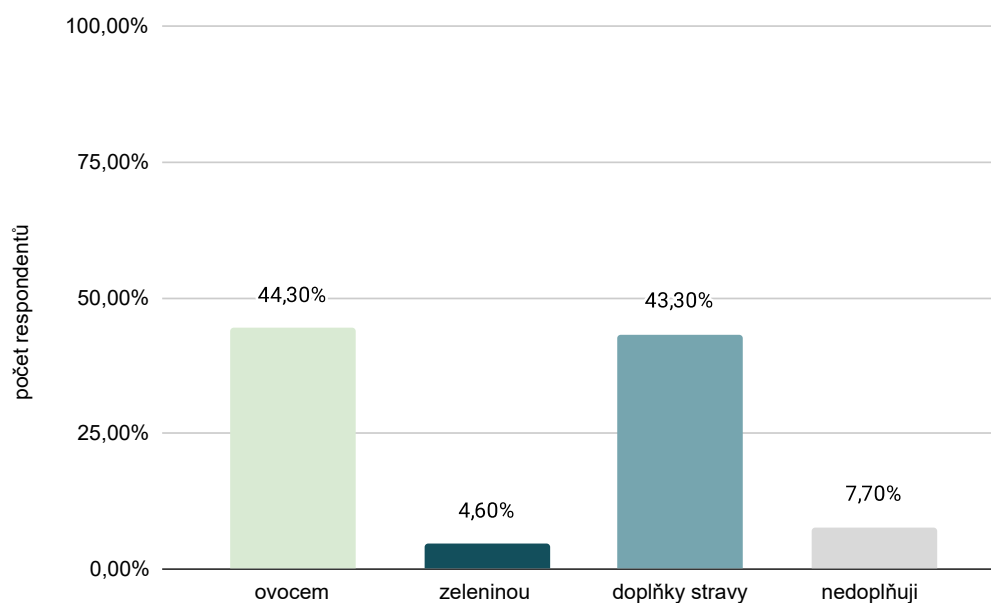
Otázka č. 10: Pokud při bakteriálních/virových onemocněních zvyšujete denní dávku vitamínu C, čím ho doplňujete?

V této otázce měli respondenti na výběr mezi ovocem, zeleninou, doplňky stravy a možností „nedoplňuji“. Nejčastěji respondenti uváděli, že dávku vitamínu C doplňují pomocí ovoce, a to ve 44,3 % (n=86) případech a doplňky stravy ve 43,3 % (n=84) případech. Pomocí zeleniny zvyšuje dávku vitamínu C jen 4,6 % (n=9) respondentů. Odpověď „nedoplňuji“ zvolilo 7,7 % (n=15) respondentů.

Zde nastala chyba při vyplňování dotazníku u 5ti respondentů. 3 respondenti v předchozí otázce uvedli, že vitamin C nedoplňují. V této otázce však 2 uvedli, že vitamin C doplňují ovocem a 1 doplňky stravy. Další 2 respondenti v předchozí otázce uvedli, že vitamin C doplňují, ale v této otázce zvolili odpověď „nedoplňuji“. Počet respondentů, kteří v této i v předchozí otázce uvedli, že vitamin C nedoplňují, se tak liší o 1 respondenta.

Uvedená data otázky č. 9 a č. 10 jsou tedy mírně zkreslena v důsledku této chyby.

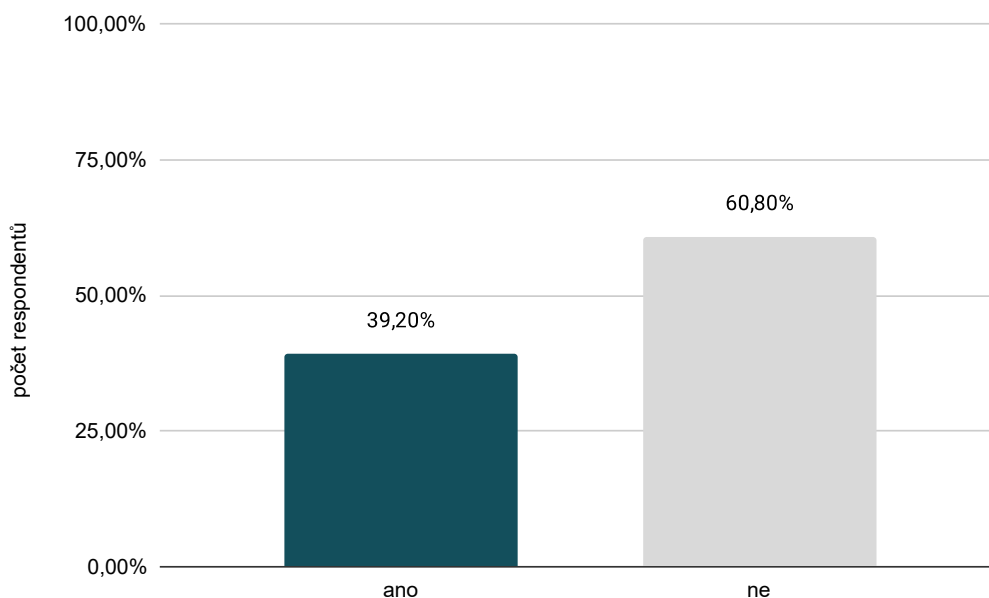
Graf 11: Způsob, kterým respondenti doplňují vitamin C při bakteriálních/virových onemocněních.



Otázka č. 11: Užíváte pravidelně doplňky stravy, které vitamin C obsahují?

Zde měli respondenti na výběr pouze z možností „ano“ nebo „ne“. 60,8 % (n=118) respondentů uvedlo, že pravidelně neužívají doplňky stravy obsahující vitamin C. Zbýlých 39,2 % (n=76) respondentů doplňky stravy s vitaminem C pravidelně užívá.

Graf 12: Zvyklost respondentů užívat doplňky stravy s obsahem vitamínu C.



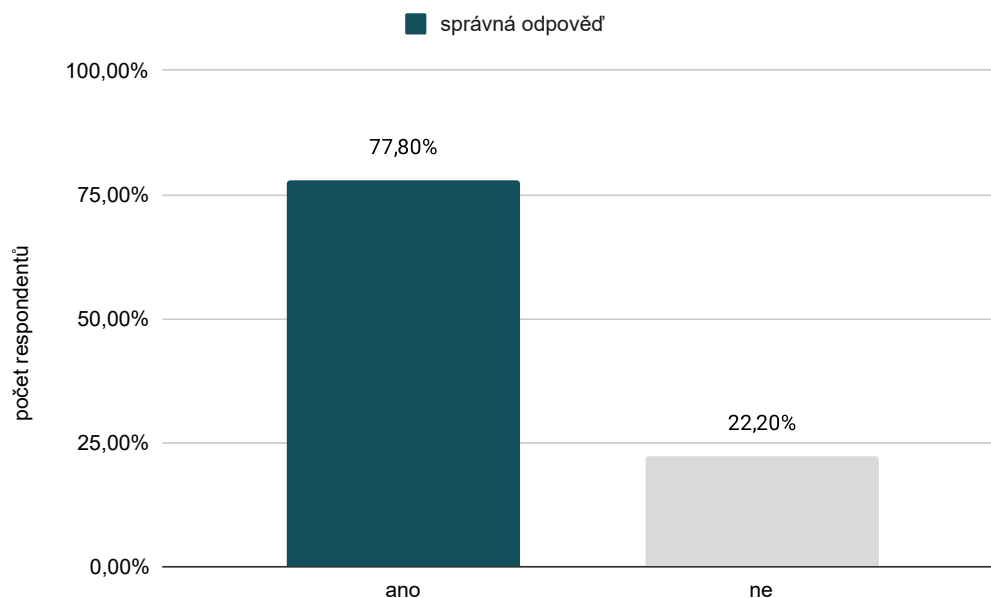
Otázka č. 12: Myslíte si, že je vitamin C důležitý v rámci prevence vzniku nádorových onemocnění?

V této otázce bylo na výběr pouze z odpovědí „ano“ nebo „ne“. 77,8 % (n=151) respondentů si myslí, že vitamin C je důležitý při prevenci vzniku nádorových onemocnění, z toho 56,3 % (n=85) tvořili odborníci, a 22,2 % (n=43) respondentů si nemyslí, že by byl vitamin C v tomto případě významný.

Dle zdrojů, uvedených v podkapitole 3.3 VITAMIN C A JEHO ROLE V PREVENCII VZNIKU NÁDOROVÝCH ONEMOCNĚNÍ, je vitamin C z tohoto hlediska důležitý z vícero důvodů. Podporuje lidskou imunitu, která se podílí na eliminaci nádorových buněk v organismu [113], snižuje míru oxidačního stresu, což má za důsledek snížení množství volných radikálů v těle, které se mohou podílet na vzniku onkologických onemocnění [108], a také se vitamin C účastní jako kofaktor mnoha enzymatických reakcí, které mají za úkol např. demetylovat metylovanou DNA apod. [115].

S tímto tvrzením se shoduje 74,6 % dotazovaných odborníků.

Graf 13: Důležitost vitamínu C při prevenci vzniku nádorových onemocnění.



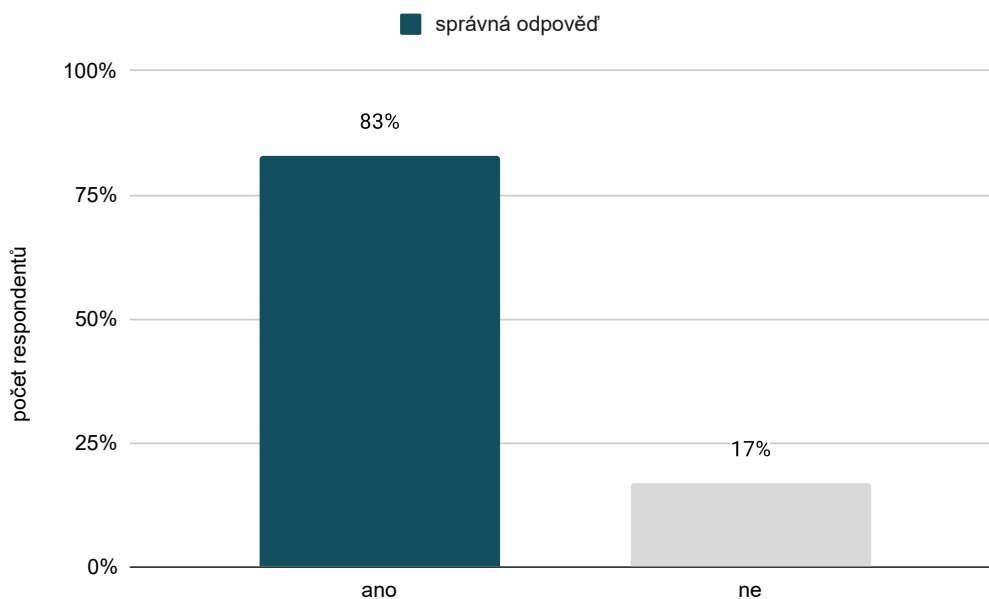
Otázka č. 13: Myslíte si, že by kuřáci měli mít zvýšený denní příjem vitamínu C?

Zde 83 % (n=161) respondentů uvedlo, že si myslí, že kuřáci by měli mít zvýšený příjem vitamínu C. Pouze 17 % (n=33) respondentů uvedlo, že si to nemyslí.

