



Bakalářská práce

Zjištění obsahu vitamínu C ve vybraném rostlinném materiálu, porovnání vlivů různých úprav na jeho obsah

Studijní program:

B0114A300075 Přírodopis se zaměřením na vzdělávání

Studijní obory:

Přírodopis se zaměřením na vzdělávání
Zeměpis se zaměřením na vzdělávání

Autor práce:

Lucie Kotlandová

Vedoucí práce:

doc. Mgr. Irena Šlamborová, Ph.D.
Katedra biologie a ekologie

Liberec 2024



Zadání bakalářské práce

Zjištění obsahu vitamínu C ve vybraném rostlinném materiálu, porovnání vlivů různých úprav na jeho obsah

<i>Jméno a příjmení:</i>	Lucie Kotlandová
<i>Osobní číslo:</i>	P21000479
<i>Studijní program:</i>	B0114A300075 Přírodopis se zaměřením na vzdělávání
<i>Specializace:</i>	Přírodopis se zaměřením na vzdělávání Zeměpis se zaměřením na vzdělávání
<i>Zadávací katedra:</i>	Katedra biologie a ekologie
<i>Akademický rok:</i>	2022/2023

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte literární rešerši se zaměřením na vitamín C, jeho metabolismus a význam pro člověka.
2. Popište různé způsoby zjištění obsahu vitamínu C se zaměřením na jodometrickou titraci.
3. Ze získaných výsledků v praktické části porovnejte obsah vitamínu C v závislosti na vybraných kulinárních úpravách rostlinného materiálu (vaření, dušení, blanšírování, chlazení, mrazení, ...).
4. Získané výsledky porovnejte a diskutujte.

Rozsah grafických prací: dle potřeby dokumentace
Rozsah pracovní zprávy: 40 až 50 stran
Forma zpracování práce: tištěná/elektronická
Jazyk práce: čeština

Seznam odborné literatury:

1. ZENG, CH. Effects of Diffent Cooking Methods on the Vitamin C Content of Selected Vegetables. Nutrition & Food Science [online]. 2013, 43 (5), s. 438-443. ISSN 0034-6659.
2. GOUADO, I., DEMASSE, M. A., ETAME, L. G., MEYIMGO, O. R. S., EJOH, A. R., FOKOU, E. Impact of Three Cooking Methods (Steaming, Roasting on Charcoal and Frying) on the β -Carotene and Vitamin C Contents of Plantain and Sweet Potato. American Journal of Food Technology [online]. 2011, 6. s. 994-1001. ISSN 1557-458X.
3. EITENMILLER, R. R., LANDEN, W. O., YE, L. Vitamin Analysis for the Health and Food Sciences. 2. vydání. Boca Raton: CRC Press, 2008. s. 246-248. ISBN 9780-8493-9711-4.
4. VELÍŠEK, J. Chemie potravin. Tábor, Osis, 1999. ISBN 978-80-86659-17-6.

Vedoucí práce: doc. Mgr. Irena Šlamborová, Ph.D.
Katedra biologie a ekologie

Datum zadání práce: 6. května 2023
Předpokládaný termín odevzdání: 24. dubna 2024

prof. RNDr. Jan Pícek, CSc.
děkan

L.S.

RNDr. Alena Ševců, Ph.D.
garant studijního programu

V Liberci dne 6. května 2023

Prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně jako původní dílo s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé bakalářské práce a konzultantem.

Jsem si vědoma toho, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu Technické univerzity v Liberci.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědoma povinnosti informovat o této skutečnosti Technickou univerzitu v Liberci; v tomto případě má Technická univerzita v Liberci právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Současně čestně prohlašuji, že text elektronické podoby práce vložený do IS/STAG se shoduje s textem tištěné podoby práce.

Beru na vědomí, že má bakalářská práce bude zveřejněna Technickou univerzitou v Liberci v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů.

Jsem si vědoma následků, které podle zákona o vysokých školách mohou vyplývat z porušení tohoto prohlášení.

Poděkování

Ráda bych tímto chtěla poděkovat své vedoucí bakalářské práce doc. Mgr. Ireně Šlamborové, Ph.D. za její velmi odborné vedení, za pomoc a cenné rady při zpracování této práce. Dále bych chtěla vyjádřit poděkování mé rodině za podporu po celou dobu mého studia.

Anotace a klíčová slova v českém jazyce

Tato bakalářská práce se zaměřuje na charakteristiku vitamínů, zejména na vitamín C (kyselinu askorbovou) a jeho metabolismus s významem pro lidský organismus. V práci jsou popsány různé analytické metody zjištění obsahu vitamínu C se zaměřením na jodometrickou titraci. Praktická část se zabývá stanovením množství vitamínu C ve vybraných rostlinných materiálech (baby špenát, citron, hrášek, kiwi, kysané zelí, červená paprika, pomeranč a brambory) v závislosti na kulinářské technologické úpravě (vaření, chlazení, mrazení).

Klíčová slova: vitamíny, vitamín C, kyselina askorbová, metabolismus, lidský organismus, jodometrická titrace, rostlinné materiály

Annotation and keywords in english

This bachelor thesis focuses on the characteristics of vitamins, especially vitamin C (ascorbic acid) and its metabolism with relevance to the human body. The thesis describes various analytical methods for the determination of vitamin C content with a focus on iodometric titration. The practical part deals with the determination of vitamin C in selected plant materials (baby spinach, lemon, peas, kiwi, sauerkraut, red pepper, orange and potato) depending on the culinary technological treatment (cooking, cooling, freezing).

Keywords: vitamins, vitamin C, ascorbic acid, metabolism, human body, iodometric titration, plant materials

OBSAH

TEORETICKÁ ČÁST

1	ÚVOD	11
2	ZÁKLADNÍ CHARAKTERISTIKA VITAMÍNŮ	12
2.1	Vitamíny rozpustné v tucích.....	12
2.2	Vitamíny rozpustné ve vodě.....	13
3	VITAMÍN C (Kyselina askorbová)	13
3.1	Historie vitamínu C	13
3.2	Základní chemické vlastnosti a struktura kyseliny askorbové	14
3.3	Fyzikální vlastnosti kyseliny askorbové.....	15
3.4	Chemické vlastnosti kyseliny askorbové.....	15
3.4.1	Kyselost	16
4	FYZIOLOGIE VITAMÍNU C	17
4.1	Doporučená denní dávka	17
5	ONEMOCNĚNÍ VYVOLANÁ NEDOSTATKEM NEBO NADBYTKEM VITAMÍNU C	18
5.1	Hypovitaminóza	18
5.2	Hypervitaminóza	19
5.3	Ohrožené skupiny deficitem vitamínem C	20
6	METABOLISMUS A DISTRIBUCE VITAMÍNU C U ZDRAVÉHO ČLOVĚKA.	21
6.1	Osud cizorodých látek v organismu	21
6.1.1	Farmakokinetická fáze.....	22
6.1.2	Farmakodynamická fáze.....	22
6.1.3	Distribuce vitamínu v organismu	22
6.1.4	Biotransformace.....	23
7	VLIV VITAMÍNU C NA PROCESY V LIDSKÉM TĚLE	23
8	DISTRIBUCE VITAMÍNU C V LIDSKÉM TĚLE	24

8.1	Lékové formy kyseliny askorbové	24
8.2	Pevné lékové formy	24
8.3	Tekuté lékové formy	25
9	VLIV VITAMÍNU C NA ZDRAVÍ LIDSKÉHO ORGANISMU	26
10	ÚČINKY VITAMÍNU C NA PLEŤ	27
11	VÝZNAMNÉ ZDROJE VITAMÍNU C	27
11.1	Obsah vitamínu C v potravinách rostlinného původu	29
12	POTRAVINÁŘSKÉ VYUŽITÍ VITAMÍNU C	32
13	ZÁKLADNÍ ZMĚNY KYSELINY ASKORBOVÉ.....	33
13.1	Ztráta vitamínu C způsobená skladováním	33
14	SNÍŽENÍ OBSAHU VITAMÍNU C ZPŮSOBENÉ TECHNOLOGICKÝMI ÚPRAVAMI.....	34
14.1	Obsah vitamínu C v závislosti na způsobu vaření	35
15	METODY STANOVENÍ VITAMÍNU C (Kyseliny askorbové).....	36
15.1	Titrační metoda.....	36
15.1.1	Jodometrické stanovení kyseliny askorbové	36
15.1.2	Titrační stanovení s 2,6 – dichlorfenolindofenolem (DCIP)	36
15.2	Enzymatická metoda.....	37
15.3	Elektrochemická metoda	37
15.3.1	Polarografická analýza	37
15.3.2	Voltmetrická analýza.....	38
15.3.3	Amperometrická analýza.....	38
16	NEJNOVĚJŠÍ POZNATKY Z WEB OF SCIENCE	38
17	PRAKTICKÁ ČÁST.....	41
18	CÍL BAKALÁŘSKÉ PRÁCE.....	41
19	PRŮBĚH LABORATORNÍ PRÁCE	41
20	POUŽITÝ MATERIÁL A CHEMIKÁLIE	42

20.1	Vzorky registrovaných léčivých přípravků	42
20.2	Vzorky rostlinného materiálu	42
20.3	Chemikálie.....	42
20.4	Pomůcky	43
21	VYUŽITÉ TECHNOLOGICKÉ ÚPRAVY U VZORKŮ.....	43
22	POSTUP JODOMETRICKÉ TITRACE – stanovení obsahu vitamínu C.....	44
22.1	Použité chemikálie.....	44
22.2	Postup práce.....	44
22.3	Vzorec pro výpočet.....	44
23	VÝSLEDKY LABORATORNÍ PRÁCE.....	45
23.1	Stanovení množství vitamínu v daném rostlinném materiálu	46
23.2	Stanovení množství vitamínu C v baby špenátu.....	46
23.3	Stanovení množství vitamínu C v citronu	46
23.4	Stanovení množství vitamínu C v hrášku	46
23.5	Stanovení množství vitamínu C v kiwi	47
23.6	Stanovení množství vitamínu C v kysaném zelí.....	47
23.7	Stanovení množství vitamínu C v červené paprice	47
23.8	Stanovení množství vitamínu C v pomeranči.....	47
23.9	Stanovení množství vitamínu C v bramborách	48
24	OBSAH VITAMÍNU C VE VYBRANÉM OVOCI/ZELENINĚ V POROVNÁNÍ S JINÝMI LITERÁRNÍMI ZDROJI.....	48
25	DISKUSE.....	49
26	ZÁVĚR.....	51
27	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	53
28	SEZNAM TABULEK.....	53
29	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	54

1 ÚVOD

Vitamíny hrají důležitou roli v lidském organismu, jelikož se jedná o esenciální organické nízkomolekulární sloučeniny, které jsou nezbytné pro správné fungování metabolismu a udržování lidského zdraví. Z chemického hlediska vitamíny rozdělujeme na vitamíny rozpustné v tucích (lipofilní) – A, D, E a K a dále na vitamíny rozpustné ve vodě (hydrofilní) – B₁, B₂, B₃, B₅, B₆, B₁₁, B₁₂, C, H.

Bakalářská práce se komplexně zabývá vitamínem C (kyselinou askorbovou), jeho metabolismem a důležitým významem pro člověka.

Vitamín C není pouze L–askorbová kyselina, ale jedná se o komplexní systém složený z L–askorbové kyseliny, dehydroaskorbové kyseliny a dalších souvisejících chemických sloučenin, které umožňují reversibilní redoxní reakce.

Doporučené denní dávky vitamínu C stanovuje Světová zdravotnická organizace (WHO) a v České republice je dále upravuje Ministerstvo zdravotnictví. Nedostatek vitamínu C v lidském organismu může vyvolat onemocnění zvané hypovitaminóza, zatímco jeho nadbytek může vést k hypervitaminóze.