Dle údajů z Harvardské univerzity, EFSA a DGE, uvedených v podkapitole 2.6.1 Denní doporučené dávky, mají kuřáci zvýšenou denní potřebu vitamínu C. U zdravých jedinců (vyjma kuřáků, těhotných a kojících žen) je denní potřeba vitamínu C přibližně 100 mg, zatímco u kuřáků je denní potřeba vitamínu C zvýšena na 125–155 mg pro muže a 110–135 mg pro ženy [29,49,51].

S tímto tvrzením se shoduje 87,7 % dotazovaných odborníků. Vzhledem ke stanovené výzkumné otázce je také nutno uvést, že s tímto tvrzením souhlasí také 65 % části laiků.

Graf 14: DDD vitamínu C u kuřáků.



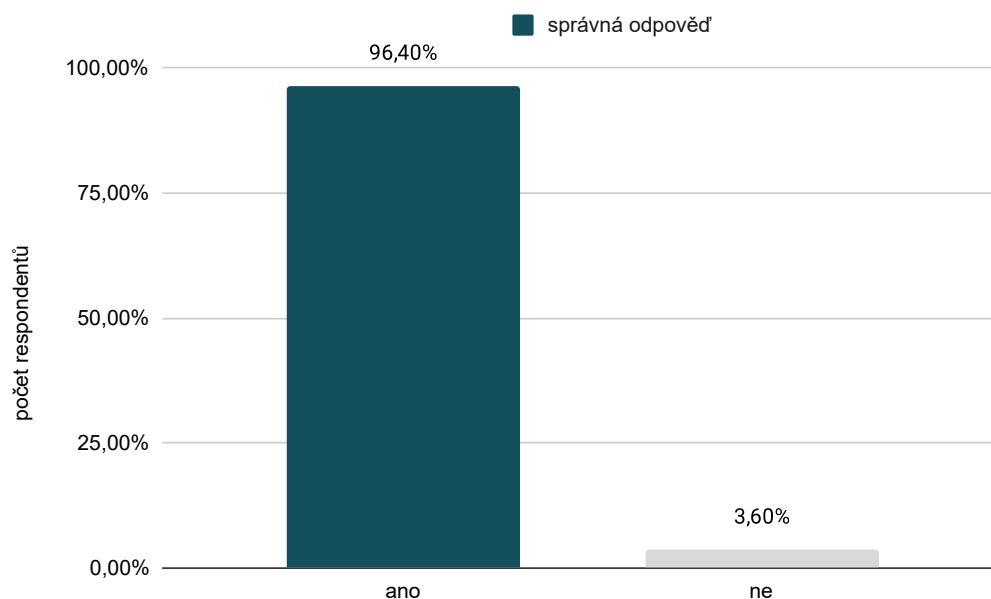
Otázka č. 14: Myslíte si, že vitamin C posiluje imunitu lidského organismu?

Většina respondentů, konkrétně 96,4 % (n=187), si myslí, že vitamin C posiluje lidskou imunitu. Pouze 3,6 % (n=7) si nemyslí, že by vitamin C lidskou imunitu posiloval.

Dle zdrojů, uvedených v podkapitole 3.3.2 Vliv vitamínu C na imunitu, vitamin C lidskou imunitu významně posiluje. Podporuje funkci imunity, snižuje hladinu zánětlivých interleukinů a ochraňuje imunitní buňky před volnými radikály [113].

S tímto tvrzením se shoduje 97,4 % dotazovaných odborníků.

Graf 15: Vliv vitamínu C na lidskou imunitu.



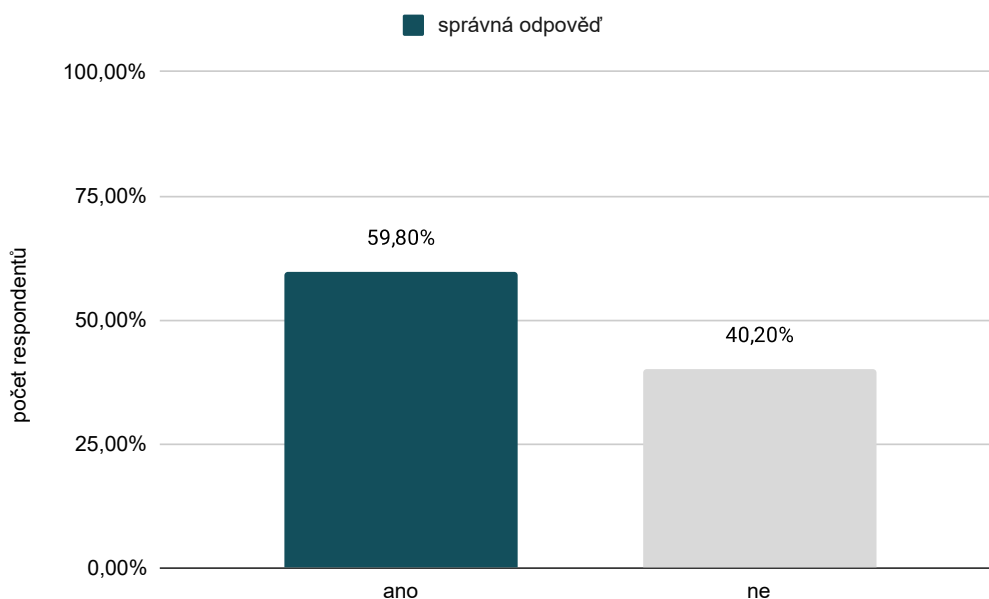
Otázka č. 15: Myslíte si, že vitamin C je důležitý pro tvorbu kolagenu (= základní stavební jednotka pro pojivové tkáně lidského těla, např. pro chrupavky, kosti, ...)?

V této otázce 59,8 % (n=116) respondentů uvedlo, že si myslí, že je vitamin C důležitý pro tvorbu kolagenu. Zbylých 40,2 % (n=78) respondentů si nemyslí, že by byl vitamin C v tomto procesu důležitý.

Dle zdrojů, uvedených v podkapitole 2.5 FUNKCE, je vitamin C hraje roli jako kofaktor při tvorbě kolagenu v lidském organismu [23,49].

S tímto tvrzením se shoduje 70,2 % dotazovaných odborníků.

Graf 16: Vliv vitamínu C na tvorbu kolagenu.



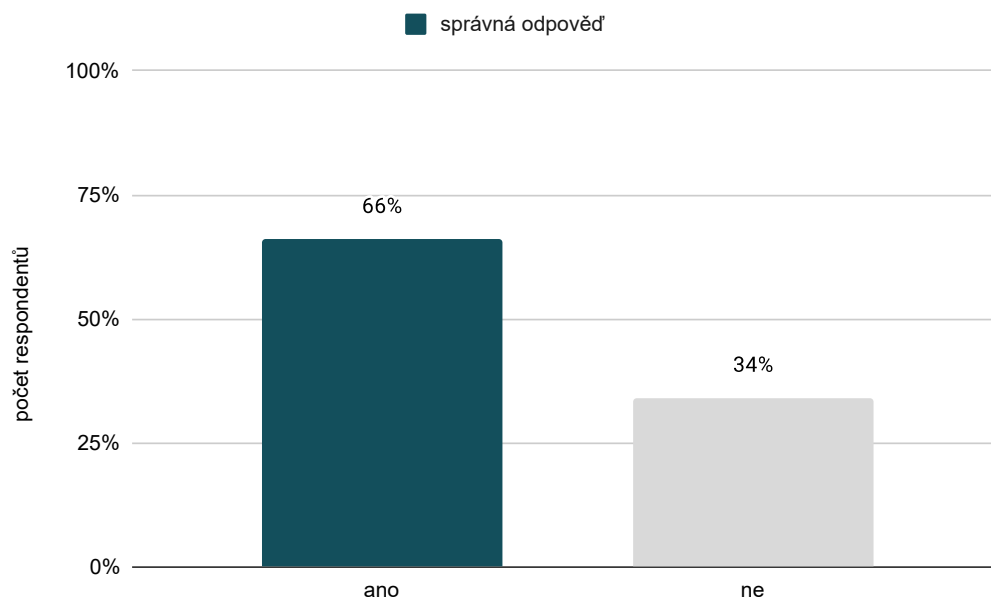
Otázka č. 16: Myslíte si, že je vitamin C důležitý pro lepší vstřebávání železa?

66 % (n=128) respondentů si myslí, že vitamin C je pro lepší vstřebávání železa důležitý. Ostatních 34 % (n=66) respondentů si toto o vitaminu C nemyslí.

Dle zdrojů, uvedených v podkapitole 2.5 FUNKCE, vitamin C přispívá k efektivnějšímu vstřebávání železa [23,49].

S tímto tvrzením se shoduje 71,9 % dotazovaných odborníků.

Graf 17: Vliv vitamínu C na vstřebávání železa.



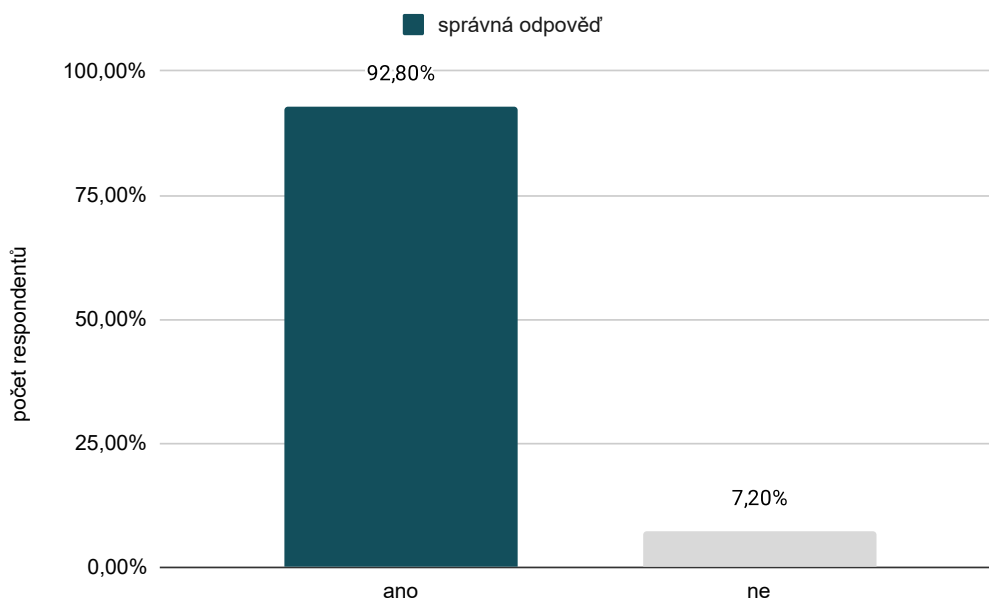
Otázka č. 17: Myslíte si, že vitamin C snižuje oxidační stres (vyvolaný volnými radikály, které poškozují buňky, strukturu DNA, ...) v lidském organismu?

Většina respondentů, konkrétně 92,8 % (n=180) si myslí, že vitamin C oxidační stres snižuje. Pouze 7,2 % (n=14) respondentů si nemyslí, že by vitamin C oxidační stres v těle snižoval.

Dle zdrojů, uvedených v podkapitole 3.3.1 Vliv vitamínu C na oxidační stres, vitamin C významně přispívá ke snižování míry oxidačního stresu. Jelikož volné radikály jsou vysoce reaktivní molekuly, které jsou schopny poškodit i DNA buněk, je důležité vysokou hladinu radikálů regulovat, k čemuž přispívají antioxidanty, jako je např. vitamin C. Udržením hladiny oxidačního stresu ve fyziologických mezích je součástí prevence mnoha chorob, včetně rakoviny [108].

S tímto tvrzením se shoduje 96,5 % dotazovaných odborníků.

Graf 18: Vliv vitamínu C na oxidační stres.



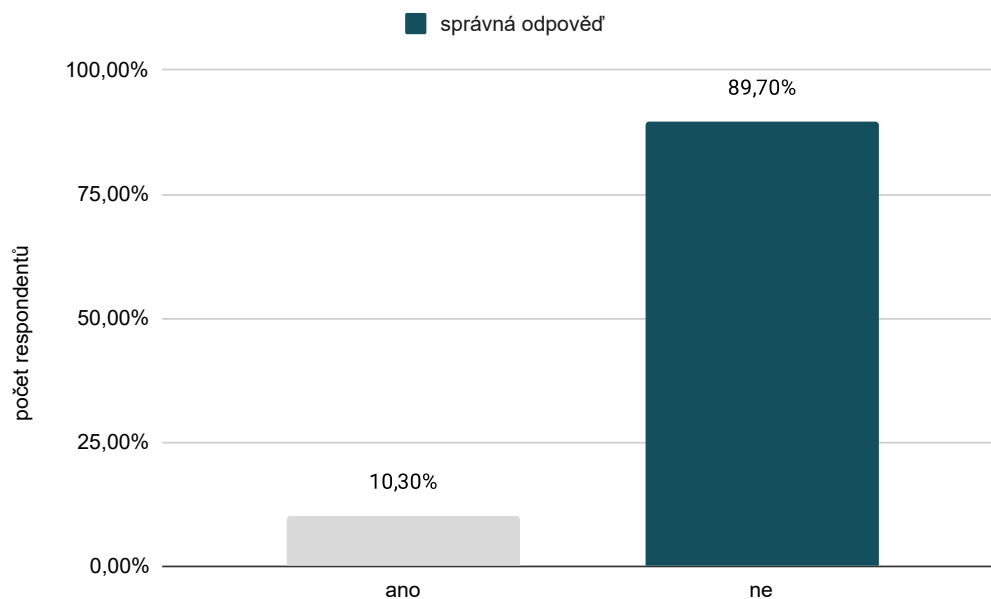
Otázka č. 18: Myslíte si, že naše tělo si vitamin C dokáže vytvořit?

89,7 % (n=174) respondentů si o vitamínu C myslí, že si ho naše tělo nedokáže vytvořit. Zbýlých 10,3 % (n=20) si myslí, že lidské tělo tuto schopnost má.

Dle zdrojů, uvedených v kapitole 2 VITAMIN C jsou některé organismy schopné si sami vytvářet vitamin C z kyseliny glukuronové. Lidské tělo takovou schopnost nemá, a vitamin C proto musíme přijímat ze stravy [23].

S tímto tvrzením se shoduje 93 % dotazovaných odborníků.

Graf 19: Schopnost lidského těla tvořit vitamin C.



4.5.1 Odpovědi na výzkumné otázky

Cílem práce bylo zmapovat, jak vysoké je povědomí o vitaminu C v široké veřejnosti v různých věkových skupinách, a také zjistit, zda má na správnost odpovědí vliv vzdělání či studium v oboru zdravotnictví či přírodních věd. Dotazník byl zaměřen také na zkoumání zvyklostí respondentů v souvislosti s konzumací zdrojů vitaminu C. Položila jsem si 4 výzkumné otázky, na které navazovalo dotazníkové šetření.

Výzkumná otázka č. 1: Jak vysokou úspěšnost ve správných odpovědích budou mít studenti nebo lidé se vzděláním v oboru zdravotnictví či přírodních věd ve vědomostních otázkách (otázky číslo 3–8 a 12–18)?

Úspěšnost odborníků ve vědomostních otázkách byla v průměru 79,8 %. Nejméně úspěšní byli odborníci při odpovídání otázky č. 5, která se dotazovala na potravinu, která obsahuje nejvíce mg vitaminu C na 100g potraviny v syrovém stavu. V této otázce byly uvedeny jedny z nejvýznamnějších potravinových zdrojů vitaminu C, takže i pro odborníky mohlo být těžké určit, která potravina obsahuje nejvíce vitaminu C. Je možné, že z tohoto důvodu byli odborníci v této otázce málo úspěšní. Úspěšnost odborníků zde byla 21,1%.

Nejúspěšnější byli odborníci při odpovídání otázky č. 3, kde měli 100 % úspěšnost. Daná otázka se dotazovala, zda je vitamin rozpustný ve vodě, v tucích či ve vodě i v tucích. Jelikož se jedná o jednu ze základních informací o vitamínech obecně, není překvapující, že úspěšnost u této otázky byla vysoká.

V ostatních otázkách měli odborníci úspěšnost 70 % a vyšší.

Výzkumná otázka č. 2: Bude většina respondentů s jiným studiem nebo vzděláním než v oboru zdravotnictví či přírodních věd vědět, že kuřáci by měli mít zvýšený příjem vitamínu C?

Ano, většina respondentů, konkrétně 65 %, s jiným studiem nebo vzděláním než v oboru zdravotnictví či přírodních věd si myslela, že kuřáci by skutečně měli přijímat více vitamínu C.

Kuřáci by dle článku [150] měli přijímat zvýšené množství vitamínu C, a to především z důvodu vyšší potřeby antioxidantů, vzhledem ke zvýšené míře oxidačního stresu v důsledku kouření.

Výzkumná otázka č. 3: Bude většina respondentů přesvědčena o důležitosti vitamínu C v rámci prevence vzniku nádorových onemocnění? Jaká část z těchto respondentů budou studenti nebo lidé se vzděláním v oboru zdravotnictví či přírodních věd?

Ano, většina respondentů, konkrétně 77,8 %, si myslela, že vitamin C je důležitý v rámci prevenci vzniku nádorových onemocnění. Přibližně polovinu těchto respondentů tvořili odborníci, konkrétně 56,3 %.

Dle zdrojů zmíněných v podkapitole 3.3 „Vitamin C a jeho role v prevenci proti nádorovým onemocnění“, např. v článku [112], je popsáno, jak vitamin C podporuje přirozenou obranyschopnost lidského organismu, a také napomáhá snižovat míru oxidačního stresu, který je jeden z rizikových faktorů pro vznik onkologických onemocnění. Tyto vlastnosti vitamínu C jsou jedním z důvodů, proč je důležitý v prevenci vzniku nádorových onemocnění.

Výzkumná otázka č. 4: Kolik respondentů bude při léčbě bakteriálních/virových onemocněních zvyšovat svůj denní příjem vitamínu C?

Při odpovědi na tuto otázku bylo vycházeno ze získaných dat z otázky č. 9 (Zvyšujete denní dávky vitamínu C při bakteriálních/virových onemocněních?) a otázky č. 10 (Pokud při bakteriálních/virových onemocněních zvyšujete dávku vitamínu C, čím ho doplňujete?). Bylo zjištěno, že zde nastala chyba při vyplňování dotazníku u 5ti respondentů. 3 respondenti v otázce č. 9 uvedli, že vitamín C nedoplňují, ale zároveň v otázce č. 10 uvedli jeden ze způsobů, pomocí kterých vitamín C doplňují. Další 2 respondenti v otázce č. 9 uvedli, že vitamín C při zmíněných onemocněních doplňují, ale v otázce č. 10 uvedli, že nedoplňují. Výsledek se tedy liší o 1 respondenta v možnosti „nedoplňují“.

Z dat tedy lze obecně říct, že vitamín C doplňuje přibližně 178 ze 194 dotazovaných respondentů.

Vitamín C doplňují téměř všichni dotazovaní respondenti, což může být z důvodu zvýšené povědomosti o účincích vitamínu C na lidskou imunitu. To může být zapříčiněno vlivem komerční propagace užívání výrobků s obsahem vitamínu C jako doplňků stravy během onemocnění. Např. firma Zentiva vlastní přípravek CELASKON® (doplňek stravy s obsahem vitamínu C) staví propagaci produktu především za účelem užívání pro posílení imunity při nachlazení nebo chřipce [151].

Omezením při vyhodnocování výzkumných otázek bylo nerovnoměrné rozložení zdravotníků v rámci věkových skupin. Také počet respondentů z každé věkové skupiny se výrazně lišil, jelikož více než polovina respondentů se řadila ke skupině 18–30 (n=97), další věková skupina 31–50 obsahovala už jen 28 respondentů a jejich počet klesal s narůstajícím věkem respondentů, např. nejstarší věková kategorie (nad 65 let) obsahovala pouhých 13 respondentů. Pro získání přesnějšího výsledku by bylo zapotřebí rovnoměrnější zastoupení jednotlivých věkových skupin, a zároveň rovnoměrnější zastoupení odborníků v každé věkové kategorii.

Dalším omezením bylo nepřesné vyhodnocování některých otázek, které bylo způsobené chybným vyplněním odpovědí respondentů, jako to bylo např. v otázce č. 9 a 10.

Také nebylo možné dohledat průzkumy, které by se zabývali zvyklostmi vědomostmi o vitamínu C v laické a odborné populaci v ČR, a nebylo tak možné výsledky porovnat s jinými studiemi.

S narůstajícím množstvím studií a výzkumu v oblasti vitamínu C a jeho funkcí (nejen v onkologii) bych navrhovala další dotazníkové šetření, které by se mohlo zaměřit na zájem respondentů o toto téma.

V oblasti zdravotnického sektoru by se mohlo zkoumat, zda si zdravotníci vyhledávají nové studie a proaktivně se snaží zjistit nové informace, což by mohlo ukázat, zda mají zdravotníci zájem o nové poznatky nejen ohledně vitamínu C, ale ohledně nových metod a zjištěních obecně.

ZÁVĚR

Vitamin C je významnou esenciální látkou pro lidský organismus. Účastní se mnoha metabolických reakcí, zejména tvorby kolagenu, vstřebávání železa, snižování míry oxidačního stresu a stimulace imunity. Významnou roli hraje vitamin C také v prevenci vzniku nádorových onemocnění.

Pro uvedení do tématu tato práce začíná rozebráním obecných informací o vitaminu C, jeho funkci a jeho roli ve výživě a následuje kapitola o vitaminu C v prevenci vzniku nádorových onemocnění, kde jsou podrobněji popsány mechanismy účinků vitaminu C, díky kterým je pro tuto prevenci významný.

Poslední oddíl teoretické části bakalářské práce je věnován nejnovějším poznatkům a zjištěním ohledně vitaminu C a jeho využití v onkologii. Kapitola se zabývá účinky vitaminu C na nádor, na protinádorovou imunitu, popisuje také vysoké podávání dávek vitaminu C intravenózně a jaký má tento způsob efekt, a nakonec je popsáno i využití vitaminu C jako adjuvantní léčby a jeho efekt při použití s chemoterapeutiky, kdy v některých případech může dokonce zvyšovat jejich účinnost. Je však nutné zmínit, že poznatky zmíněné v této kapitole potřebují v mnoha případech další studie pro potvrzení zjištěných poznatků.

Předmětem praktické části bylo dotazníkové šetření, jehož cílem bylo zjistit, jaká je informovanost o vitaminu C mezi širokou veřejností i mezi lidmi, kteří studují nebo mají vzdělání v oboru zdravotnictví či přírodních věd a jaké jsou zvyklosti všech respondentů při užívání vitaminu C. Zároveň byly položeny 4 výzkumné otázky.