Nejvyšší obsah vitamínu C (kyseliny askorbové) nalezneme v potravinách rostlinného původu, zejména v čerstvé zelenině, citrusových plodech a drobném bobulovitém ovoci. Kyselinu askorbovou lze do organismu dostat i formou léků, a to v podobě tablet, šumivých tablet, tobolek, infuzí, injekcí nebo také sirupů.

Kyselina askorbová patří mezi nejméně stálé vitamíny rozpustné ve vodě, a proto vznikají jednotlivé ztráty již během skladování, kulinárním a technologickém zpracování potravin a projevují se různými způsoby. Ztráty vitamínu C jsou nejvýraznější při technologické tepelné úpravě, jelikož je vitamín C je vysoce citlivý na teplotu.

Existuje mnoho metod pro stanovení vitamínu C, mezi které patří titrační metody, enzymatické metody, elektrochemické metody, spektrofotometrické metody, kinetické metody a chromatografické metody. V rámci laboratorní části této práce byla využita titrační metoda založená na jodometrickém stanovení kyseliny askorbové v rostlinném materiálu, konkrétně ve vybraných druzích ovoce a zeleniny.

TEORETICKÁ ČÁST

2 ZÁKLADNÍ CHARAKTERISTIKA VITAMÍNŮ

Vitamíny jsou klasifikovány jako organické nízkomolekulární sloučeniny, které jsou výhradně produkované autotrofními organismy. Heterotrofní organismy jsou schopny syntetizovat vitamíny pouze v omezeném množství, proto jsou získávány především prostřednictvím potravy, ale také díky mikroorganismům v intestinální mikroflóře. [1] Vitamíny jsou esenciální látky, které si lidský organismus nedokáže vytvořit sám a musí být získávány z potravy. I když vitamíny nejsou považovány za základní živiny, plní nezbytné funkce pro udržení životního procesu. [2]

Z chemického hlediska rozdělujeme vitamíny na dvě kategorie – rozpustné ve vodě (hydrofilní) a rozpustné v tucích (lipofilní). Vitamíny jsou označovány podle svého chemického složení nebo písmeny abecedy. Vitamíny, které vykazují podobné fyziologické účinky, se odlišují pomocí číselných indexů. [3] Většina vitamínů rozpustných ve vodě patří do skupiny vitamínu B, s výjimkou vitamínu C. Společným znakem je jejich rozpustnost ve vodě, ale z chemického hlediska se vzájemně liší svými charakteristikami. [4]

Dle literatury je v současné době uváděno 13 základních vitamínů (skupin vitamínů). Jedná se o:

Vitamíny rozpustné v tucích: A, D, E, K

Vitamíny rozpustné ve vodě: B₁, B₂, B₃, B₅, B₆, B₁₁, B₁₂, C, H

2.1 Vitamíny rozpustné v tucích

Vitamíny rozpustné v tucích, také nazývané jako lipofilní vitamíny zahrnují již zmíněné vitamíny A (a jeho provitamíny – *retinol a karotenoidy*), D (*kalciferol*), E (*tokoferol*) a K (*fylochinon*), které jsou v lidském těle skladovány v tukové tkáni. Všechny tyto vitamíny mají klíčovou roli při udržování fyziologických podmínek v lidském organismu. [1, 5] V krvi jsou přenášeny prostřednictvím lipoproteinů a také využívají specifické proteiny (např. vitamín D využívá binding protein). Neporušená resorpce lipidů je nutná pro jejich vstřebávání. Jelikož vitamíny jsou schopny se v těle ukládat, proto není nezbytně nutné je přijímat každý den v plném množství. Právě tuková tkáň slouží jako sklad při jejich nepravidelném příjmu, odkud mohou být uvolňovány. Tyto vitamíny se nevyklučují z těla močí, což může při nadměrném užívání vést

k předávkování. Naopak snížené hladiny těchto vitamínů v séru, které klesají pod optimální úroveň, jsou považovány za rizikové faktory pro výskyt degenerativních onemocnění. [6]

2.2 Vitamíny rozpustné ve vodě

Mezi vitamíny rozpustné ve vodě, také označovány jako hydrofilní vitamíny patří B-komplex, kam řadíme vitamín B₁ (*thiamin*), vitamín B₂ (*riboflavin*), vitamín B₃ (*kyselina nikotinová a nikotinamid*), vitamín B₅ (*kyselina pantothenová*), vitamín B₆ (*pyridoxol, pyridoxal a pyridoxamin*), vitamín B₁₁ (*cholin*), vitamín B₁₂ (*korinoidy*) a dále mezi vitamíny rozpustné ve vodě řadíme vitamín H (biotin) a vitamín C (*L-askorbová kyselina a L-dehydroxyaskorbová kyselina*), kterému se budu podrobněji věnovat v následujících kapitolách této práce. Vzhledem k jejich rozpustnosti ve vodě je nadbytek těchto vitamínů vylučován močí. Všechny již zmíněné vitamíny se neukládají v těle, a proto je nutný jejich dostatečný denní příjem potravinou. [6]

3 VITAMÍN C (Kyselina askorbová)

3.1 Historie vitamínu C

Slovo „vitamín“ bylo poprvé navrženo polským chemikem Kazimirem Funkem, když objevil, že látka získaná z neloupané rýže, která léčila onemocnění Beri-beri (způsobené nedostatkem vitamínu B1) patří mezi organické dusíkaté látky – aminy. I když později bylo zjištěno, že mnohé vitamíny neobsahují aminovou skupinu, název "vitamín" zůstal již zachován. Už před objevením vitamínů bylo známo, že některé potraviny mají pozitivní vliv na zdraví člověka, ale přesto se lidstvo stále potýkalo s projevy avitaminózy po tisíciletí. [8]

První záznam o kurdějích (skorbutu) pochází z doby asi 1500 let př. n. l. Tento syndrom, který je charakterizován nedostatečnou energií, zánětem dásní, ztrátou zubů a problémy s nadměrnou krvácivostí, popsal již Aristoteles kolem roku 450 př. n. l. [8]

Námořníci, kteří podnikali dlouhé cesty často trpěli kurdějemi. V roce 1720 rakouský vojenský fyzik J. G. H. Kamer objevil léčebné účinky zeleniny a citrónů, avšak jeho objev nepostoupil daleko. Až o 30 let později britský lodní lékař James Lind napsal knihu o kurdějích a doporučil na jejich léčbu čerstvé citrusové plody. Právě již zmiňovaný James Lind roku 1747 provedl vědecký experiment s 12 námořníky, kteří měli nemoc kurděje. Rozděлил je do šesti dvojic a každé dvojici podával odlišnou stravu. Jedna dvojice

dostávala denně dva pomeranče a jeden citron. Za 6 dní byl jeden námořník schopen opět vykonávat službu, protože mu byla poskytována strava s minimálním obsahem vitamínu C. To ukázalo, že citrusové plody mohou kurděje vyléčit, proto následně byl vydán rozkaz, že všichni členové námořní posádky musí každý den konzumovat citrusové plody nebo citronovou šťávu. [8]

Koncem 19. století se nemoc kurděje postupně mírnila, díky zvýšenému konzumování čerstvé zeleniny, citrusových plodů, brambor a kyselého zelí. [8]

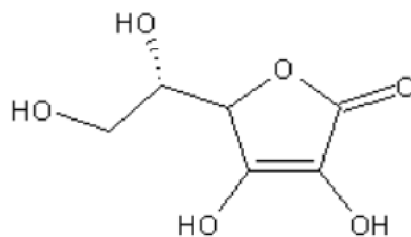
Název „antiskorbutický vitamín“, který byl později přejmenován na kyselinu askorbovou, byl poprvé použit Drummundem v roce 1920, což znamenalo začátek intenzivního studia této látky. V roce 1928 maďarský chemik Albert Szent–Györgyi izoloval látku z pomerančů, zelí a papriky, kterou původně nazval kyselinou hexuronovou. Později tuto látku přejmenoval na kyselinu askorbovou ve spolupráci s Haworthem. Struktura kyseliny askorbové byla objasněna v roce 1933 a téhož roku byla také synteticky vyrobena. Nelze snadno říct, kdo má největší zásluhu na objev vitamínu C a na určení jeho struktury a funkce, ale nejčastěji se tato zásluha připisuje Szent–Györgymu. [8]

Linus Pauling byl první osobou, která úspěšně provedla laboratorní syntézu kyseliny askorbové, tím se také stal držitelem Nobelovy ceny za chemii. Svůj výzkum a poznatky publikoval ve své knize s názvem "Rakovina a vitamín C." V roce 1937 získali Nobelovu cenu za výzkum vitamínu C také W. N. Haworth a A. Szent–Györgyi. [8]

3.2 Základní chemické vlastnosti a struktura kyseliny askorbové

Základní biologickou aktivní sloučeninou se označuje kyselina askorbová (*obrázek č. 1 chemická struktura*). Vitamín C není pouze L–askorbová kyselina, ale také komplexní systém, který umožňuje reversibilní redoxní reakce. [1]

Tento systém zahrnuje L–askorbovou kyselinu, produkt jednoelektronové oxidace, který se označuje L–monodehydroaskorbová neboli L–semidehydroaskorbová kyselina a dále dehydroaskorbová kyselina, produkt dvouelektronové oxidace (*obrázek č. 2 jednotlivé biologické aktivní formy kyseliny askorbové*). V roztocích o fyziologickém pH se kyselina askorbová a askorbové radiály vyskytují jako anionty. V rámci biochemie je vitamín C vitamínem pouze pro člověka a pro některé další živočišné druhy. Podílí se na významných hydroxylačních reakcích probíhajících v daném organismu. [1]



Obrázek 1 základní chemická struktura kyseliny askorbové [32]



Obrázek 2 jednotlivé biologické aktivní formy kyseliny askorbové [6]

Kyselina L-askorbová dokáže krystalovat v bezbarvé krystaly. Je zcela rozpustná ve vodě (1 g na 3 ml vody), naopak v alkoholu je její rozpustnost mnohem nižší (pouze 1 g na 50 ml alkoholu). V benzenu, chloroformu, etheru a tucích se nerozpouští. Vodné roztoky kyseliny L-askorbové se projevují střední kyselostí a mají disociační konstanty $pK_1 = 4,17$ a $pK_2 = 11,57$. Tato látka je také opticky aktivní. [7]

3.3 Fyzikální vlastnosti kyseliny askorbové

Analyzovaná sloučenina s IUPAC-názvem (R)-5-[(S)-1,2-Dihydroxyethyl]-3,4 dihydroxy-5H-furan-2-on, má také několik triviálních názvů, mezi nimiž jsou L(+)-askorbová kyselina, ascorbat a dále vitamín C. Její sumární vzorec je definován jako $C_6H_8O_6$, což odpovídá molekulové hmotnosti 176,13 g/mol. [32]

Tato látka, známá svým bezbarvým krystalickým práškem, je charakterizována E-číslem 300 a vykazuje hustotu $1,65 \text{ g/cm}^3$. Význam této sloučeniny spočívá zejména v jejím triviálním názvu vitamín C, což ukazuje na její důležitou roli v lidském zdraví. [32]

3.4 Chemické vlastnosti kyseliny askorbové

Kyselina askorbová charakterizuje svou relativně jednoduchou strukturou, která má omezený počet strukturních prvků ovlivňujících její chemické vlastnosti. Těmito chemickými sloučeninami je lakton, dvě enolické OH skupiny a dále primární

a sekundární OH skupina. Zvláště významné jsou dvě enolické skupiny, které přispívají k antioxidačním vlastnostem této látky. Tyto enolické skupiny jsou náchylné k oxidaci, přičemž mohou být snadno přeměněny na diketon. Kromě toho kyselina askorbová vytváří dva intramolekulární vodíkové můstky, které mají klíčový vliv na stabilitu a chemické vlastnosti enolické struktury. Tato kombinace strukturních prvků představuje základní faktory, které formují charakteristické chemické vlastnosti kyseliny askorbové. [32]