Ze zjištěných výsledků je zřejmé, že respondenti mají o vitaminu C vysokou informovanost, jelikož ve většině otázek odpověděli správně. Vědomostní otázky se dotazovaly na základní informace o vitaminu C (např. „Myslíte si, že vitamin C posiluje lidskou imunitu?“), tak i na oblasti o vitaminu C, které mohly být respondentům méně známé (např. „Myslíte si, že je vitamin C důležitý pro lepší vstřebávání železa?“). Na zvyklosti respondentů se dotazník zaměřil ve 3 otázkách, které se dotazovaly na zvyšování denní dávky vitaminu C při nemoci a na pravidelné užívání doplňků stravy s obsahem vitaminu C.

V souvislosti se stanovenými výzkumnými otázkami z vyhodnoceného dotazníku vyplývá: odborníci měli ve vědomostních otázkách

v průměru 81,2% úspěšnost; většina respondentů bez odborného vzdělání věděla, že kuřáci by měli mít zvýšený příjem vitamínu C; 77,8% respondentů, z toho 56,3% odborníků, si myslí, že vitamín C je důležitý pro prevenci vzniku nádorových onemocnění; téměř všichni respondenti doplňují vitamín C během nemoci.

Byla určena omezení praktické části a byly navrženy úpravy pro případné další dotazníkové šetření.

SOUHRN

Bakalářská práce se zabývá vitaminem C a jeho významem v lidské výživě a v prevenci vzniku nádorových onemocnění. Práce dělí na část teoretickou a část praktickou.

Teoretická část na začátku obsahuje krátký úvod k vitaminům a jejich funkcím a následně se práce věnuje už výhradně vitaminu C. Jsou zde popsány obecné informace o vitaminu C, jako je jeho chemické složení, funkce, jeho zdroje ve výživě, doporučené denní dávky, a následně se bakalářská práce zabývá jeho úlohou v prevenci vzniku nádorových onemocněních, kde rozebírá jednotlivé funkce vitaminu C mající na prevenci vliv. Závěr teoretické části je věnován nejnovějším poznatkům a studiím, které jsou v počátečním stadiu výzkumu vitaminu C a jeho možné úloze při léčbě onkologických onemocnění.

Praktická část je zaměřena na vyhodnocení dotazníkového šetření, kterého se zúčastnilo 194 respondentů, kteří byli různých věkových kategorií a byl brán ohled především na jejich vzdělání. Dotazník se skládal z 18ti otázek, které byly zaměřeny jak na vědomosti respondentů, tak na jejich zvyklosti v souvislosti s vitaminem C.

Výsledky naznačují, že informovanost laiků i odborníků je poměrně vysoká. Závěrem bylo doporučeno další dotazníkové šetření s větším ohledem na rovnoměrné zastoupení zkoumaných skupin.

Klíčová slova: vitamin C, prevence, onkologie

SUMMARY

The bachelor thesis deals with vitamin C and its importance in human nutrition and cancer prevention. The dissertation is divided into a theoretical and a practical part.

The theoretical part begins with a brief introduction to vitamins and their functions, and then the thesis focuses exclusively on vitamin C. General information about vitamin C is described, such as its chemical composition, functions, sources in the diet, recommended daily doses, and then the thesis deals with its role in cancer prevention, discussing the individual functions of vitamin C that affect prevention. The theoretical part concludes with the latest findings and hypotheses from studies and research on vitamin C in oncology.

The practical part focuses on the evaluation of a questionnaire survey in which 194 respondents of different ages and educational backgrounds participated. The questionnaire consisted of 18 questions focusing on both the respondents' knowledge and their vitamin C habits.

The results indicate that the awareness of both lay and expert respondents is quite high. In conclusion, it was recommended that further questionnaires be carried out with greater attention to equal representation of the groups surveyed.

Keywords: vitamin C, prevention, oncology

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. FAJFROVÁ, Jana a Vladimír PAVLÍK. Vitaminy, jejich funkce a využití. *Medicína pro praxi* [online]. 2013, **10**(2), 81-84 [cit. 2023-11-07]. Dostupné z: <https://www.solen.cz/pdfs/med/2013/02/09.pdf>
2. MÜLLEROVÁ, Dana. *Zdravá výživa a prevence civilizačních nemocí ve schématech: z pohledu jednotlivce i populačních skupin*. Vyd. 1. Praha: Triton, 2003. ISBN 80-725-4421-7.
3. SOBOTKA, Luboš. VITAMINY. *Interní medicína pro praxi*[online]. 2003, (2), 61-67 [cit. 2023-11-07]. Dostupné z: <https://www.solen.cz/pdfs/int/2003/02/04.pdf>
4. BAYER, Milan. Vitaminy rozpustné v tucích. Online. *Praktické lékárenství*. 2008, roč. 4, č. 5, s. 235-237. Dostupné z: <https://www.solen.cz/pdfs/lek/2008/05/10.pdf>. [cit. 2023-11-07].
5. HLÚBIK, Pavel. Vitaminy - důležitý faktor ovlivňující zdraví I. část - Metabolismus liposolubilních vitaminů. *Interní medicína pro praxi* [online]. 2001, **3**(11), 503-505 [cit. 2023-11-07]. Dostupné z: <https://www.solen.cz/pdfs/int/2001/11/03.pdf>
6. EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY (EFSA). DRV Finder. *Vitamin A* [online]. 2019 [cit. 2023-11-12]. Dostupné z: <https://multimedia.efsa.europa.eu/drvs/index.htm?lang=cs>
7. HENDRYCHOVÁ, Tereza a Josef MALÝ. Specifika potřeby vitaminů u zdravých těhotných a kojících žen, dětí a seniorů. *Praktické lékárenství* [online]. 2013, **9**(4-5), 196-200 [cit. 2024-02-24]. Dostupné z: <https://www.solen.cz/pdfs/lek/2013/04/10.pdf>
8. SOVOVÁ, Eliška. Suplementace vitamínu D – aktuální poznatky. *Medicína pro praxi* [online]. 2022, 2022-9-29, **19**(4), 304-307 [cit. 2023-11-19]. ISSN 12148687. Dostupné z: doi:10.36290/med.2022.046
9. MUSAZADEH, Vali et al. Vitamin D protects against depression: Evidence from an umbrella meta-analysis on interventional and observational meta-analyses. *Pharmacological Research* [online]. 2023, **187**[cit. 2024-11-19]. ISSN 10436618. Dostupné z: doi:10.1016/j.phrs.2022.106605

10. JUDPRASONG, Kunchit et al. Effect of Ultraviolet Irradiation on Vitamin D in Commonly Consumed Mushrooms in Thailand. *Foods* [online]. 2023, **12**(19) [cit. 2023-11-19]. ISSN 2304-8158. Dostupné z: doi:10.3390/foods12193632
11. Dietary reference values for vitamin D. *EFSA Journal* [online]. 2016, **14**(10) [cit. 2024-05-11]. ISSN 18314732. Dostupné z: doi:10.2903/j.efsa.2016.4547
12. JIMRAMOVSKÝ, Tomáš. Vitaminy a stopové prvky u novorozenců. *Pediatric pro praxi* [online]. 2018, 2018-10-25, **19**(5), 256-261 [cit. 2023-11-26]. ISSN 12130494. Dostupné z: doi:10.36290/ped.2018.051
13. KLADENSKÝ, Jiří. Vliv vitaminů, minerálů a stopových prvků na lidské zdraví s podrobnějším zaměřením na urogenitální systém. Jaká rizika přináší jejich deficit či předávkování? – 1. část. *Urologie pro praxi* [online]. 2017, 2017-5-1, **18**(2), 58-62 [cit. 2023-11-27]. ISSN 12131768. Dostupné z: doi:10.36290/uro.2017.014
14. Scientific Opinion on Dietary Reference Values for vitamin E as α -tocopherol. *EFSA Journal* [online]. 2015, **13**(7) [cit. 2023-11-27]. ISSN 18314732. Dostupné z: doi:10.2903/j.efsa.2015.4149
15. RAEDERSTORFF, Daniel et al. Vitamin E function and requirements in relation to PUFA. *British Journal of Nutrition* [online]. 2015, 2015-10-28, **114**(8), 1113-1122 [cit. 2023-11-27]. ISSN 0007-1145. Dostupné z: doi:10.1017/S000711451500272X
16. OWEN, Kristen N. a Olga DEWALD. *Vitamin E Toxicity* [online]. StatPearls Publishing, 2023 [cit. 2023-11-26]. 33232043. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK564373/>
17. DUNOVSKÁ, K. et al. Vitamin K a jeho význam v laboratorní medicíně. *Klinická biochemie a metabolismus* [online]. 2018, (1), 27-34 [cit. 2023-11-23]. Dostupné z: <https://www.cskb.cz/wp-content/uploads/2019/10/Dunovska.pdf>

18. FOJTÍK, Petr et al. Výživa a sekundární osteoporóza. *Interní medicína pro praxi* [online]. 2009, **11**(12), 561-568 [cit. 2023-11-25]. Dostupné z: <https://www.internimediceina.cz/pdfs/int/2009/12/08.pdf>
19. KANEKI, Masao et al. Japanese fermented soybean food as the major determinant of the large geographic difference in circulating levels of vitamin K2. *Nutrition* [online]. 2001, **17**(4), 315-321 [cit. 2023-11-26]. ISSN 08999007. Dostupné z: doi:10.1016/S0899-9007(00)00554-2
20. TURCK, Dominique et al. Dietary reference values for vitamin K. *EFSA Journal* [online]. 2017, **15**(5) [cit. 2023-11-26]. ISSN 18314732. Dostupné z: doi:10.2903/j.efsa.2017.4780
21. IMBRESKIA, Kory a Zbigniew MOSZCZYNSKI. *Vitamin K* [online]. StatPearls Publishing, 2023 [cit. 2023-11-26]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK551578/>
22. SHIBATA, Katsumi, Junko HIROSE a Tsutomu FUKUWATARI. Relationship between Urinary Concentrations of Nine Water-soluble Vitamins and their Vitamin Intakes in Japanese Adult Males. *Nutrition and Metabolic Insights* [online]. 2014, **7** [cit. 2023-11-27]. ISSN 1178-6388. Dostupné z: doi:10.4137/NMI.S17245
23. LEDVINA, Miroslav, Alena STOKLASOVÁ a Jaroslav CERMAN. *Biochemie pro studující medicíny*. Vyd. 2. V Praze: Karolinum, 2009. ISBN 978-80-246-1415-1.
24. HLÚBIK, Pavel. Vitaminy – důležitý faktor ovlivňující zdraví – 2. Část – Metabolismus hydrosolubních vitaminů. *Interní medicína pro praxi* [online]. 2001, (12), 564-567 [cit. 2023-11-28]. Dostupné z: <https://www.internimediceina.cz/pdfs/int/2001/12/06.pdf>
25. EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY (EFSA). DRV Finder. *Vitaminy skupiny B* [online]. 2019 [cit. 2023-11-30]. Dostupné z: <https://multimedia.efsa.europa.eu/drvs/index.htm?lang=cs>
26. CULLEN, Joseph John et al. Využití intravenózního vitamínu C u onkologického pacienta. *Onkologie* [online]. 2013, 196-200 [cit. 2023-12-05]. Dostupné z: <https://www.solen.cz/pdfs/xon/2013/04/09.pdf>

27. DE ROSSO, Veridiana V. a Adriana Z. MERCADANTE. The high ascorbic acid content is the main cause of the low stability of anthocyanin extracts from acerola. *Food Chemistry* [online]. 2007, **103**(3), 935-943 [cit. 2023-12-07]. ISSN 03088146. Dostupné z: doi:10.1016/j.foodchem.2006.09.047
28. BUCHANEC, Ján et al. Vitamin C - Čo o ňom (ne)vieme. *Klin Farmakol Farm* [online]. 2005, 53-56 [cit. 2023-12-07]. Dostupné z: <https://www.solen.cz/pdfs/far/2005/01/11.pdf>
29. Scientific Opinion on Dietary Reference Values for vitamin C. *EFSA Journal* [online]. 2013, **11**(11) [cit. 2024-02-28]. ISSN 18314732. Dostupné z: doi:10.2903/j.efsa.2013.3418
30. AGHAJANIAN, Patrick et al. The Roles and Mechanisms of Actions of Vitamin C in Bone: New Developments. *Journal of Bone and Mineral Research* [online]. 2015, 2015-11-01, **30**(11), 1945-1955 [cit. 2024-05-11]. ISSN 0884-0431. Dostupné z: doi:10.1002/jbmr.2709
31. CARPENTER, Kenneth J. The Discovery of Vitamin C. *Annals of Nutrition and Metabolism* [online]. 2012, 2012-11-26, **61**(3), 259-264 [cit. 2023-12-11]. ISSN 0250-6807. Dostupné z: doi:10.1159/000343121
32. MARTIN, Michael D. et al. Genomic Characterization of a South American Phytophthora Hybrid Mandates Reassessment of the Geographic Origins of *Phytophthora infestans*. *Molecular Biology and Evolution* [online]. 2016, 2016-01-22, **33**(2), 478-491 [cit. 2023-12-12]. ISSN 0737-4038. Dostupné z: doi:10.1093/molbev/msv241
33. GEBER, Jonny a Eileen MURPHY. Scurvy in the Great Irish Famine: Evidence of vitamin C deficiency from a mid-19th century skeletal population. *American Journal of Physical Anthropology* [online]. 2012, **148**(4), 512-524 [cit. 2023-12-12]. ISSN 0002-9483. Dostupné z: doi:10.1002/ajpa.22066
34. Learn About the Great Hunger. *Ireland's Great Hunger Museum* [online]. 2019 [cit. 2023-12-12]. Dostupné z: <https://www.ighm.org/learn.html>
35. KYLE, Robert A. a Marc A. SHAMPO. Walter Haworth—Synthesis of Vitamin C. *Mayo Clinic Proceedings* [online]. 2002, **77**(2) [cit. 2023-12-19]. ISSN 00256196. Dostupné z: doi:10.4065/77.2.108

36. The Nobel Prize in Physiology or Medicine 1937. *The Nobel Prize* [online]. [cit. 2023-12-23]. Dostupné z: <https://www.nobelprize.org/prizes/medicine/1937/summary/>
37. The Nobel Prize in Chemistry 1937. *The Nobel Prize* [online]. [cit. 2023-12-23]. Dostupné z: <https://www.nobelprize.org/prizes/chemistry/1937/summary/>
38. Ascorbic acid. *American Chemical Society* [online]. 2021 [cit. 2024-01-03]. Dostupné z: <https://www.acs.org/molecule-of-the-week/archive/a/ascorbic-acid.html>
39. BARBA, Francisco J., María J. ESTEVE a Ana FRÍGOLA. *Bioactive Components from Leaf Vegetable Products* [online]. Elsevier, 2014, 321-346 [cit. 2024-01-03]. Studies in Natural Products Chemistry. ISBN 9780444632944. Dostupné z: doi:10.1016/B978-0-444-63294-4.00011-5
40. COMBS, JR., Gerald F. a James P. MCCLUNG. Vitamin C. *The Vitamins* [online]. Elsevier, 2022, 271-311 [cit. 2023-12-30]. ISBN 9780323904735. Dostupné z: doi:10.1016/B978-0-323-90473-5.00025-2
41. SAVINI, I. et al. SVCT1 and SVCT2: key proteins for vitamin C uptake. *Amino Acids* [online]. 2008, **34**(3), 347-355 [cit. 2024-02-06]. ISSN 0939-4451. Dostupné z: doi:10.1007/s00726-007-0555-7
42. GODOY, Alejandro et al. Mechanistic Insights and Functional Determinants of the Transport Cycle of the Ascorbic Acid Transporter SVCT2. *Journal of Biological Chemistry* [online]. 2007, **282**(1), 615-624 [cit. 2024-03-19]. ISSN 00219258. Dostupné z: doi:10.1074/jbc.M608300200
43. CHO, Sungrae et al. Enhanced Anticancer Effect of Adding Magnesium to Vitamin C Therapy: Inhibition of Hormetic Response by SVCT-2 Activation. *Translational Oncology* [online]. 2020, **13**(2), 401-409 [cit. 2024-02-05]. ISSN 19365233. Dostupné z: doi:10.1016/j.tranon.2019.10.017
44. NAVALE, Archana M. a Archana N. PARANJAPE. Glucose transporters: physiological and pathological roles. *Biophysical Reviews* [online]. 2016, **8**(1), 5-9 [cit. 2024-05-23]. ISSN 1867-2450. Dostupné z: doi:10.1007/s12551-015-0186-2

45. THORENS, Bernard a Mike MUECKLER. Glucose transporters in the 21st Century. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*[online]. 2010, **298**(2), E141-E145 [cit. 2024-02-06]. ISSN 0193-1849. Dostupné z: doi:10.1152/ajpendo.00712.2009
46. CHEN, Ling et al. Hyperglycemia Inhibits the Uptake of Dehydroascorbate in Tubular Epithelial Cell. *American Journal of Nephrology* [online]. 2005, 2005-10-1, **25**(5), 459-465 [cit. 2024-03-19]. ISSN 0250-8095. Dostupné z: doi:10.1159/000087853
47. SONG, Jian et al. Flavonoid Inhibition of Sodium-dependent Vitamin C Transporter 1 (SVCT1) and Glucose Transporter Isoform 2 (GLUT2), Intestinal Transporters for Vitamin C and Glucose. *Journal of Biological Chemistry* [online]. 2002, **277**(18), 15252-15260 [cit. 2024-02-07]. ISSN 00219258. Dostupné z: doi:10.1074/jbc.M110496200
48. CORPE, Christopher P. et al. Intestinal Dehydroascorbic Acid (DHA) Transport Mediated by the Facilitative Sugar Transporters, GLUT2 and GLUT8. *Journal of Biological Chemistry* [online]. 2013, **288**(13), 9092-9101 [cit. 2024-01-03]. ISSN 00219258. Dostupné z: doi:10.1074/jbc.M112.436790
49. Vitamin C. HARVARD T.H. CHAN SCHOOL OF PUBLIC HEALTH. *The Nutrition Source* [online]. [cit. 2024-02-28]. Dostupné z: <https://www.hsph.harvard.edu/nutritionsource/vitamin-c/>
50. *Vitamin C - Health Professional Fact Sheet*. [online]. NIH. 2021-03-26 [cit. 2024-04-12]. Dostupné z: <https://ods.od.nih.gov/factsheets/VitaminC-HealthProfessional/>
51. *Vitamin C* [online]. DGE. [cit. 2024-02-28]. Dostupné z: <https://www.dge.de/wissenschaft/referenzwerte/vitamin-c/>
52. Brněnské sympozium o intravenózním podávání vysokodávkovaného vitamínu C onkologickým pacientům. *Onkologie* [online]. Edukafarm, 2014, **8**(3), 139-142 [cit. 2024-03-21]. Dostupné z: <https://www.onkologiecs.cz/pdfs/xon/2014/03/12.pdf>
53. SCHÜPBACH, R. et al. Micronutrient status and intake in omnivores, vegetarians and vegans in Switzerland. *European Journal of*

- Nutrition* [online]. 2017, **56**(1), 283-293 [cit. 2024-02-28]. ISSN 1436-6207. Dostupné z: doi:10.1007/s00394-015-1079-7
54. KEY, Timothy J., Paul N. APPLEBY a Magdalena S. ROSELL. Health effects of vegetarian and vegan diets. *Proceedings of the Nutrition Society* [online]. 2006, **65**(1), 35-41 [cit. 2024-02-28]. ISSN 0029-6651. Dostupné z: doi:10.1079/PNS2005481
55. PIMENTEL, Laura. Scurvy: historical review and current diagnostic approach. *The American Journal of Emergency Medicine* [online]. 2003, **21**(4), 328-332 [cit. 2024-05-06]. ISSN 07356757. Dostupné z: doi:10.1016/S0735-6757(03)00083-4
56. *Malpighia emarginata* [online]. NATIONAL TROPICAL BOTANICAL GARDEN. [cit. 2024-02-24]. Dostupné z: <https://ntbg.org/database/plants/detail/malpighia-emarginata>
57. DE AQUINO SOUZA MISKINIS, Rafaela, Lucas Ávila DO NASCIMENTO a Rosana COLUSSI. Bioactive compounds from acerola pomace: A review. *Food Chemistry* [online]. 2023, **404**[cit. 2024-02-24]. ISSN 03088146. Dostupné z: doi:10.1016/j.foodchem.2022.134613
58. VEGA-BAUDRIT, José Roberto et al. Acerola (*Malpighia* spp.) Waste: A Sustainable Approach to Nutraceutical, Pharmaceutical, and Energy Applications. *Recycling* [online]. 2023, **8**(6) [cit. 2024-02-24]. ISSN 2313-4321. Dostupné z: doi:10.3390/recycling8060096
59. MARTÍ, Nauria et al. Vitamin C and the role of citrus juices as functional food. *Natural product communications* [online]. 2009, **4**(5) [cit. 2024-02-24]. 19445318. Dostupné z: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19445318/>
60. CHEN, Yike et al. Citrus. *Integrated Processing Technologies for Food and Agricultural By-Products* [online]. Elsevier, 2019, 217-242 [cit. 2024-02-24]. ISBN 9780128141380. Dostupné z: doi:10.1016/B978-0-12-814138-0.00009-5
61. U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Oranges, raw, navels. *FoodData central* [online]. [cit. 2024-02-25]. Dostupné z: <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/746771/nutrients>