3.4.1 Kyselost

Kyselina askorbová neobsahuje tradiční kyselé funkční skupiny, ale přesto se projevuje výraznou kyselostí – $pK_a = 4,2$. Tato kyselost je způsobena přítomností enolické struktury, která zřejmě obsahuje větší kyselost než alkoholické skupiny. Zesílení této kyselosti nastává díky sousední karbonylové skupině, což vytváří stabilnější keto-enolovou tautomerii po odštěpení protonu. Vzniklý enolátový aniont je stabilizován delokalizací dvojné vazby a rozložením náboje, což vede k vytvoření negativního náboje na kyslíku a stabilizaci struktury. Další hydroxylové skupiny v molekule vykazují pouze slabé kyselé vlastnosti s pK_a hodnotou 11,8. Tyto charakteristiky jsou klíčové pro pochopení chemického chování kyseliny askorbové a určují její interakce a reaktivitu v různých biochemických procesech. [32]

4 FYZIOLOGIE VITAMÍNU C

4.1 Doporučená denní dávka

Podle Světové zdravotnické organizace (WHO) jsou doporučené denní dávky vitamínu C následující:

Tabulka 1 doporučená denní dávka vitamínu C podle WHO [42]

DOPORUČENÁ DENNÍ DÁVKA VITAMÍNU C PODLE WHO [42]	
věková skupina	doporučená denní dávka vitamínu C (mg)
novorozenec (0–1 rok)	25–30
batole (1–3 roky)	30
mladší školní věk (4–9 let)	30–35
starší školní věk (10–18 let)	40
dospělí (19–65 let)	45
senioři (65 a více let)	45
těhotné ženy	55
kojící ženy	70

V současné době podle Ministerstva zdravotnictví ČR je doporučovaný denní příjem vitamínu C v rozmezí 95 až 125 mg/den. Denní dávky se liší podle specifických skupin – ženy 95mg/den, muži 110mg/den, těhotné ženy 105mg/den a kojící ženy až 125mg/den.

Výjimku mají pacienti s respiračními chorobami, kdy jejich denní dávka L–askorbové kyseliny se pohybuje okolo 1000 mg a i více. Základní zdroj vitamínu C je z potravy, zejména zeleninou (30–40 %) a ovocem (30–35 %). Skorbut neboli kurděje jsou nejznámějším syndromem akutní avitaminosy. Nedostatek vitamínu se projevuje několika nespecifickými příznaky, nejčastěji se však jedná o jarní únavu. Do skupiny antivitaminů C je považována řada axidoreduktas, které se uplatňují v metabolismu vitamínu C rostlin a živočichů. [1, 42, 43]

5 ONEMOCNĚNÍ VYVOLANÁ NEDOSTATKEM NEBO NADBYTKEM VITAMÍNU C

Nedostatek vitamínu C v lidském organismu může vyvolat onemocnění označované jako hypovitaminóza, zatímco naopak nadbytek tohoto vitamínu může vést k hypervitaminóze.

5.1 Hypovitaminóza

Hypovitaminózy vznikají krátkodobým nedostatkem konkrétního vitamínu, což se projevuje poruchou některých životních procesů. Avitaminózy jsou způsobeny dlouhodobým nedostatkem jednoho nebo více vitamínů, což může vést k celkovému onemocnění organismu a v extrémních případech i ke smrti. Hlavním příznakem nedostatku vitamínu C je oslabená odolnost organismu. Tento stav může vyvolat praskání kapilárních cév, což vede k pronikání krve do okolních tkání. To se projevuje nejčastěji v podobě modřin, krvácení z dásní při čištění zubů, vypadávání vlasů a zubů, křehkosti kostí, chudokrevností, depresivních nálad, únavy a potíží se soustředěním. Výrazný nedostatek vitamínu C může vést k onemocnění známé jako skorbut (kurděje), avšak v naší oblasti není běžné. Hypovitaminóza se často vyskytuje u jedinců s nevhodnými stravovacími návyky, kteří nedostatečně zařazují do svého jídelníčku čerstvé ovoce a zeleninu. [9]

Pro identifikaci deficitu vitamínu C je nezbytné přihlídnout k více než jen klinickým příznakům. Základní symptomy se obvykle projevují až při velmi nízkých plazmatických koncentracích vitamínu C, tj. pod 11 mikromolů/l. S ohledem na prevenci vážných onemocnění spojených s oxidativním stresem jsou doporučeny hodnoty ≥ 50 mikromolů/l. Před rozhodnutím o potřebě a formě suplementace vitamínu C je ideální objektivně zjistit, zda pacient skutečně trpí deficitem askorbátu. Pro orientační posouzení deficitu je k dispozici dostupná metoda, kterou představuje vyšetření koncentrace vitamínu C v moči. [10]

Na trhu jsou k dispozici indikátorové proužky Uro C kontrol (*obrázek č. 3*), umožňující orientační stanovení hladiny kyseliny askorbové v moči na základě reakce chelatačního činidla s kovovým iontem a barevného indikátoru, který reaguje proporcionálně k hladině vitamínu C s barevnou změnou. Tato změna je porovnávána s barevnou stupnicí obsahující příslušné hodnoty koncentrací vitamínu C. Následná zjištěná koncentrace

poskytuje orientační informaci o případném deficitu nebo saturaci kyseliny askorbové v lidském organismu. V ideálním případě by se na testu mělo zobrazit žluté zbarvení. To značí, že je vhodné v daném dávkování vitamínu C pokračovat. Pokud se ale test zbarví do zelena, znamená to nedostatek vitamínu v organismu a je nutné jeho denní dávku navýšit. [10, 41]



Obrázek 3 indikátorové proužky Uro C kontrol [41]

5.2 Hypervitaminóza

Hypervitaminóza je onemocnění způsobené nadměrným příjmem vitamínu C. Jak již bylo zmíněno, vitamínu C patří do skupiny vitamínů rozpustných ve vodě, což znamená, že nadbytek tohoto vitamínu je vylučován močí z organismu. Symptomy předávkování se vyskytují velmi zřídka a mohou zahrnovat nevolnost či zvracení. Při nadměrném příjmu (přesahujícím 10 g vitamínu C denně) byly zaznamenány pouze střevní potíže. Pokud by vyšší dávky byly užívány dlouhodobě, může docházet k tvorbě oxalátových kamínků v ledvinách a močových cestách. [3].

Některé výzkumy naznačují, že nadměrný příjem vitamínu C ve vysokých dávkách může ovlivnit metabolismus vitamínu B12. Při perorálním užívání vysokých dávek (5–10 gramů) může dojít k nežádoucím účinkům, jako je převážně osmoticky podmíněný průjem a dočasná nespavost, která má podobné projevy jako kofein. Tyto jevy by měly být pečlivě zváženy při rozhodování o doplňkovém užívání vitamínu C ve vysokých

koncentracích, zejména u jednotlivců, kteří mohou být náchylní k těmto reakcím. U jedinců s nedostatkem glukoso-6fosfátdehydrogenázy, což je zvláště běžné v afrických populacích, mohou nadměrné dávky vitamínu C způsobit hemolýzu. Jedná se o geneticky podmíněné onemocnění. Dále se může projevit kojenecký skorbut, který nastává, pokud byly během těhotenství podávány nadměrné dávky vitamínu C. Eliminace nadbytečné kyseliny askorbové probíhá přes proteinové kanály v ledvinách. Při vysokých koncentracích dochází k zvýšenému vylučování této kyseliny i v embryonálním období. [10]

5.3 Ohrožené skupiny deficitem vitamínem C

Nedostatek vitamínu C nastává, klesne-li hladina vitamínu v krvi pod 11 $\mu\text{mol/l}$, může to vést k rozvoji skorbutu, jehož symptomy se postupně projevují během 2–4 měsíců a často souvisejí s poruchami metabolismu a enzymů, které jsou závislé na tomto vitamínu. [45, 47]

Mezi jednu z hlavních rizikových skupin pro nedostatek vitamínu C patří osoby ve věku 65 či více let. Nízké hladiny vitamínu C v plazmě u této populace často korelují s oxidativním stresem, který doprovází degenerativní onemocnění, jež se s věkem častěji vyskytují. K tomuto stavu přispívají i stravovací návyky a omezená schopnost konzumovat určité potraviny. Pro seniory může být obtížné udržovat zdravý chrup, což může vést k omezení konzumace čerstvé zeleniny a ovoce v jejich stravě, a tím vzniká riziko nedostatku vitamínu C. [3, 36]

Další skupinou ohroženou nedostatkem vitamínu C jsou kuřáci. Světový problém spojený s užíváním tabáku má za následek celou řadu chronických neinfekčních onemocnění a výrazně zvyšuje riziko vzniku onkologických onemocnění. Tento zvyk má významný dopad na celkovou míru nemocnosti a úmrtnosti populace. Vzhledem k stále vysokému počtu kuřáků probíhá mnoho studií zaměřených na tuto problematiku, přičemž některé z nich zkoumají vliv kouření na plazmatické hladiny vitamínu C. Mezinárodní studie shodně prokazují, že kuřáci mají nižší plazmatické hladiny vitamínu C než nekuřáci. Lykkesfeld a spol. ve své studii zjistili, že průměrná plazmatická hladina vitamínu C u kuřáků je 27 $\mu\text{mol/l}$. Studie porovnávala vliv suplementace vitamínu C u kuřáků a nekuřáků. Všichni účastníci dostávali po dobu tří měsíců multivitamin s 272 mg vitamínu C. Výsledky značně ukázaly, že hladiny vitamínu C v plazmě se u kuřáků

a nekuřáků lišily. Nekuřáci měli o 94 % hladiny vitamínu C vyšší než kuřáci, u kterých se hladiny vitamínu C zvýšily pouze o 43 %. [48]

V některých publikacích je nedostatek vitamínu C vysvětluje pomocí změněných stravovacích návyků, protože kuřáci projevují tendenci upřednostňovat kořeněné, smažené a solené potraviny. Také navíc často nahrazují jídlo cigaretou, což poté vede k nižší nebo téměř nulové konzumaci ovoce a zeleniny a následně ke sníženému příjmu vitamínu C. Některé studie naznačují, že u kuřáků je zvýšená potřeba saturace vitamínu C, a to až 3x vyšší než u nekuřáků. [36, 48]

U dětí, zejména kojenců se nedostatek vitamínu C se projevuje Moeller-Barlowovou nemocí. Tato nemoc se obvykle objevuje v 6. měsíci zejména u nekojených dětí, když se vyčerpají zásoby vitamínu C nahromaděné během těhotenství. Nemoc nejvíce postihuje vývoj chrupavek. [47]

Mezi další rizikovou skupinu patří jedinci s nižším sociálním statusem nebo s nezdravými výživovými návyky. Jejich strava je často jednotvárná, charakterizovaná nadměrnou konzumací uzenin a bílého pečiva, nebo preferují převážně stravování v řetězcích fast food, což vede k nedostatečné konzumaci ovoce a zeleniny. [36, 46]

6 METABOLISMUS A DISTRIBUCE VITAMÍNU C U ZDRAVÉHO ČLOVĚKA

U zdravého dospělého člověka se průměrná plazmatická hladina vitamínu C pohybuje mezi 40 a 65 $\mu\text{M/l}$. S narůstajícím věkem hladina vitamínu C v organismu klesá. Nejvyšší hladinu tohoto vitamínu mají jedinci v mladším školním věku a pak pomalu postupně klesá. Muži mají obecně nižší plazmatické hladiny než ženy. Je všeobecně známo, že kouření negativně ovlivňuje hladinu vitamínu C v plazmě. Kouření průměrně snižuje plazmatickou hladinu vitamínu až o 25–50 %. Nutnost vitamínu C se u kuřáků proto zvyšuje, dostupné studie navrhly různá doporučení v rozmezí 35–200 mg dodatečného vitamínu C na den. [26]