62. U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Tangerines, (mandarin oranges), raw. *FoodData central* [online]. [cit. 2024-02-26]. Dostupné z: <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/169105/nutrients>
63. U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Lemons, raw, without peel. *FoodData central* [online]. [cit. 2024-02-25]. Dostupné z: <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/167746/nutrients>
64. U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Orange, raw. *FoodData central* [online]. [cit. 2024-02-25]. Dostupné z: <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/2344665/nutrients>
65. JAŚNIEWSKA, Agnieszka a Anna DIOWKSZ. Wide Spectrum of Active Compounds in Sea Buckthorn (*Hippophae rhamnoides*) for Disease Prevention and Food Production. *Antioxidants*[online]. 2021, **10**(8) [cit. 2024-02-26]. ISSN 2076-3921. Dostupné z: doi:10.3390/antiox10081279
66. WANG, Zhen et al. Phytochemistry, health benefits, and food applications of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.): A comprehensive review. *Frontiers in Nutrition* [online]. 2022, 2022-12-6, **9** [cit. 2024-02-26]. ISSN 2296-861X. Dostupné z: doi:10.3389/fnut.2022.1036295
67. BHAVE, Apurva et al. Assessment of rosehips based on the content of their biologically active compounds. *Journal of Food and Drug Analysis* [online]. 2017, **25**(3), 681-690 [cit. 2024-02-26]. ISSN 10219498. Dostupné z: doi:10.1016/j.jfda.2016.12.019
68. U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Rose Hips, wild (Northern Plains Indians). *FoodData central* [online]. [cit. 2024-02-26]. Dostupné z: <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/168998/nutrients>
69. HENDRYSIK, Aleksandra et al. Juice Powders from Rosehip (*Rosa canina* L.): Physical, Chemical, and Antiglycation Properties. *Molecules* [online]. 2023, **28**(4) [cit. 2024-02-26]. ISSN 1420-3049. Dostupné z: doi:10.3390/molecules28041674
70. U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Peppers, bell, red, raw. *FoodData central* [online]. [cit. 2024-02-25]. Dostupné z: <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/2258590/nutrients>

71. ANAYA-ESPARZA, Luis Miguel et al. Bell Peppers (*Capsicum annum* L.) Losses and Wastes: Source for Food and Pharmaceutical Applications. *Molecules* [online]. 2021, **26**(17) [cit. 2024-02-25]. ISSN 1420-3049. Dostupné z: doi:10.3390/molecules26175341
72. MELEGRITO, Rachel Ann-Tee. *What to know about green leafy vegetables* [online]. 2024-01-16 [cit. 2024-02-27]. Dostupné z: <https://www.medicalnewstoday.com/articles/green-leafy-vegetables#benefits>
73. POKORA, Jindřich. Listová zelenina. *Státní zemědělská a potravinářská inspekce* [online]. 2020-04-07 [cit. 2024-02-27]. Dostupné z: <https://www.szpi.gov.cz/clanek/zelene-salaty.aspx>
74. YAN, Lin. Dark Green Leafy Vegetables. *U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE* [online]. [cit. 2024-02-27]. Dostupné z: <https://www.ars.usda.gov/plains-area/gfnd/gfhnrc/docs/news-articles/2013/dark-green-leafy-vegetables/>
75. RANDHAWA, Muhammad Atif et al. Green Leafy Vegetables: A Health Promoting Source. *Handbook of Fertility* [online]. Elsevier, 2015, 205-220 [cit. 2024-02-27]. ISBN 9780128008720. Dostupné z: doi:10.1016/B978-0-12-800872-0.00018-4
76. U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Lettuce, leaf, green, raw. *FoodData central* [online]. [cit. 2024-02-27]. Dostupné z: <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/2346391/nutrients>
77. U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Kale, raw. *FoodData central* [online]. [cit. 2024-02-27]. Dostupné z: <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/323505/nutrients>
78. U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Cabbage, green, raw. *FoodData central* [online]. [cit. 2024-02-27]. Dostupné z: <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/2346407/nutrients>
79. U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Spinach, mature. *FoodData central* [online]. [cit. 2024-02-27]. Dostupné z: <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/1999633/nutrients>

80. LEE, Seung K. a Adel A. KADER. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest Biology and Technology* [online]. 2000, **20**(3), 207-220 [cit. 2024-02-29]. ISSN 09255214. Dostupné z: doi:10.1016/S0925-5214(00)00133-2
81. GIANNAKOUROU, Maria C. a Petros S. TAOUKIS. Effect of Alternative Preservation Steps and Storage on Vitamin C Stability in Fruit and Vegetable Products: Critical Review and Kinetic Modelling Approaches. *Foods* [online]. 2021, **10**(11) [cit. 2024-03-08]. ISSN 2304-8158. Dostupné z: doi:10.3390/foods10112630
82. SOARES, Ana, Conrado CARRASCOSA a António RAPOSO. Influence of Different Cooking Methods on the Concentration of Glucosinolates and Vitamin C in Broccoli. *Food and Bioprocess Technology* [online]. 2017, **10**(8), 1387-1411 [cit. 2024-03-12]. ISSN 1935-5130. Dostupné z: doi:10.1007/s11947-017-1930-3
83. CHAMBIAL, Shailja et al. Vitamin C in Disease Prevention and Cure: An Overview. *Indian Journal of Clinical Biochemistry* [online]. 2013, **28**(4), 314-328 [cit. 2024-04-10]. ISSN 0970-1915. Dostupné z: doi:10.1007/s12291-013-0375-3
84. VILLAGRAN, Marcelo et al. The Role of Vitamin C in Cancer Prevention and Therapy: A Literature Review. *Antioxidants* [online]. 2021, **10**(12) [cit. 2024-04-12]. ISSN 2076-3921. Dostupné z: doi:10.3390/antiox10121894
85. CAMERON, E a L PAULING. Supplemental ascorbate in the supportive treatment of cancer: Prolongation of survival times in terminal human cancer. *Proceedings of the National Academy of Sciences* [online]. 1976, **73**(10), 3685-3689 [cit. 2024-04-11]. ISSN 0027-8424. Dostupné z: doi:10.1073/pnas.73.10.3685
86. BLOCK, G. Vitamin C and cancer prevention: the epidemiologic evidence. *The American Journal of Clinical Nutrition* [online]. 1991, **53**(1), 270S-282S [cit. 2024-04-11]. ISSN 00029165. Dostupné z: doi:10.1093/ajcn/53.1.270S
87. BYERS, T a N GUERRERO. Epidemiologic evidence for vitamin C and vitamin E in cancer prevention. *The American Journal of Clinical*

- Nutrition* [online]. 1995, **62**(6), 1385S-1392S [cit. 2024-04-11]. ISSN 00029165. Dostupné z: doi:10.1093/ajcn/62.6.1385S
88. KREJČÍ, D. et al. *Současné epidemiologické trendy novotvarů v České republice* [online]. In: ÚZIS. 2021 [cit. 2024-04-12]. Dostupné z: <https://www.uzis.cz/res/f/008352/novotvary2018.pdf>
89. ÚSTAV ZDRAVOTNICKÝCH INFORMACÍ A STATISTIKY ČR [ÚZIS]. *Den boje proti rakovině a statistiky ÚZIS ČR* [online]. [cit. 2024-04-12]. Dostupné z: <https://www.uzis.cz/index.php?pg=aktuality&aid=8466>
90. NÁRODNÍ ZDRAVOTNICKÝ INFORMAČNÍ PORTÁL [NZIP]. *Zhoubné nádory (rakovina)* [online]. [cit. 2024-04-15]. Dostupné z: <https://www.nzip.cz/kategorie/143-nadorova-onemocneni>
91. SUNG, Hyuna et al. Global Cancer Statistics 2020: GLOBOCAN Estimates of Incidence and Mortality Worldwide for 36 Cancers in 185 Countries. *CA: A Cancer Journal for Clinicians* [online]. 2021, **71**(3), 209-249 [cit. 2024-04-16]. ISSN 0007-9235. Dostupné z: doi:10.3322/caac.21660
92. *What Is Cancer?* [online]. NATIONAL INSTITUTE OF CANCER [NCI]. 2021-10-11 [cit. 2024-04-16]. Dostupné z: <https://www.cancer.gov/about-cancer/understanding/what-is-cancer>
93. *Eat wholegrains, vegetables, fruit and beans* [online]. WORLD CANCER RESEARCH FUND INTERNATIONAL [WCRF]. [cit. 2024-04-15]. Dostupné z: <https://www.wcrf.org/diet-activity-and-cancer/cancer-prevention-recommendations/eat-wholegrains-vegetables-fruit-and-beans/>
94. FIALA, J. et al. Zevní vlivy podmiňující vznik nádorů nebo ochraňující před jejich vznikem. *Vnitřní lékařství* [online]. 2011, (3), 261-284 [cit. 2024-04-15]. Dostupné z: <https://www.prolekare.cz/casopisy/vnitri-lekarstvi/2011-3/zevni-vlivy-podminujici-vznik-nadoru-nebo-ochranujici-pred-jejich-vznikem-35523>
95. SOUKUPOVÁ, Jana. Genetic testing in ovarian cancer. *Onkologie*[online]. 2022, 2022-8-24, **16**(4), 195-199 [cit. 2024-05-06]. ISSN 18024475. Dostupné z: doi:10.36290/xon.2022.037
96. LI, Zhangzuo et al. Lactate in the tumor microenvironment: A rising star for targeted tumor therapy. *Frontiers in Nutrition*[online]. 2023, 2023-2-

- 16, **10** [cit. 2024-04-05]. ISSN 2296-861X. Dostupné z: doi:10.3389/fnut.2023.1113739
97. ROMERO-GARCIA, Susana et al. *Tumor cell metabolism* [online]. 2014, 2014-10-27, **12**(11), 939-948 [cit. 2024-04-05]. ISSN 1538-4047. Dostupné z: doi:10.4161/cbt.12.11.18140
98. CHAUDHRY, Raheel a Matthew VARACALLO. *Biochemistry, Glycolysis* [online]. StatPearls Publishing, 2023 [cit. 2024-04-05]. 29493928. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK482303/>
99. FIALA, Jindřich. *Výživa a riziko rakoviny – část I: Základní principy* [online]. SPOLEČNOST PRO VÝŽIVU. 2015 [cit. 2024-04-12]. Dostupné z: <https://www.vyzivaspol.cz/vyziva-a-riziko-rakoviny-cast-i-zakladni-principy-2/>
100. *Dietní prevence vzniku nádorů* [online]. In: ČESKÁ LÉKAŘSKÁ SPOLEČNOST JANA EVANGELISTY PURKYNĚ. [cit. 2024-04-12]. ISSN 2695-0340. Dostupné z: <https://www.nzip.cz/clanek/540-dietni-prevence-vzniku-nadoru>
101. WORLD HEALTH ORGANIZATION [WHO]. *Cancer* [online]. [cit. 2024-04-15]. Dostupné z: https://www.who.int/health-topics/cancer#tab=tab_2
102. List of Classifications. In: WHO. – *IARC Monographs on the Identification of Carcinogenic Hazards to Humans* [online]. 2024 [cit. 2024-05-13]. Dostupné z: <https://monographs.iarc.who.int/list-of-classifications>
103. Agents Classified by the IARC Monographs, Volumes 1–135. In: WHO. – *IARC Monographs on the Identification of Carcinogenic Hazards to Humans* [online]. 2023 [cit. 2024-04-15]. Dostupné z: <https://monographs.iarc.who.int/list-of-classifications>
104. CHOMYNOVÁ, Pavla et al. *Zpráva o alkoholu v České republice 2023* [online]. 2023 [cit. 2024-04-15]. ISBN 978-80-7440-334-7. Dostupné z: https://www.drogy-info.cz/data/obj_files/33916/1253/Zpráva%20o%20alkoholu%20v%20ČR%202023_fin1.pdf