6.1 Osud cizorodých látek v organismu

Existují různé způsoby, jak cizorodé látky pronikají do organismu, které lze nazvat cestami vstupu nebo penetrací. Nejčastějším vstupem je zažívací trakt. Mezi méně častý vstup je dermální způsob (pokožkou), sliznicí nebo plynné látky a aerosoly pronikají

do organismu v průběhu inhalace, což je součástí respiračního systému. V některých výjimečných případech může dojít k průniku nitrožilnímu, podkožnímu nebo nitrosvalového. Po vstupu do organismu a následnému vstřebávání dochází k jejich interakcím se složkami organismu. Probíhající procesy lze rozdělit do farmakokinetické a farmakodynamické fáze. [9]

6.1.1 Farmakokinetická fáze

V průběhu biochemického procesu dochází k farmakokinetické fázi, během níž dochází k uvolňování účinné látky z aplikované formy. Následně se tato látka vstřebává do krevního a lymfatického oběhu, kde probíhá distribuce účinné látky v organismu. Dochází také k chemickým přeměnám, a nakonec k vyloučení účinné látky buď močí, výkaly nebo vydechováním. Tato fáze bývá označována jako LADME–systém, která určuje koncentraci farmaka na daném receptoru. Chemickou kinetikou se zabývá farmakokinetika, která umožňuje pacientům vytvářet představy o správném dávkování léčiv a farmaceutům o jejich optimálních formách podávání. [9]

6.1.2 Farmakodynamická fáze

Prvním krokem této fáze je interakce produktu farmakokinetické přeměny cizorodé látky s molekulovými strukturami biosystému, známými jako receptory. Tím je spuštěno biologické působení. Tyto receptory rozpoznávají a váží produkt přeměny xenobiotika, hovoříme o rozpoznávací funkci receptoru. V tomto rozpoznání a vázání se zapojuje široká škála interakcí, včetně kovalentních vazeb, interakcí ion-dipól, dipól-dipól, dispersních sil a dalších. V závislosti na specifitě těchto interakcí můžeme rozlišovat farmaka působící specificky a nespecificky. Farmakodynamická fáze končí změnou funkce biosystému. Omezuje se na jednu z možností, konkrétně na změnu enzymové aktivity nebo několika enzymových aktivit, ovlivnění přenosu genetické informace z DNA na bílkovinu a další. [9]

6.1.3 Distribuce vitamínu v organismu

Distribuce účinné látky v organismu závisí zejména na fyzikálně chemických vlastnostech. Jde o acidobazické vlastnosti, velikost koeficientu rozdělení mezi vodnou a lipofilní fází organismu, polaritu a schopnost vázat se na různé biologické struktury, zejména bílkoviny a ostatní polymery. [9]

6.1.4 Biotransformace

Cizorodé látky z organismu jsou jen zřídka vylučovány nezměněné, většinou podléhají v organismu více nebo méně hlubokých biotransformacích. Cílem je transformovat xenobiotika na metabolity neúčinné, které jsou lehce vylučitelné. Proces biotransformace je ovlivněna pohlavím, věkem, onemocněním, genetickým vybavením a podmínkami prostředí. [9]

U tzv. genotoxických látek v některých případech dochází biotransformací místo detoxikaci k tvorbě reaktivních produktů. Při vazbě na biopolymery mohou tvořit karcinogeny, teratogeny nebo mutageny. V takovém případě se jedná o biotoxikaci. Biotransformace probíhají prostřednictvím enzymatických transformací, což jsou procesy řízené enzymy, které jsou většinou induktivní a děj probíhá spontánně. Při dlouhodobém podávání cizorodé látky dochází k nárůstu jejich biosyntézy, což vysvětluje mechanismus vzniku návyku na jedy a léčiva. Stimulace biosyntézy příslušného enzymu urychluje metabolismus dané cizorodé látky. Biotransformace převážně probíhají v jaterních buňkách, konkrétně v mikrozomech endoplazmatického retikula. Méně často dochází k nim v mitochondriích, cytosolu nebo lysozomech. K detoxikaci a následnému vyloučení xenobiotika dochází spojením (konjugací) s některým z endogenních produktů normálního metabolismu. [9]

Nejčastější formou biotransformace je oxidace cizorodé látky. Realizují ji enzymy monooxygenzsové povahy. Většinou dochází k zavedení hydroxylové skupiny buď do postranních řetězců, nebo na aromatická jádra. Převážně dochází k hydroxylování látek, které nemohou být transformovány jinými reakcemi (např.: konjugací) na polární sloučeniny nebo na látky schopné konjugace. [9]

7 VLIV VITAMÍNU C NA PROCESY V LIDSKÉM TĚLĚ

Kyselina askorbová funguje jako významné hydrofilní redukční činidlo. V lidském těle hraje klíčovou roli při hydroxylaci (upraveno od – OH skupinu) aminokyseliny prolinu, který je zásadní složkou kolagenu, který tvoří pojivo v kůži, chrupavkách, šlachách a kostech. Také se podílí na transformaci velmi důležitých látek, jako je thyroxin (hormon štítné žlázy). Rovněž se podílí na vytváření hormonů v kůře nadledvinek, jedná se o endokrinní žlázu, která produkuje hormony glukokortikoidy a mineralokortikoidy. Bylo zaznamenáno, že koncentrace vitamínu C je nejvyšší právě

v endokrinní žláze nadledvinek a v ovariích, protože velmi podporuje syntézu pohlavních hormonů. Dále kyselina askorbová vynikajícím způsobem dokáže vázat kyslík (odevzdává vodík a proměňuje se v kyselinu dehydroaskorbovou), a tak je výjimečně účinným antioxidantem. Kromě toho kyselina askorbová také zabezpečuje absorpci železa ze střev. [27]

8 DISTRIBUCE VITAMÍNU C V LIDSKÉM TĚLE

V organismu dospělého člověka se nachází přibližně 1,5–5 gramů vitamínu C. Tento vitamín se nachází volně v krvi, hlavně ve formě kyseliny askorbové (99,5 %) a kyseliny dehydroaskorbové (0,5 %). Koncentrace vitamínu v plazmě se obvykle pohybuje v rozmezí 23–87 $\mu\text{mol/l}$ (4–15 mg/l). Dosáhnutí horní hranice je velmi obtížné pomocí orálního příjmu, protože nadbytečný vitamín C je vylučován ledvinami. Fáze plató (stabilní plazmatická koncentrace vitamínu C) je dosažena při příjmu vitamínu C vyšším než 2 g/den. Přechod kyseliny askorbové do krevních buněk má za následek snížení plazmatické koncentrace vitamínu. Vitamín C je obsažen téměř ve všech tkáních, avšak jeho množství se mezi tkáněmi liší. Zásobní orgán tohoto vitamínu neexistuje. V celém lidském těle se největší koncentrace zmíněného vitamínu C nachází v mozku, především v hypofýze (v množství 40–50 mg/100 g). Další část v lidském těle, kde nalezneme nejvyšší koncentrace vitamínu jsou nadledvinky, následovně v oční čočce a játrech, kde plní roli antioxidantu. Při různých průzkumech bylo zjištěno, že naopak nejnižší koncentrace vitamínu C se nachází v červených krvinkách. [28]

8.1 Lékové formy kyseliny askorbové

Kyselina askorbová je jedním z nejčastěji používaných vitamínů v populaci. Podle údajů Státního ústavu pro kontrolu léčiv (SÚKL) je v současné době v České republice registrováno a dostupných na trhu mnoho léčivých přípravků, které obsahují vitamín C ve formě pevných i tekutých lékových formách. [29]

8.2 Pevné lékové formy

Do kategorie pevných lékových forem spadají tablety, šumivé tablety, tobolky, prášky určené k přípravě perorálního roztoku a také prášky, které slouží k přípravě injekčních a infuzních roztoků. [29]

Mezi nejdostupnějšími tabletami patří Celaskon tablety 100 mg a 250 mg (Zentiva), které jsou navrženy pro prevenci a léčbu nedostatku vitamínu C. Ochucené tablety Celaskon

100 mg od Zentivy jsou zvláště určeny pro děti. Tyto přípravky slouží k doplnění hladiny vitamínu C v organismu a také podporují celkové zdraví a imunitní systém. [29]



Obrázek 4 Celaskon 100 mg neobalené tablety [51]

8.3 Tekuté lékové formy

Tekuté lékové formy zahrnují infuze, injekce a sirupy. Infuze Vitamin C injektapas 7,5 g (PASCOE) obsahuje 50 mg kyseliny askorbové v 1 ml koncentrátu pro infuzní roztok. Tento léčivý přípravek je určen pro prevenci a terapii nedostatku vitamínu C v případech, kdy není možné tento nedostatek odstranit prostřednictvím výživy nebo perorálního podávání. [29]



Obrázek 5 Pascorbin® injekční roztok 50 ml [52]

V rámci injekčních lékových forem je možné využít Acidum ascorbicum biotika od společnosti BB Pharma, který obsahuje 500 mg kyseliny askorbové v 5 ml roztoku. Tato forma je určena pro intravenózní podání a slouží k prevenci a terapii nedostatku

vitamínu C. Intravenózní aplikace poskytuje rychlý a efektivní způsob doplnění hladiny vitamínu C v organismu, zejména v situacích, kdy je nezbytné rychlé a spolehlivé řešení nedostatku tohoto důležitého vitamínu. [29]

Sirup Multi–sanostol od Takeda Pharma obsahuje 100 mg kyseliny askorbové v 10 g sirupu. Tento vitamínový přípravek je určený pro děti od 1 roku věku a slouží k prevenci a léčbě nedostatku vitamínů. Kromě toho se používá při terapii ztráty chuti k jídlu, poruchách vývoje a růstu, a také při fyzické a psychické vyčerpanosti. Multi–sanostol sirup poskytuje komplexní podporu pro optimální vývoj a zdraví dětí. [29]

9 VLIV VITAMÍNU C NA ZDRAVÍ LIDSKÉHO ORGANISMU

Vitamín C má v lidském těle rozsáhlejší účinky, než se dříve předpokládalo. Moderní výzkum v oblasti molekulární medicíny jednoznačně potvrzuje, že právě vitamín C má širokou škálu pozitivních účinků na lidské zdraví. Kromě prevence skorbutu a obecně známé podpory imunity bylo zjištěno, že vitamín C hraje významnou roli v mnoha dalších oblastech. Vykazuje rozsáhlé spektrum pozitivních vlivů na lidské zdraví. [37]

Nejvíce se podílí se na protizánětlivých procesech, v boji proti nádorovým buňkám, hojení ran a léčbě popálenin, prevenci aterosklerózy a hypertenze, snižování výskytu diabetických komplikací, zmírňování průběhu alergií, posilování odolnosti vůči stresu, boji proti únavě, zmírňování nežádoucích účinků onkologické léčby a zpomalování stárnutí. [37]

Kyselina askorbová se v nedávné době stala předmětem intenzivního zájmu vědecké komunity. Rostoucí počet studií zkoumá její široké spektrum léčebných potenciálů, což přináší nové poznatky a otevírá nové možnosti v oblasti medicíny. Stanovování definitivních závěrů v epidemiologických studiích zaměřených na vitamín C je komplexní úlohou. Biologická variabilita, interakce s nutričními faktory a vliv komorbidit na vstřebávání a metabolismus vitamínu C představují faktory, které komplikují formulaci jednoznačných závěrů. Mnoho otázek ohledně vitamínu C stále zůstává nezodpovězených. Ale přesto účinky kyseliny askorbové můžeme rozdělit do tří hlavních skupin: vliv na imunitní systém, biochemické procesy a metabolismus. [37]

10 ÚČINKY VITAMÍNU C NA PLEŤ

Kyselina askorbová plní různé biologické, farmaceutické a dermatologické funkce, proto je často v kosmetickém průmyslu využívána jako bělicí činidlo. Nicméně, tato kyselina je velmi nestabilní na vzduchu, vůči vlhkosti, světlu, teplu, iontům kovů, kyslíku a zásaditosti a snadno se rozkládá na biologicky neaktivní sloučeniny, proto se častěji preferují její deriváty, jako například askorbyl-2-fosfát hořečnatý nebo askorbyl-6-palmitát. Vitamin C ochraňuje tkáně a buňky před oxidačním poškozením díky svým antioxidačním vlastnostem. [30]

Vitamin C představuje esenciální látku pro mnohé biologické procesy v organismu, zahrnující klíčové funkce spojené s péčí o pokožku. Tento vitamin prokázal schopnost velmi efektivně hydratovat pokožku, což vede k udržení její elasticity a celkové kondice. Několik studií uvádí, že aplikace vitamínu C zvyšuje udržení vody v epidermis, a tudíž přispívá k optimální hydrataci pleti. Jedním z významných dermatologických přínosů vitamínu C je jeho schopnost redukovat vrásky. Tato schopnost souvisí s aktivací syntézy kolagenu, klíčového proteinu pro udržení pevnosti a elasticity pleti. Při pravidelném užívání může dojít ke značnému zlepšení textury pleti a redukcii jemných vrásek. Antioxidační vlastnosti vitamínu C jsou klíčové pro jeho schopnost rozjasňovat pokožku. Ochrana před volnými radikály, způsobenými například slunečním zářením, přispívá k odstranění pigmentových skvrn a zlepšení celkového tónu pleti. Studie také naznačují, že vitamin C obsažený v kosmetice má potenciál redukovat hyperpigmentaci pokožky. Jeho schopnost interferovat s tvorbou melaninu a následně regulovat pigmentaci pleti představuje klíčový mechanismus pro dosažení jednotného tónu. [31, 56]

11 VÝZNAMNÉ ZDROJE VITAMÍNU C

Největší množství vitamínu C se vyskytuje v potravinách, zejména rostlinného původu. Mezi ty nejdůležitější patří zelenina (např.: brambory, paprika, špenát, zelí, brokolice), citrusové ovoce (např.: pomeranč, mandarinka, citron, limetka), drobné bobulovité ovoce (např.: jahody, maliny, borůvky) a další. [14]

Obsah vitamínu C v různých potravinách je na rozdíl od mnoha jiných vitaminů obecně poměrně vysoký (10–100 mg/100 g) a v některých případech dosahuje jednotek gramů na 100 g čerstvé hmotnosti. Pravděpodobně to souvisí s tím, že kyselina L-askorbová se tvoří z cukrů, které jsou běžnými sloučeninami v různých organismech. V současnosti

pochází většina denního příjmu vitamínu C z ovoce a zeleniny, které jsou na rozdíl od předchozích let v mnoha zemích dostupné po celý rok. Většina organismů je schopna vitamín C syntetizovat. Živočišné zdroje se na příjmu příliš nepodílejí, protože obsah vitamínu C v nich je obecně velmi nízký. [11, 12]

Nejbohatším zdrojem vitamínu C je mnoho druhů ovoce z různých částí světa. V Evropě jsou za nejbohatší zdroje tohoto vitamínu považovány šípky a rakytník. Lidé získávají velkou část denního příjmu vitamínu C pravidelnou konzumací ovoce a ovocných šťáv. [13] Jejich druhové složení se v jednotlivých regionech liší, protože obsah vitamínu se liší v závislosti na odrůdě a na podmínkách pěstování dané rostliny. Mezi celosvětově kvalitními zdroji vitamínu C řadíme guavu (*obrázek č. 6*), černý rybíz, kiwi a jahody. V porovnání s nejbohatšími zdroji obsahují citrusy výrazně nižší, ale přesto dostatečné množství vitamínu C. [14]



Obrázek 6 ovoce Guava [53]

Z hlediska zeleniny jsou bohatými zdroji brukvovitá zelenina, zejména brokolice, kapusta a paprika. Obsah vitamínu C v kvašeném zelí (kysané zelí) je dokonce vyšší než ve většině čerstvé zeleniny. Například brambory mají poměrně nízký obsah vitamínu C, ale hrají důležitou roli v jeho příjmu, protože se konzumují ve velkém množství a bez ohledu na to, že se konzumují vařené, jsou přesto vhodným zdrojem vitamínu. Samotná porce brambor nabízí 5 – 40 mg vitamínu, v posledních letech představují v evropských zemích v průměru 8 % celkového denního příjmu vitamínu C. [14]

K celkovému obsahu vitamínu C významně přispívají i čerstvé aromatické bylinky (koriandr, petržel, pažitka), které jsou častou součástí zeleninových salátů. [14]

Z živočišných potravin jsou nejvýznamnějším zdrojem vitamínu C játra, která obsahují přibližně 230 – 300 mg/1000 g vitamínu C. Maso, vejce a mléko obsahují vitamínu C jen

zanedbatelné množství. Některé šunky mohou být významným zdrojem kyseliny askorbové, neboť tato látka může být přidávána jako aditivum. Vitamin C se v seznamu aditiv skrývá pod označením „E“ (300). Tato látka má antioxidační vlastnosti a pomáhá udržet barvu masa. Přídavek askorbové kyseliny (včetně askorbátu sodného a askorbylpalmitátu) do masa a masných výrobků v množství 60 – 180 mg/1000 g má spolu s dusitanem (např. při výrobě šunky) funkční i ekonomický význam. Funkční význam spočívá v prodloužení trvanlivosti a zachování barvy masa, ekonomický význam pak v nižší spotřebě dusitanů, které jsou dražší. [1]

11.1 Obsah vitamínu C v potravinách rostlinného původu

Nejvyšší množství vitamínu C je přítomen v čerstvém ovoci a zelenině. Absolutně nejvyšší koncentrace kyseliny askorbové je přítomna v ovoci *Malpighia punicefolia* (*Acerola*) (obrázek č. 7) pocházejícím ze západoindických ostrovů. Plody tohoto ovoce obsahují množství kyseliny askorbové v rozmezí 1500–4500 mg/100 gramů. Obsah kyseliny askorbové v *Malpighia punicefolia* je tedy přibližně 50 až 100krát vyšší než obsah vitamínu C v citrusových plodech. [54]



Obrázek 7 ovoce *Malpighia punicefolia* (*Acerola*) [54]

I když jsou šípky, černý rybíz a kadeřavá petržel bohatými zdroji vitamínu C, bývají obvykle používány spíše příležitostně a v malých množstvích, což je zřídka dostačující k pokrytí našich potřeb tohoto vitamínu. Důležitějšími zdroji vitamínu C jsou potraviny s průměrným obsahem tohoto vitamínu, jako jsou brambory, které jsou konzumovány pravidelně a v relativně významném množství. [1]

Jak již bylo zmíněno, šípek je bohatým zdrojem vitamínu C. Podle Velíška (2002) obsahují šípky velmi široké rozmezí 2500–10 000 mg vitamínu C/1000 g. Množství vitamínu v šípcích se liší zejména v závislosti na době sklizně. Nejvyšší koncentrace

vitamínu je pozorována v říjnu, při suchém a slunném počasí. V této době může obsah vitamínu C dosáhnout až 10 000 mg/1000 g. Později v sezóně se obsah vitamínu postupně snižuje. Při sběru je důležité, aby šípky měly červené nebo oranžové zbarvení, což signalizuje jejich optimální zralost. Pro zachování co nejvyššího obsahu vitamínu C je nejlepší sušit šípky umělým teplem při teplotě nepřesahující 60 °C. Pomalé sušení při vyšší teplotě může vést k výrazné ztrátě vitamínu C. [1, 49]

Jednotlivý obsah vitamínu C ve vybraných potravinách rostlinného a živočišného původu je uveden v tabulce č. 2, 3 a 4

Tabulka 2 obsah vitamínu C v některých potravinách rostlinného původu – zelenina [1]

OBSAH VITAMÍNU C V NĚKTERÝCH POTRAVINÁCH ROSTLINNÉHO PŮVODU – ZELENINA [1]			
potravina	obsah vitamínu C mg/1000 g	potravina	obsah vitamínu C mg/1000 g
brambory	80–400	okurka	65–110
brokolice	1 100–1 130	paprika (různé druhy)	620–3 000
cibule	90–100	petržel kadeřavá	1 500–2 700
česnek	150–160	pažitka	430
kapusta růžičková	1 000–1 030	rajčata	80–380
kedluben	280–700	salát hlávkový	60–300
křen	450–1 200	špenát	350–840
květák	47–1 610	zelí	170–700

Tabulka 3 obsah vitamínu C v některých potravinách rostlinného původu – ovoce [1]

OBSAH VITAMÍNU C V NĚKTERÝCH POTRAVINÁCH ROSTLINNÉHO PŮVODU – OVOCE [1]			
potravina	obsah vitamínu C mg/1000 g	potravina	obsah vitamínu C mg/1000 g
ananas	150–250	jablko	15–50
angrešt	330–480	kiwi	700–1 270
banán	90–320	meloun	130–590
broskev	70–100	mango	100–350
citron	300–640	pomeranč	300–600
grapefruit	240–700	rybíz červený	1 100–3 000
hruška	20–40	šípek	2 500–10 000
jahoda	400–700	švestka	25–45

Tabulka 4 obsah vitamínu C v potravinách živočišného původu [1]

OBSAH VITAMÍNU C V POTRAVINÁCH ŽIVOČIŠNÉHO PŮVODU [1]			
potravina	obsah vitamínu C mg/1000 g	potravina	obsah vitamínu C mg/1000 g
Kapr obecný	10	Pstruh duhový	160
kravské mléko	17	šunka	300–500
kuřecí játra	280	skopová a jehněčí játra	307
hovězí játra	300	Slávka jedlá	320
Losos obecný	160	Treska obecná	20
mateřské mléko	44	vepřová játra	230

12 POTRAVINÁŘSKÉ VYUŽITÍ VITAMÍNU C

V potravinářském průmyslu patří kyselina askorbová mezi látky, které jsou přidávány do potravin jako přídatné složky. Tyto přídatné látky, známé též jako aditiva, jsou chemické složky, které slouží k vylepšení nebo udržení chuti a vzhledu potravin. Seznam použitých aditiv musí být přehledně uveden na obalech výrobků, přičemž každá z těchto látek je identifikována svým názvem nebo mezinárodním kódem E + číslem, a to ve sestupném pořadí podle obsahu v potravině. V souladu s právním řádem České republiky je používání aditiv regulováno vyhláškou Ministerstva zdravotnictví č. 304/2004 Sb. [8]

Aditiva se dělí do několika skupin podle jejich účelu při přidávání do potravin. Kyselina askorbová patří do kategorie antioxidantů. Antioxidanty jsou látky, které prodlužují trvanlivost potravin a chrání je před poškozením způsobeným oxidací, což je reakce potravin s kyslíkem ve vzduchu. Projevem oxidace může být zejména žluknutí tuků a změny v barvě potravin. Antioxidanty se označují pomocí kódů E300 až E399. Kyselina askorbová je na obalech výrobků označena kódem E300. Například E301 označuje askorbát sodný a E304 zahrnuje estery askorbové kyseliny, jako je askorbylpalmitát a askorbylstearát. [8] Svými vlastnostmi jako vitamín, antioxidant a chelatační činidlo nachází kyselina askorbová široké využití, zejména v konzervárnictví, kvasné technologii a v oblasti zpracování masa, tuků a cereálií. [1]

13 ZÁKLADNÍ ZMĚNY KYSELINY ASKORBOVÉ

Kyselina askorbová patří mezi nejméně stálé vitamíny rozpustné ve vodě. Jednotlivé ztráty vznikají již při skladování, kulinárním a průmyslovém zpracování potravin a projevují se různými způsoby. Ztráty v důsledku výluhu a oxidace jsou klíčovými faktory. V absenci vzdušného kyslíku jsou ztráty převážně způsobeny kyselinami a katalyzovány procesem deglarace. Celkové ztráty se obvykle pohybují v rozmezí mezi 20–80 %. [1]