- 105.ČESKÁ PRŮMYŠLOVÁ ZDRAVOTNÍ POJIŠŤOVNA. *Nepostradatelná vláknina* [online]. [cit. 2024-05-13]. Dostupné z: <https://cpzp.cz/clanek/1577-0-Nepostradatelná-vláknina.html>
- 106.Scientific Opinion on Dietary Reference Values for carbohydrates and dietary fibre. *EFSA Journal* [online]. 2010, **8**(3) [cit. 2024-04-15]. ISSN 18314732. Dostupné z: doi:10.2903/j.efsa.2010.1462
- 107.KAŽMIERCZAK-BARAŇSKA, Julia, Karolina BOGUSZEWSKA, Angelika ADAMUS-GRABICKA a Bolesław T. KARWOWSKI. Two Faces of Vitamin C—Antioxidative and Pro-Oxidative Agent. *Nutrients* [online]. 2020, **12**(5) [cit. 2024-04-12]. ISSN 2072-6643. Dostupné z: doi:10.3390/nu12051501
- 108.PLÁTENÍK, Jan. Volné radikály, antioxidanty a stárnutí. *Interní medicína pro praxi* [online]. 2009, **11**(1), 30-33 [cit. 2024-04-05]. Dostupné z: <https://www.internimedicina.cz/pdfs/int/2009/01/06.pdf>
- 109.VAN GORKOM, Gwendolyn N.Y. et al. The Effect of Vitamin C (Ascorbic Acid) in the Treatment of Patients with Cancer: A Systematic Review. *Nutrients* [online]. 2019, **11**(5) [cit. 2024-05-16]. ISSN 2072-6643. Dostupné z: doi:10.3390/nu11050977
- 110.GANDINI, S. et al. Meta-analysis of studies on breast cancer risk and diet. *European Journal of Cancer*[online]. 2000, **36**(5), 636-646 [cit. 2024-05-16]. ISSN 09598049. Dostupné z: doi:10.1016/S0959-8049(00)00022-8
- 111.ZHANG, Dai et al. Association of vitamin C intake with breast cancer risk and mortality: a meta-analysis of observational studies. *Aging* [online]. 2020, 2020-09-30, **12**(18), 18415-18435 [cit. 2024-05-16]. ISSN 1945-4589. Dostupné z: doi:10.18632/aging.103769
- 112.KLENER, Pavel et al. The benefits of ascorbate to protect healthy cells in the prevention and treatment of oncological diseases. *Journal of Applied Biomedicine* [online]. 2020, 2020-3-1, **18**(1), 1-7 [cit. 2024-04-05]. ISSN 1214021X. Dostupné z: doi:10.32725/jab.2020.003
- 113.HOLMANNOVÁ, D., M. KOLÁČKOVÁ a J. KREJSEK. Fyziologická úloha vitamínu C ve vztahu ke složkám imunitního systému. *Vnitřní*

lékařství [online]. 2012, **58**(10), 743-749 [cit. 2024-04-07]. Dostupné z: <https://www.internimedica.cz/pdfs/int/2009/01/06.pdf>

114. ENTENBERG, David, Panagiota S. FILIPPOU a George S. KARAGIANNIS. Emerging Roles of Immune Cells in Cancer Development and Progression. *Cancers* [online]. 2022, **14**(11) [cit. 2024-04-12]. ISSN 2072-6694. Dostupné z: doi:10.3390/cancers14112642
115. KIETZMANN, Thomas. Vitamin C: From nutrition to oxygen sensing and epigenetics. *Redox Biology* [online]. 2023, **63** [cit. 2024-03-25]. ISSN 22132317. Dostupné z: doi:10.1016/j.redox.2023.102753
116. VISSERS, Margreet C.M., Caroline KUIPER a Gabi U. DACHS. Regulation of the 2-oxoglutarate-dependent dioxygenases and implications for cancer. *Biochemical Society Transactions* [online]. 2014, 2014-08-11, **42**(4), 945-951 [cit. 2024-03-29]. ISSN 0300-5127. Dostupné z: doi:10.1042/BST20140118
117. BAN, Hyun Seung et al. Hypoxia-inducible factor (HIF) inhibitors: a patent survey (2011-2015). *Expert Opinion on Therapeutic Patents* [online]. 2016, 2016-02-25, **26**(3), 309-322 [cit. 2024-03-25]. ISSN 1354-3776. Dostupné z: doi:10.1517/13543776.2016.1146252
118. ZIELLO, Jennifer E., Ion S. JOVIN a Yan HUANG. Hypoxia-Inducible Factor (HIF)-1 regulatory pathway and its potential for therapeutic intervention in malignancy and ischemia. *The Yale journal of biology and medicine* [online]. 2007, **80**(2) [cit. 2024-03-28]. 18160990. Dostupné z: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18160990/>
119. EMAMI NEJAD, Asieh et al. The role of hypoxia in the tumor microenvironment and development of cancer stem cell: a novel approach to developing treatment. *Cancer Cell International* [online]. 2021, **21**(1) [cit. 2024-05-17]. ISSN 1475-2867. Dostupné z: doi:10.1186/s12935-020-01719-5
120. ZHU, Chengcheng et al. Downregulation of Proline Hydroxylase 2 and Upregulation of Hypoxia-Inducible Factor 1 α are Associated with Endometrial Cancer Aggressiveness. *Cancer Management and*

- Research* [online]. 2019, **11**, 9907-9912 [cit. 2024-03-29]. ISSN 1179-1322.
Dostupné z: doi:10.2147/CMAR.S223421
- 121.BUI, Bich Phuong et al. Hypoxia-Inducible Factor-1: A Novel Therapeutic Target for the Management of Cancer, Drug Resistance, and Cancer-Related Pain. *Cancers* [online]. 2022, **14**(24) [cit. 2024-04-15]. ISSN 2072-6694.
Dostupné z: doi:10.3390/cancers14246054
- 122.MANUELLI, Valeria et al. Regulation of redox signaling in HIF-1-dependent tumor angiogenesis. *The FEBS Journal* [online]. 2022, **289**(18), 5413-5425 [cit. 2024-05-24]. ISSN 1742-464X. Dostupné z doi: 10.1111/FEBS.16110
- 123.KUIPER, Caroline a Margreet C. M. VISSERS. Ascorbate as a Co-Factor for Fe- and 2-Oxoglutarate Dependent Dioxygenases: Physiological Activity in Tumor Growth and Progression. *Frontiers in Oncology* [online]. 2014, 2014-03-28, **4** [cit. 2024-05-13]. ISSN 2234-943X. Dostupné z: doi:10.3389/fonc.2014.00359
- 124.ROA, Francisco J. et al. Therapeutic Use of Vitamin C in Cancer: Physiological Considerations. *Frontiers in Pharmacology*[online]. 2020, 2020-3-3, **11** [cit. 2024-03-30]. ISSN 1663-9812. Dostupné z: doi:10.3389/fphar.2020.00211
- 125.TRAVAGLINI, Serena et al. The Anti-Leukemia Effect of Ascorbic Acid: From the Pro-Oxidant Potential to the Epigenetic Role in Acute Myeloid Leukemia. *Frontiers in Cell and Developmental Biology* [online]. 2022, 2022-7-22, **10** [cit. 2024-03-29]. ISSN 2296-634X. Dostupné z: doi:10.3389/fcell.2022.930205
- 126.ACCARI, Sandra L. a Paul R. FISHER. *Emerging Roles of JmjC Domain-Containing Proteins* [online]. Elsevier, 2015, 165-220 [cit. 2024-04-01]. International Review of Cell and Molecular Biology. ISBN 9780128022788.
Dostupné z: doi:10.1016/bs.ircmb.2015.07.003
- 127.JEONG, Do-Won a Yang-Sook CHUN. Role of Jumonji-C Histone Demethylase in the Development of Hepatocellular Carcinoma. *The FASEB Journal* [online]. 2020, **34**(S1), 1-1 [cit. 2024-04-01]. ISSN 0892-6638.
Dostupné z: doi:10.1096/fasebj.2020.34.s1.09299

- 128.MELVIN, Andrew a Sonia ROCHA. Chromatin as an oxygen sensor and active player in the hypoxia response. *Cellular Signalling* [online]. 2012, **24**(1), 35-43 [cit. 2024-05-19]. ISSN 08986568. Dostupné z: doi:10.1016/j.cellsig.2011.08.019
- 129.LI, Qiao a Qingsan ZHU. The role of demethylase AlkB homologs in cancer. *Frontiers in Oncology* [online]. 2023, 2023-3-16, **13**[cit. 2024-04-02]. ISSN 2234-943X. Dostupné z: doi:10.3389/fonc.2023.1153463
- 130.TRAN, Thai Q. et al. Glutamine deficiency induces DNA alkylation damage and sensitizes cancer cells to alkylating agents through inhibition of ALKBH enzymes. *PLOS Biology* [online]. 2017, 2017-11-6, **15**(11) [cit. 2024-04-02]. ISSN 1545-7885. Dostupné z: doi:10.1371/journal.pbio.2002810
- 131.BRABSON, John P. et al. Epigenetic Regulation of Genomic Stability by Vitamin C. *Frontiers in Genetics* [online]. 2021, 2021-5-4, **12** [cit. 2024-04-02]. ISSN 1664-8021. Dostupné z: doi:10.3389/fgene.2021.675780
- 132.LEE CHONG, Taylor, Emily L. AHEARN a Luisa CIMMINO. Reprogramming the Epigenome With Vitamin C. *Frontiers in Cell and Developmental Biology* [online]. 2019, 2019-7-16, **7** [cit. 2024-04-02]. ISSN 2296-634X. Dostupné z: doi:10.3389/fcell.2019.00128
- 133.YU, Yeonsil et al. The Anti-tumor Activity of Vitamin C via the Increase of Fas (CD95) and MHC I Expression on Human Stomach Cancer Cell Line, SNU1. *Immune Network* [online]. 2011, **11**(4) [cit. 2024-04-07]. ISSN 1598-2629. Dostupné z: doi:10.4110/in.2011.11.4.210
- 134.LEE, Wang-Jae. The Prospects of Vitamin C in Cancer Therapy. *Immune Network* [online]. 2009, **9**(5) [cit. 2024-04-07]. ISSN 1598-2629. Dostupné z: doi:10.4110/in.2009.9.5.147
- 135.DOLEŽALOVÁ, Lenka. Cílená léčba v onkologii solidních nádorů. *Praktické lékařství* [online]. 2015, **11**(6), 194-196 [cit. 2024-04-07]. Dostupné z: <https://www.solen.cz/pdfs/lek/2015/06/03.pdf>
- 136.ZHANG, Chunyu et al. Platinum-based drugs for cancer therapy and anti-tumor strategies. *Theranostics* [online]. 2022, **12**(5), 2115-2132 [cit. 2024-04-07]. ISSN 1838-7640. Dostupné z: doi:10.7150/thno.69424