13.1 Ztráta vitamínu C způsobená skladováním

Při krátkodobém skladování potravin je klíčové minimalizovat jejich interakci s kyslíkem, například prostřednictvím nahrazení vzduchu inertní atmosférou. Přítomnost vzdušného kyslíku totiž přispívá k oxidačnímu procesu vitamínu C, což vede ke ztrátě jeho biologické aktivity. Enzymy také mohou podporovat oxidaci, zejména za přítomnosti iontů Fe^{3+} a Cu^{2+} . Redukcí přímého kontaktu potravin s kovovými nádobami (železné, měděné a mosazné), lze snížit množství těchto iontů, čímž se minimalizují ztráty vitamínu. [33, 34]

Pro dlouhodobé skladování ovoce a zeleniny se nejčastěji využívá sterilace, která probíhá v autoklávu při teplotách mezi 115 a 140 °C. Tato metoda eliminuje veškerou bakteriální mikroflóru a enzymy, které by mohly potravinu degradovat, což výrazně prodlužuje její trvanlivost. Sterilace je pro vitamín C šetrná, jak ukazují studie, které prokázaly minimální ztráty tohoto vitamínu ve sterilovaných potravinách. Například v konzervovaných višních bylo zachováno 98,1 % vitamínu C, u meruněk 95,8 % a v konzervě hrušek zůstalo 96,7 %. [33]

Vitamín C je velmi citlivý na teplo, a proto by sterilované potraviny měly být skladovány v chladnějším prostředí. Teplota nad 60 °C je pro vitamín C velmi kritická, protože dochází k rozkladu jeho chemické struktury. Výzkum na konzervovaných meruňkách prokázal, že po dvou letech skladování při teplotě nižší než 20 °C došlo pouze k 10 % poklesu obsahu vitamínu C. Zatímco, při překročení teploty 20 °C došlo k dramatickému poklesu obsahu vitamínu na polovinu. [33]

Metoda zmrazení představuje další prostředek dlouhodobého uchování potravin. Řada výzkumů prokázala, že nižší teploty během procesu zmrazování jsou spojeny s menšími ztrátami vitamínu C v potravinách. Experimenty provedené zejména s jablky

ukázaly, že při zmrazení při teplotě $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ došlo k téměř úplné ztrátě vitamínu. Při teplotě $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ byla ztráta vitamínu C zhruba 50 %, zatímco při teplotě $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ se původní obsah vitamínu C téměř neměnil. Hlavním faktorem ztráty vitamínu C jsou krystalky ledu, které se tvoří při nízkých teplotách a narušují buněčné stěny. Po rozmrazení dané potraviny dochází k rychlé oxidaci vitamínu, protože vnitřní obsah buněk, který byl narušen, přichází do kontaktu s kyslíkem ve vzduchu. Tento proces vede až k degradaci vitamínu C. [33]

14 SNÍŽENÍ OBSAHU VITAMÍNU C ZPŮSOBENÉ TECHNOLOGICKÝMI ÚPRAVAMI

Již během omývání vodou ovoce a zeleniny dochází k úbytku vitamínu C, protože tento vitamín je rozpustný ve vodě a snadno se vyluhuje. Dále i při krájení dochází k výraznému snížení obsahu vitamínu, protože rozkrojení ovoce a zeleniny na menší kousky má za následek narušení rostlinné buněčné tkáně a zároveň způsobuje zvětšení plochy pro styk se vzduchem. V ovoci a zelenině se vitamín C nerozkládá rovnoměrně. Povrchové části plodů obvykle obsahují vyšší množství vitamínu, což znamená, že oloupaním dochází k značným ztrátám tohoto vitamínu, protože se odstraní povrchové části, které jsou bohaté právě na vitamín C. [15]

Vitamín C je velmi citlivý na teplotu, a proto dochází k významným ztrátám i při tepelné úpravě. Vliv vysokých teplot na změny obsahu vitamínu v ovoci a zelenině byl předmětem mnoha studií. Většina z těchto výzkumů potvrzuje, že největší ztráty vitamínu C nastávají při vaření. Z tohoto důvodu je často doporučováno jako nejvhodnější metoda tepelné úpravy vaření na páře. [16]

V roce 2013 byla provedena studie, publikovaná v časopise *Nutrition & Food Science*, která zkoumala ztráty vitamínu C při tepelné úpravě salátu a špenátu pomocí tří různých metod – vaření ve vodě, na páře a mikrovlnným ohřevem. U špenátu, který se vařil ve vodě došlo k poklesu obsahu vitamínu C o 50,5 %, mikrovlnným ohřevem o 25,5 % a vařením na páře pouze o 11,1 %. Podobné výsledky byly zaznamenány i u salátu, kde ztráty při vaření ve vodě dosáhly 40,4 %, při ohřevu v mikrovlnné troubě 21,2 %. Naopak, vaření na páře opět způsobilo pouze 8,6% úbytek obsahu vitamínu C. Dále mléčné kvašení zeleniny, jako je například výroba kysaného zelí, může způsobit ztrátu vitamínu. Kysané zelí obsahuje oproti čerstvému zelí pouze 50 % vitamínu C. [34, 44]

14.1 Obsah vitamínu C v závislosti na způsobu vaření

Rostlinné produkty jsou vynikajícím zdrojem vitamínů, včetně β -karotenu (provitamínu A), kyseliny askorbové a vitamínů E a K. Několik studií naznačuje, že výživa bohatá na zeleninu je spojena se snížením rizika chronického onemocnění, proto se v posledních letech spotřeba zeleniny díky jejím zdravotním přínosům rychle zvyšuje. [17]

Před samotnou konzumací se zelenina obvykle tepelně upravuje, například vařením v páře, blanšírováním, vařením. Je známé, že specifický způsob vaření mění nutriční hodnotu čerstvé zeleniny. Již několik studií se zaměřilo na to, jak vaření mění nutriční složky a obsah fytochemikálií v ovoci a zelenině. Pouze několik z nich se zaměřilo na konečné zjištění, kolik obsahu vitamínu C zůstává po dokončení různými technologickými úpravami. Proto je nezbytné zjistit nutriční informace o zachování vitamínů z ovoce a zeleniny různými způsoby zpracování. Skutečné množství vitamínů je důležitou složkou, která určuje konečný význam vitamínů v konzumovaném daném ovoci a zelenině. [18, 19]

Podle dokončených studií je známo, že obsah vitamínu C v syrové a vařené zelenině po vystavení různým způsobům tepelné úpravy se značně lišil. Dlouhodobé vaření a zejména vaření ve velkém množství vody vede ke ztrátě vitamínu C do vody, a tím k výraznému snížení obsahu vitamínu C v potravinách. Dokonce i tepelný způsob blanšírování vede k poměrně velkým ztrátám vitamínu C. Mezi nejšetnější způsoby z hlediska uchování vitamínu C se však jeví vaření v páře nebo pouze v malém množství vody. K určité ztrátě dochází, i když jsou všechny vnější faktory minimalizovány, protože uvnitř rostlinného materiálu probíhají oxidační reakce v důsledku přítomnosti oxidázy kyseliny askorbové. Ideální metodou zpracování je tedy rychlá tepelná inaktivace enzymu s minimálním množstvím vody a následným rychlým ochlazením. Při skladování má rovněž značný vliv na stabilitu teplota, protože se zvyšující se teplotou dochází k výrazným ztrátám. Při dlouhodobém skladování se však množství vitamínu C výrazně snižuje, i když jsou zachovány správné podmínky, za kterých při krátkodobém skladování dochází pouze k malým ztrátám. Souhrnně lze říci, že nejšetnějším způsobem, jak dlouhodobě uchovat ovoce a zeleninu pro dostatečný obsah vitamínu C, je hluboké zmrazení. [21, 22, 23, 24, 25].

15 METODY STANOVENÍ VITAMÍNU C (Kyseliny ASKORBOVÉ)

Existuje mnoho analytických metod pro stanovení vitamínu C a jeho forem v různých vzorcích. V potravinách se vitamín C nachází převážně (až 95 %) ve formě kyseliny askorbové, zbývající část tvoří kyselina dehydroaskorbová. Vitamín C se kvůli nízkému oxidačně–redukčnímu potenciálu snadno oxiduje na kyselinu dehydroaskorbovou. Při stanovení vitamínu je důležité rozlišovat, zda se zjišťuje množství kyseliny askorbové a kyseliny dehydroaskorbové současně, či odděleně. [5]

Mezi běžně používané metody řadíme titrační metody, enzymatické metody, elektrochemické (polarografická, voltmetrická a amperometrické metody), spektrofotometrické metody (včetně UV–VIS spektrofotometrie, fluorimetrie, flow injection a chemiluminiscenčních metod), kinetické a chromatografické metody (kapalinová chromatografie HPLC a plynová chromatografie GC). Tyto metody jsou velmi citlivé, a proto dokáží přesně stanovit i nízké koncentrace vitamínu C. [38]

15.1 Titrační metoda

15.1.1 Jodometrické stanovení kyseliny askorbové

Oxidace kyseliny askorbové jódem v kyselém prostředí je stechiometrická. To znamená, že jedna molekula kyseliny askorbové reaguje s jednou molekulou jodu a vzniká jedna molekula kyseliny dehydroaskorbové. Tento proces se využívá v analytické chemii k stanovení obsahu vitamínu C v potravinách a biologických materiálech. [39]

Daný analyzovaný vzorek se rozpustí ve vodě a okyselí kyselinou sírovou. Poté se přidá roztok škrobu jako indikátor a titruje se roztokem jodu o známé koncentraci (0,07 ml/l) do modrého zbarvení. Toto zbarvení indikuje, že veškerá kyselina askorbová ve vzorku byla oxidována jódem. [39]

15.1.2 Titrační stanovení s 2,6 – dichlorfenolindofenolem (DCIP)

Tato metoda je určena k přímému stanovení kyseliny askorbové v nápojích, v potravinách rostlinného nebo živočišného původu, ve výrobcích z nich a také vitamínových preparátech.

Princip metody spočívá v redukci DCIP (*2,6-dichlorindofenolu*) kyselinou askorbovou v kyselých roztocích, jako indikátor této redukce slouží samotné titrační činidlo DCIP.

Metoda není vhodná pro stanovení kyseliny askorbové v biologických materiálech, které přirozeně obsahují tanin, betaniny a sulfhydrylové sloučeniny. Tyto látky reagují s barvivem DCIP a zkreslují tak výsledky dané analýzy. Tato metoda je použitelná pouze v případě, že nejsou přítomny interferující látky. Pro stanovení bodu ekvivalence u barevných vzorků je nezbytná potenciometrická indikace.

Kyselina askorbová se z analyzovaného vzorku extrahuje roztokem kyseliny metafosforečné. Následně se stanoví titračně s 2,6-dichlorfenolindofenolem jako oxidačním činidlem. Titrace se provádí do bodu ekvivalence, který je indikován změnou barvy roztoku na světle růžovou. Pro stanovení dehydroaskorbové kyseliny je nutné provést redukci, například pomocí homocysteinu, cysteinu nebo H_2S . [39]

15.2 Enzymatická metoda

Kyselina askorbová lze v potravinách, v ovocné šťávě, v mléku, v zakysaných mléčných výrobcích a v dětské výživě kvantifikovat pomocí enzymatické metody. Tato metoda využívá specifickou reakci vitamínu C s peroxidázami, kde kyselina askorbová funguje jako druhý substrát. V reakci dochází k oxidaci o-dianisidinu nebo 3,3',5,5' tetramethylbenzidinu (TMB) za přítomnosti peroxidu vodíku. [39]

15.3 Elektrochemická metoda

15.3.1 Polarografická analýza

Polarografie je hlavní elektrochemická analytická metoda, která umožňuje stanovení koncentrace a detekci redukovatelných a oxidovatelných látek v roztoku.

Polarografická analýza je elektrochemická metoda, která je nejčastěji využívána ke stanovení vitamínu C v potravinářských výrobcích, koření, ovoci, zelenině a léčivých produktech. Tato metoda funguje na principu elektrochemické oxidace kyseliny askorbové, tedy vitamínu C, na rtuťové kapkové elektrodě.

Pro dosažení přesných výsledků se používají pomocné elektrolyty, jako jsou acetát a citrát s pH v rozmezí 4,5–4,6 nebo fosfáty a univerzální pufrы s širším rozsahem pH od 2,2–7. Jelikož mohou jiné redukovatelné látky v daném vzorku ovlivnit měření, bývá často nutná

předběžná úprava vzorku pomocí formaldehydu. Tato úprava zamezuje interferenci s nežádoucími reduktory a umožňuje tak přesné stanovení vitamínu C v analyzovaném materiálu. [39]

15.3.2 Voltmetrická analýza

Tato analýza s uhlíkovými elektrodami je specifická metoda používaná pro stanovení vitamínu C v barevných, viskózních a zakalených vzorcích ovocných šťáv. Princip metody spočívá v měření elektrického proudu, který vzniká při oxidaci vitamínu C na povrchu uhlíkové elektrody. Tato metoda je velice užitečná pro analýzu vzorků, které by znečistily jiné typy elektrod. [39]

15.3.3 Amperometrická analýza

Amperometrická metoda se zaměřuje na stanovení vitamínu C pomocí mřížkované skleněné uhlíkové elektrody, která slouží jako amperometrický průtokový detektor ve flow–injection systému. Amperometrické flow–injection stanovení využívá nepohyblivých enzymů v reaktorech nebo fotochemickou redukci methylenovou modří pro vzorky, které obsahují kyselinu askorbovou. Metoda s methylenovou modří umožňuje stanovit obsah vitamínu C v rozmezí od 5 do 90 $\mu\text{g/ml}$. [39]

16 NEJNOVĚJŠÍ POZNATKY Z WEB OF SCIENCE

V rámci mé bakalářské práce jsem prostudovala několik desítek relevantních nejnovějších článků ve webové databázi *Web of Science* a na základě analýzy jsem dospěla k těmto závěrům.

Vitamín C (kyselina askorbová) hraje klíčovou roli v udržování redoxní rovnováhy v organismu. Působí jako antioxidant a dále velmi chrání buňky před poškozením volnými radikály, které se podílí na syntéze kolagenu, karnitinu a norepinefrinu, také posiluje imunitní systém a ovlivňuje zánětlivou odpověď. [56]

V minulosti se nedostatek vitamínu C často spojoval se zápallem plic. Po objevení vitamínu C proběhlo mnoho studií, které zkoumaly jeho vliv na různé infekce. Celkem 148 studií na zvířatech prokázalo, že kyselina askorbová může zmírňovat nebo předcházet infekcím způsobeným bakteriemi, viry a prvoky. Nachlazení je nejlépe prozkoumanou lidskou infekcí v souvislosti s vitamínem C. I když jeho podávání nesnižuje průměrný

výskyt nachlazení u běžné populace, u fyzicky aktivních osob se počet nachlazení snížil na polovinu. Pravidelné užívání vitamínu C také zkrátilo dobu trvání nachlazení, což dokazuje jeho biologický účinek. Dvě kontrolované studie prokázaly, že čím vyšší dávka vitamínu C (až 6–8 g denně) byla pacientům s běžným nachlazením podána, tím kratší dobu trvaly jejich symptomy. To naznačuje, že negativní výsledky dřívějších studií mohly být způsobeny nízkými dávkami vitamínu C (3–4 g denně). Tři další kontrolované studie potvrdily, že vitamín C dokáže také velmi efektivně předcházet zápalu plic. Vliv vitamínu C na boj s infekcemi si ale vyžádá další výzkum. [57]

Nedostatek vitamínu C dále způsobuje oslabení imunity a zvýšenou náchylnost k infekcím. Infekce opět výrazně ovlivňují hladinu vitamínu C kvůli zvýšeným zánětům a metabolickým potřebám. Dostupné studie naznačují, že suplementace vitamínem C může předcházet respiračním a systémovým infekcím a napomáhat jejich léčbě. Pro prevenci infekcí je proto nezbytný příjem vitamínu C ve stravě, který zajistí alespoň dostatečné množství (tj. 100–200 mg/den), což by mělo optimalizovat hladiny v buňkách a tkáních. [58]

Lidská kůže obsahuje vysoké koncentrace vitamínu C, který plní důležité funkce. Podporuje syntézu kolagenu a zejména chrání pokožku před poškozením způsobeným UV zářením. Tyto poznatky vedly k rozšířenému používání vitamínu C v kosmetických přípravcích, například v tělových a pleťových krémech. [59]

Cílem jedné z dalších analyzovaných studií bylo charakterizovat obsah vitamínu C a flavony v komerčních pomerančových šťávách konzumovaných v Evropě a porovnat ho s čerstvě vymačkanými šťávami. Znalost aktuálních hladin živin a bioaktivních látek v ovocných šťávách v momentě konzumace je klíčová pro správné pochopení jejich potenciálních zdravotních benefitů. Bohatým zdrojem byly komerční džusy vitamínu C (>30 % referenční hodnoty živin). Obsah vitamínu C v čerstvě vymačkaných šťávách byl na konci jejich trvanlivosti o 33 % vyšší než v džusech z obchodních sítí. Flavony měly podobné hodnoty z komerčních i čerstvých šťáv, s výjimkou čerstvých vzorků skladovaných po dobu 48 hodin, kde čerstvé šťávy měly vyšší hodnoty (22,36 mg/100 ml). Pomerančové džusy si během skladování uchovávají bioaktivní sloučeniny s minimálním vlivem značky, země původu, průmyslového procesu a podmínek skladování. Hlavní bioaktivní sloučeniny v komerčních džusech se nacházejí v nutričně relevantních koncentracích ve srovnání s čerstvě vymačkanými šťávami. [60]

Další výzkumná práce se soustředila na hladiny vitamínu C u dospělých jedinců v Kanadě. Pro tuto studii byla využita data z kanadského průzkumu zdravotních měření z roku 2012/2013. Průměrná plazmatická koncentrace vitamínu C u dospělých ve věku 20–79 let byla 53 $\mu\text{mol/l}$, přičemž méně než 3 % populace trpělo nedostatkem vitamínu. Doplněk stravy s kyselinou askorbovou užívalo 22 % respondentů. Nejnižší koncentrace vitamínu C byly pozorovány u kuřáků a obézních osob, zatímco u uživatelů doplňků stravy s vitamínem C, konzumentů ovocných šťáv nebo citrusových plodů byly koncentrace znatelně vyšší. Analýza prokázala, že užívání doplňků stravy s vitamínem C představuje nejsilnější a nejkonzistentnější faktor ovlivňující jeho hladinu v organismu, s průměrným nárůstem o 20 %. Konzumace ovocných šťáv a citrusových plodů se ukázala jako relevantní pouze u populace, kteří mají nízkou hladinu vitamínu C, typicky u kuřáků a obézních jedinců, s průměrným nárůstem o 10 %. Tato studie tedy dospěla k závěru, že ačkoliv deficit vitamínu C postihuje jen malou část kanadské populace, kuřáci a osoby s vyšším BMI jsou ohroženi nejvíce. Naopak užívání doplňků stravy s vitamínem C a konzumace ovocných šťáv a citrusových plodů se ukázaly jako faktory zvyšující jeho hladinu. [61]

17 PRAKTICKÁ ČÁST

18 CÍL BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Cílem mé bakalářské práce v rámci praktické části je zjištění obsahu vitamínu C (kyseliny askorbové) ve vybraném rostlinném materiálu, porovnání vlivů různých úprav na jeho obsah v závislosti na vybraných kulinárních úpravách rostlinného materiálu (vaření, chlazení, mrazení, ...). Obsah vitamínu C byl zjišťován za pomoci jodometrické titrace.

19 PRŮBĚH LABORATORNÍ PRÁCE

Laboratorní výzkum na zjištění obsahu vitamínu C (kyseliny askorbové) ve vybraném rostlinném materiálu jsem prováděla na katedře chemie – Fakulta přírodovědně-humanitní a pedagogická, Technická univerzita v Liberci.

První část práce byla zaměřena na ověření registrovaných léčivých přípravků, mezi které patří primární standard kyselina askorbová a dále přípravek Celaskon 100 mg tablety, který obsahuje 100 mg vitamínu C (kyseliny askorbové).

Další fáze práce byly zaměřeny znovu na zjištění obsahu vitamínu C ve vybraném rostlinném materiálu, tedy v ovoci a zelenině, konkrétně v baby špenátu, citronu, hrášku, kiwi, kysaném zelí, paprice, pomeranči a bramborách.

U každého druhu ovoce a zeleniny jsem nejprve provedla zjištění obsahu vitamínu C bez použití technologické úpravy. Poté jsem vybrala danou kulinářskou technologickou úpravu a určitý druh rostlinného materiálu technologicky zpracovala. Následně jsem zjistila, jak se úbytek vitamínu C v daném vzorku po technologické úpravě změnil. Ke zjištění obsahu vitamínu C ve vybraných potravinách jsem použila jodometrickou titraci (podobnější popis uveden v kapitole č. 22 *POSTUP JODOMETRICKÉ TITRACE – stanovení obsahu vitamínu C*).

20 POUŽITÝ MATERIÁL A CHEMIKÁLIE

20.1 Vzorke registrovaných léčivých přípravků

Tabulka 5 registrované léčivé přípravky

REGISTROVANÉ LÉČIVÉ PŘÍPRAVKY	
léčivý přípravek	výrobce
Celaskon 100mg (tablety)	SANOFI (lékárna Dr. Max)
kyselina askorbová	ROTICHROM [®] (P-LAB a.s.)

20.2 Vzorke rostlinného materiálu

Tabulka 6 informace o původu rostlinných materiálů

INFORMACE O PŮVODU ROSTLINNÝCH MATERIÁLŮ		
rostlinný materiál	zakoupeno v obchodním řetězci	země původu
baby špenát	TESCO	Česká republika
brambory (<i>odrůda Radana</i>)	Plotišťská zelenina – HAK	Česká republika
citron	TESCO	Španělsko
hrášek	TESCO	Polsko
kiwi	LIDL	Řecko
kysané zelí (<i>výrobce Efko</i>)	TESCO	Rakousko
červená paprika	LIDL	Polsko
pomeranč	TESCO	Španělsko

20.3 Chemikálie

Během práce byl využíván roztok jódu ($c = 0,07 \text{ mol/l} - 1\% \text{ KI}, 0,125\% \text{ I}_2$), jedná se o roztok jódu v roztoku jodidu draselného (KI), který se používá jako odměrný roztok v jodometrických titracích. Dále kyselina sírová (H_2SO_4), 1% škrobový maz a destilovaná voda ($\text{H}_2\text{O}_{\text{dest.}}$).

20.4 Pomůcky

Mezi pomůcky používané při stanovení obsahu vitamínu C (kyseliny askorbové) ve vybraném rostlinném materiálu patří titrační kulaté skleněné baňky s plochým dnem, skleněné kádinky, automatické nastavitelné pipety, špičky na pipetu, třecí miska s tloučkem, stojan, byreta, analytická váha, lodička na vážení, filtrační papír, plastová lžička a elektrický vaříč.

21 VYUŽITÉ TECHNOLOGICKÉ ÚPRAVY U VZORKŮ

Při stanovení obsahu vitamínu C ve vybraném rostlinném materiálu byly použity celkem 3 kulinářské technologické úpravy: vaření, chlazení a mražení.