137. NOVOTNÁ, Veronika et al. Adrese efect of chemotherapy. *Onkologie* [online]. 2020, 2020-6-2, **14**(Suppl.C), 13-17 [cit. 2024-04-07]. ISSN 18024475. Dostupné z: doi:10.36290/xon.2020.050
138. IVANOVA, Donika et al. Overproduction of reactive oxygen species – obligatory or not for induction of apoptosis by anticancer drugs. *Chinese Journal of Cancer Research* [online]. 2016, **28**(4), 383-396 [cit. 2024-04-07]. ISSN 1000-9604. Dostupné z: doi:10.21147/j.issn.1000-9604.2016.04.01
139. NASHED, Mina G., Matthew D. BALENKO a Gurmit SINGH. Cancer-Induced Oxidative Stress and Pain. *Current Pain and Headache Reports* [online]. 2014, **18**(1) [cit. 2024-04-05]. ISSN 1531-3433. Dostupné z: doi:10.1007/s11916-013-0384-1
140. NIRAULA, Saroj et al. Risk of Incremental Toxicities and Associated Costs of New Anticancer Drugs: A Meta-Analysis. *Journal of Clinical Oncology* [online]. 2014, 2014-11-10, **32**(32), 3634-3642 [cit. 2024-04-05]. ISSN 0732-183X. Dostupné z: doi:10.1200/JCO.2014.55.8437
141. WHITE, Rebecca et al a Gabi U. DACHS. Low Vitamin C Status in Patients with Cancer Is Associated with Patient and Tumor Characteristics. *Nutrients* [online]. 2020, **12**(8) [cit. 2024-04-02]. ISSN 2072-6643. Dostupné z: doi:10.3390/nu12082338
142. SHEN, Xiaochang et al. High-dose ascorbate exerts anti-tumor activities and improves inhibitory effect of carboplatin through the pro-oxidant function pathway in uterine serous carcinoma cell lines. *Gynecologic Oncology* [online]. 2024, **183**, 93-102 [cit. 2024-04-07]. ISSN 00908258. Dostupné z: doi:10.1016/j.ygyno.2024.03.021
143. *Intravenous Vitamin C (PDQ®)–Health Professional Version* [online]. NATIONAL CANCER INSTITUTE [NCI]. 2024 [cit. 2024-04-08]. Dostupné z: <https://www.cancer.gov/about-cancer/treatment/cam/hp/vitamin-c-pdq>
144. CAMERON, E a L PAULING. Experimental studies designed to evaluate the management of patients with incurable cancer. *Proceedings of the*

- National Academy of Sciences* [online]. 1978, **75**(12) [cit. 2024-04-16]. ISSN 0027-8424. Dostupné z: doi:10.1073/pnas.75.12.6252
145. CREAGAN, Edward T. et al. Failure of High-Dose Vitamin C (Ascorbic Acid) Therapy to Benefit Patients with Advanced Cancer. *New England Journal of Medicine* [online]. 1979, 1979-09-27, **301**(13), 687-690 [cit. 2024-04-16]. ISSN 0028-4793. Dostupné z: doi:10.1056/NEJM197909273011303
146. WANG, Feng et al. A Randomized, Open-Label, Multicenter, Phase 3 Study of High-Dose Vitamin C Plus FOLFOX ± Bevacizumab versus FOLFOX ± Bevacizumab in Unresectable Untreated Metastatic Colorectal Cancer (VITALITY Study). *Clinical Cancer Research* [online]. 2022, 2022-10-03, **28**(19), 4232-4239 [cit. 2024-04-16]. ISSN 1078-0432. Dostupné z: doi:10.1158/1078-0432.CCR-22-0655
147. SHAIK, Munvar Miya a Siew Hua GAN. Vitamin Supplementation as Possible Prophylactic Treatment against Migraine with Aura and Menstrual Migraine. *BioMed Research International* [online]. 2015, **2015**, 1-10 [cit. 2024-05-20]. ISSN 2314-6133. Dostupné z: doi:10.1155/2015/469529
148. GOSCHORSKA, Marta et al. The Use of Antioxidants in the Treatment of Migraine. *Antioxidants* [online]. 2020, **9**(2) [cit. 2024-05-20]. ISSN 2076-3921. Dostupné z: doi:10.3390/antiox9020116
149. *Vomiting* [online]. HELATHDIRECT. 2024-02 [cit. 2024-05-20]. Dostupné z: <https://www.healthdirect.gov.au/vomiting#resources>
150. CARR, Anitra C. a Jens LYKKESFELDT. Factors Affecting the Vitamin C Dose-Concentration Relationship: Implications for Global Vitamin C Dietary Recommendations. *Nutrients* [online]. 2023, **15**(7) [cit. 2024-05-05]. ISSN 2072-6643. Dostupné z: doi:10.3390/nu15071657
151. *CELASKON® 250 mg tablety: Kedy použiť?* [online]. CELASKON. [cit. 2024-05-05]. Dostupné z: <https://www.celaskon.sk/celaskon-tablety-250mg/>

SEZNAM ZKRATEK

1. RE = retinol equivalent
2. DDD = doporučená denní dávka
3. EFSA = European Food Safety Authority
4. PUFA = polynenasycené mastné kyseliny
5. GIT = gastrointestinální trakt
6. kys. = kyselina
7. HAK = hormonální antikoncepce
8. AA = kyselina askorbová
9. DHA = kyselina dehydroaskorbová
10. DGE = Deutsche Gesellschaft für Ernährung = německá společnost pro výživu
11. PRI = population reference intake = DDD pokrývající potřebu většiny zdravé populace
12. SVCT = Sodium-dependent Vitamin C Transporter = Sodík-dependentní transportér vitamínu C
13. ROS = radikály kyslíku
14. RNS = radikály dusíku
15. P4HAs = prokolagen prolyl 4-hydroxylázy
16. PLODs = prokolagen-lysin a 2-oxoglutarát 5-dioxygenázy
17. HIF = hypoxie-indukovatelné faktory
18. HIF-PHDs = HIF-prolyl hydroxylázy
19. TETs = ten-eleven translokační proteiny
20. JHDMs = Jumonji-C doména obsahující histonové demethylázy
21. AlkB = proteiny alkylace B
22. PHD2 = prolin hydroxyláza-2
23. 5hmC = 5-hydroxymethylcytosin
24. SREBP1c = sterol regulatory element binding protein 1c
25. ATP = adenosintrifosfát
26. Sp = specifity protein
27. MHC-1 = hlavní histokompatibilní komplex 1
28. Fas receptor = CD95

29. IL = interleukin
30. VEGF = vascular endothelial growth factor
31. NK-buňka = natural killer cell
32. ÚZIS = Ústav zdravotnických informací a statistiky
33. ČR = Česká republika
34. WHO = World Health Organization = Světová zdravotnická organizace
35. WCRF = World Cancer Research Fund International = mezinárodní fond
pro výzkum rakoviny
36. ČSÚ = Český statistický úřad

SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK A GRAFŮ

Obrázek 1: Chemické přeměny kyseliny L-askorbové.....	16
Obrázek 2: Zobecněná reakce enzymů rodiny 2ODD.	29
Tabulka 1: Funkce a významné zdroje vitaminů skupiny B a jejich DDD pro dospělé.....	13
Tabulka 2: Projevy hypovitaminózy a hypervitaminózy u vitaminů skupiny B..	14
Tabulka 3: Klasifikace potravin a látek podle míry jejich karcinogenity.....	27
Graf 1: Počet respondentů v jednotlivých věkových kategoriích.....	38
Graf 2: Procentuální zastoupení odborníků a laiků.....	39
Graf 3: Počet odborníků v jednotlivých věkových kategoriích.....	40
Graf 4: Rozpustnost vitaminu C.....	41
Graf 5: Název vitaminu C v léčivých přípravcích a doplňcích stravy.	42
Graf 6: Potravina s nejvyšším obsahem vitaminu C.	43
Graf 7: DDD vitaminu C u dospělých.....	44
Graf 8: Zvýšena potřeba vitaminu C u vybraných zdravotních stavů.....	45
Graf 9: Znalost pojmu „antioxidant“.....	46
Graf 10: Zvyklost respondentů zvyšovat DDD vitaminu C při bakteriálních/virových onemocněních.....	47
Graf 11: Způsob, kterým respondenti doplňují vitamin C při bakteriálních/virových onemocněních.....	48
Graf 12: Zvyklost respondentů užívat doplňky stravy s obsahem vitaminu C.....	49
Graf 13: Důležitost vitaminu C při prevenci vzniku nádorových onemocnění....	50
Graf 14: DDD vitaminu C u kuřáků.....	51
Graf 15: Vliv vitaminu C na lidskou imunitu.....	52
Graf 16: Vliv vitaminu C na tvorbu kolagenu.....	53
Graf 17: Vliv vitaminu C na vstřebávání železa.	54
Graf 18: Vliv vitaminu C na oxidační stres.....	55
Graf 19: Schopnost lidského těla tvořit vitamin C.....	56

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č. 1: Dotazník k praktické části.

Dobrý den,

jsem studentkou 3. ročníku oboru "Nutriční terapie" na 3. lékařské fakultě UK a chtěla bych Vás požádat o vyplnění tohoto dotazníku, který se skládá z **18ti uzavřených otázek** a je **anonymní**.

Tento dotazník je součástí praktické části bakalářské práce na téma „Důležitost vitamínu C ve výživě a jeho vliv na prevenci vzniku nádorových onemocnění“. Cílem této práce je zpracovat benefitní účinky vitamínu C na lidský organismus ve zdraví i v nemoci a zjistit, jaké povědomí má o vitamínu C a jeho účincích široká veřejnost.

Odpovědi využity pouze v rámci praktické části bakalářské práce.

Děkuji za Váš čas,

Tereza Havlíková

1. Zadejte prosím váš věk.

- 18-30 let
- 31-50 let
- 51-65 let
- nad 65 let

2. Studuji/Mám vzdělání v oboru zdravotnictví či přírodních věd.

- ano
- ne

3. Vitamin C je vitamin rozpustný

- v tucích
- ve vodě

- ve vodě i v tucích
4. Vitamin C můžeme v léčivých přípravcích/doplňcích stravy najít pod názvem:
- kyselina L-askorbová
 - niacinamid
 - L-arginin
5. Která z potravin obsahuje nejvíce vitamínu C (mg) na 100 g dané potraviny v syrovém stavu?
- šípek
 - citron
 - červená paprika
 - rakytník
 - pomeranč
6. DDD (doporučená denní dávka) vitamínu C u dospělých (vyjma kuřáků, těhotných a kojících žen) je:
- 100 mg
 - 10 mg
 - 1000 mg
7. Při jakých zdravotních stavech může tělo vyžadovat vyšší denní potřebu vitamínu C?
- onkologickém onemocnění
 - bakteriálním či virovém onemocnění
 - těžkém zvracení
 - migréne
8. Vitamin C je popsáný známý antioxidant. Víte, co pojem antioxidant znamená?
- látka, která se účastní přeměny kyslíku na oxid uhličitý
 - látka schopná eliminovat volné radikály (látky, které narušují strukturu DNA a buněčných membrán)
 - látka, která v těle zvyšuje množství volných radikálů

9. Zvyšujete denní dávky vitamínu C při bakteriálních/virových onemocněních?

- ano
- ne

10. Pokud při bakteriálních/virových onemocněních zvyšujete denní dávku vitamínu C, čím ho doplňujete?

- ovocem
- zeleninou
- doplňky stravy
- nedoplňuji

11. Užíváte pravidelně doplňky stravy, které obsahují vitamin C?

- ano
- ne

12. Myslíte si, že je vitamin C důležitý v rámci prevence vzniku nádorových onemocnění?

- ano
- ne

13. Myslíte si, že by kuřáci měli mít zvýšený denní příjem vitamínu C?

- ano
- ne

14. Myslíte si, že vitamin C posiluje imunitu lidského organismu?

- ano
- ne

15. Myslíte si, že vitamin C je důležitý pro tvorbu kolagenu (=základní stavební jednotka pro pojivové tkáně lidského těla, např. pro chrupavky, kosti...)?

- ano
- ne

16. Myslíte si, že je vitamin C důležitý pro lepší vstřebávání železa?

- ano
- ne

17. Myslíte si, že vitamin C snižuje oxidační stres (vyvolán volnými radikály, které poškozují buňky, strukturu DNA...) v lidském organismu?

- ano
- ne

18. Myslíte si, že naše tělo si vitamin C dokáže vytvořit?

- ano
- ne