Tepelná úprava potravin, při které se vaří v kapalině (nejčastěji ve vodě) při teplotě varu 100 °C, se nazývá vaření. U rostlinného materiálu (citrón, pomeranč, kysané zelí) byla použita tato technologická úprava. Z hlediska výživy je vaření nejšetrnějším způsobem úpravy potravin. Pro zachování dostatečného množství vitamínů, zvláště vitamínu C, se doporučuje vařit pod pokličkou a omezit míchání, které obohacuje tekutinu o kyslík a poté vede k jejich ztrátám. [50]

Chlazení a zmrazení sice patří mezi metody pro dlouhodobé uchování potravin, ale bohužel vedou ke ztrátám vitamínu C. [33] Tyto ztráty byly prokázány i u baby špenátu a kysaného zelí, jak ukazují níže uvedená tabulka č. 7

22 POSTUP JODOMETRICKÉ TITRACE – stanovení obsahu vitamínu C

22.1 Použité chemikálie

- roztok jódu ($c = 0,07 \text{ mol/l} - 1\% \text{ KI}, 0,125\% \text{ I}_2$) – odměrný roztok
- $1 \text{ M H}_2\text{SO}_4$
- 1% škrobový maz
- $\text{H}_2\text{O}_{\text{dest.}}$

22.2 Postup práce

1. Zvážený vzorek vložíme do titrační baňky, do které následně napipetujeme:
 - 50ml destilované vody
 - 5 ml $1 \text{ M H}_2\text{SO}_4$
 - 3ml škrobového mazu (jako indikátor)
2. Vše důkladně promícháme.
3. Do skleněné byřety si připravíme roztok jódu o výše uvedené koncentraci (byřetu si nejprve odměrným roztokem propláchneme a následně naplníme tak, aby hladina titračního roztoku byla na stupnici byřety na nule).
4. Titrujeme do bodu ekvivalence, tedy do modrého zbarvení.
5. Odečteme spotřebu na stupnici na byřetě.
6. Titraci provedeme 3x, výsledek průměrujeme a objem dosadíme do vzorce.

22.3 Vzorec pro výpočet

$$m = 0,07 \text{ ml/l} \cdot V (\text{objem roztoku jódu}) \cdot Mr 176,12$$

Jako standard pro porovnání je pak nutné použít např. 500 mg /1000 mg/ vit. C, ale čistého, bez obsahu šípků atd. Tableta se rozetře ve třecí misce a kvantitativně se převede do titrační baňky tak, aby objem odpovídal těm 50 ml destilované vody.

23 VÝSLEDKY LABORATORNÍ PRÁCE

Tabulka 8 ověření obsahu vitamínu c v léčivých přípravcích

OVĚŘENÍ OBSAHU VITAMÍNU C V LÉČIVÝCH PŘÍPRAVCÍCH		
léčivý přípravek	množství (primární standard)	ověření
Celaskon (tablety)	100 mg	101,1 mg
Celaskon (tablety)	200 mg	200,0 mg
kyselina askorbová	500 mg	500,0 mg
kyselina askorbová	1 000 mg	1 006,0 mg

Tabulka 7 obsah vitamínu c ve vybraných potravinách rostlinného původu – ovoce/zelenina

OBSAH VITAMÍNU C VE VYBRANÝCH POTRAVINÁCH ROSTLINNÉHO PŮVODU				
potravina/ objem	obsah vitamínu C v mg/1000 g			
	bez technologické úpravy	technologická úprava		
		vaření	chlazení	mražení
baby špenát (20 ml)	105,0	–	–	60,0
citron (30 ml)	180,7	100,3	–	–
hrášek (50 ml)	246,0	88,8	–	–
kiwi (50 ml)	568,0	116,0	–	–
kysané zelí – pouze listy (50 ml)	262,0	50,0	–	–
kysané zelí – pouze šťáva (50 ml)	–	–	135,0	76,0
paprika (50 ml)	887,0	764,0	–	–
pomeranč (60 ml)	295,2	220,8	–	–
šťáva ze syrových brambor (120 ml)	134,9	25,0	–	–

23.1 Stanovení množství vitamínu v daném rostlinném materiálu

Při stanovování obsahu vitamínu C bylo vždy odváženo přesné množství čerstvého rostlinného materiálu, který je uveden v tabulce č. 7

23.2 Stanovení množství vitamínu C v baby špenátu

Obsah vitamínu C (kyseliny askorbové) v čerstvém baby špenátu se dle literárního zdroje pohybuje v rozmezí 350–840 mg/1000 gramů. [1]

Měřením bylo prokázáno, že průměrný obsah kyseliny askorbové v čerstvém baby špenátu je 105,0 mg/1000 g. Další vzorek baby špenátu (20 g) byl technologicky upraven tak, že byl po dobu 5 dnů skladován při teplotě $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$. Po rozmrazení a následné analýze bylo zjištěno, že obsah vitamínu C se snížil celkem o 37 % původního obsahu. Mražený baby špenát poté obsahoval pouze 60,0 mg/1000 g vitamínu C.

Množství kyseliny askorbové v čerstvém baby špenátu bylo v porovnání s literaturou (Velíšek, 2002) značně nižší. Literatura udává obsah vitamínu C v rozmezí 380–840 mg/1000 g, zatímco mé měření prokázalo pouze 105,0 mg/1000 g. Množství vitamínu C v baby špenátu se může lišit z mnoha důvodů. Nejvýznamnější faktory zahrnují odrůdu, podmínky pěstování, sklizeň, skladování a také zpracování. [1]

23.3 Stanovení množství vitamínu C v citronu

Obsah vitamínu C (kyseliny askorbové) v čerstvém citronu se dle literárního zdroje pohybuje v rozmezí 300–640 mg/1000 gramů. [1]

Měření obsahu vitamínu C prokázalo, že průměrný obsah vitamínu v čerstvé citronové šťávě bez technologické úpravy činí 180,7 mg/1000 g. Po zahřátí na $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ po dobu 3 minut obsahovala šťáva 100,3 mg vitamínu C na 1000 g, tepelná technologická úprava snížila obsah vitamínu C v citronové šťávě celkem o 44,5 %.

23.4 Stanovení množství vitamínu C v hrášku

Obsah vitamínu C (kyseliny askorbové) v hrášku se dle literárního zdroje pohybuje přibližně 224,0 mg/1000 gramů. [1]

Měřením bylo prokázáno, že průměrný obsah kyseliny askorbové v čerstvém hrášku je 246,0 mg/1000 g. Po tepelné technologické úpravě se obsah kyseliny askorbové snížil celkem o 63,9 %. Uvařený hrášek po dobu 10 minut poté tedy obsahoval vitamínu

C pouze 88,8 mg/1000 g.

23.5 Stanovení množství vitamínu C v kiwi

Obsah vitamínu C (kyseliny askorbové) v kiwi se dle literárního zdroje pohybuje v rozmezí 700–1270 mg/1000 gramů. [1]

Měřením bylo prokázáno, že čerstvá šťáva z kiwi obsahuje 568mg/1000 g vitamínu C. Zahřátím šťávy na 80 °C po dobu 3 minut se obsah vitamínu snížil o 79,6 %. Po technologické tepelné úpravě šťáva z kiwi obsahovala 116,0 mg/1000 g kyseliny askorbové.

23.6 Stanovení množství vitamínu C v kysaném zelí

Obsah vitamínu C (kyseliny askorbové) v kysaném zelí se dle literárního zdroje pohybuje v rozmezí 170–700 mg/1000 gramů. [1]

Měřením bylo prokázáno, že průměrný obsah kyseliny askorbové pouze v listech kysaného zelí je 262,0 mg/1000 g. Chlazená šťáva z kysaného zelí obsahovala 135,0 mg kyseliny askorbové na 1000 g, v důsledku uschování po dobu 5 dní v ledničce snížila množství vitamínu C o 48,5 %. Zatímco mražená šťáva obsahovala ještě méně vitamínu C a to 76,0 mg/1000 g, obsah se tedy snížil o 71 % z původní čerstvé šťávy.

23.7 Stanovení množství vitamínu C v červené paprice

Obsah vitamínu C (kyseliny askorbové) v čerstvé červené paprice se dle literárního zdroje pohybuje v rozmezí 620–3000 mg/1000 gramů. [1]

Pomocí měření bylo prokázáno, že průměrný obsah kyseliny askorbové v čerstvé červené paprice je 887,0 mg/1000 g. Vzorek, který byl tepelně zahřátý na 85 °C po dobu 3 minut snížil obsah vitamínu C o 13,9 %. Po technologické tepelné úpravě červená paprika obsahovala množství vitamínu C 764,0 mg/1000 g.

23.8 Stanovení množství vitamínu C v pomeranči

Obsah vitamínu C (kyseliny askorbové) v čerstvém pomeranči se dle literárního zdroje pohybuje v rozmezí 300–600 mg/1000 gramů. [1]

Pomocí měření bylo prokázáno, že průměrný obsah kyseliny askorbové v čerstvé pomerančové šťávě je 295,2 mg/1000 g. Tepelná technologická úprava snížila obsah

vitamínu C v pomerančové šťávě o 25,2 %. Po zahřátí na 80 °C po dobu 3 minut obsahovala šťáva 220,8 mg vitamínu C na 1000 g.

23.9 Stanovení množství vitamínu C v bramborách

Obsah vitamínu C (kyseliny askorbové) v bramborách se dle literárního zdroje pohybuje v rozmezí 80–400 mg/1000 gramů. [1]

Měření prokázalo, že šťáva z čerstvě nastrouhaných brambor obsahuje 134,9 mg/1000 g kyseliny askorbové. Zatímco šťáva z brambor, která byla tepelně zpracovaná po dobu 10 minut na 100 °C, obsahovala vitamínu C pouze 25,0 mg/1000 g.

24 OBSAH VITAMÍNU C VE VYBRANÉM OVOCI/ZELENINĚ V POROVNÁNÍ S JINÝMI LITERÁRNÍMI ZDROJI

Níže uvedená tabulka č. 9 udává daný obsah vitamínu C v potravinách rostlinného původu ve srovnání s jinými literárními zdroji, kteří se také zabývali stanovením kyseliny askorbové v ovoci a zelenině.

Tabulka 9 obsah vitamínu c ve vybraných potravinách rostlinného původu v porovnání s literárními zdroji

OBSAH VITAMÍNU C VE VYBRANÝCH POTRAVINÁCH ROSTLINNÉHO PŮVODU V POROVNÁNÍ S LITERÁRNÍMI ZDROJI			
potravina	obsah vitamínu C mg/1000 g		
	VELÍŠEK, Jan (2002) [1]	MANDŽUKOVÁ, Jarmila (2005) [55]	KOTLANDOVÁ, Lucie (2024)
baby špenát	380–840	–	105,0
citron	300–640	800	180,4
hrášek	224	–	246,0
kiwi	700–1270	600	568,0
kysané zelí	170–700	410	262,0
paprika	620–3000	2040	887,0
pomeranč	300–600	540	295,2
brambory	80–400	210	134,9

25 DISKUSE

Na základě laboratorního průzkumu a analýzy získaných dat jsem dospěla k následujícím závěrům, které jsem také porovnála s dostupnými literárními zdroji.

Cílem první části práce bylo zkontrolovat deklarované množství vitamínu C v léčivých přípravcích a porovnat ho s údaji uváděnými výrobcí. Výsledkem zjištění bylo, že množství vitamínu C v léčivých přípravcích odpovídá skutečnosti. Obsah kyseliny askorbové v léčivých testovacích přípravcích (Celaskon 100 mg tablety, kyselina askorbová) dosahoval téměř 100 % ve srovnání s primárním standardem. To znamená, že lidé, kteří užívají tyto léky s obsahem kyseliny askorbové, skutečně dostávají deklarovanou dávku vitamínu C.

V další části výzkumu jsem se zaměřila na stanovení obsahu vitamínu C (kyseliny askorbové) v rostlinném materiálu a poté jsem porovnála naměřené hodnoty s údaji uváděnými v literárních zdrojích. Zjistila jsem, že se naměřené hodnoty téměř shodovaly v rozmezí uváděném v literatuře pro určitý druh ovoce nebo zeleniny.

Podle literatury (Velíšek, 2002 a Mandžuková, 2005) byly největší odchylky zaznamenány u čerstvého hrášku, kysaného zelí a čerstvé šťávy z kiwi a citronu. Jednalo se o čerstvý rostlinný materiál bez technologické úpravy.

V literatuře (Velíšek, 2002) se udává, že v baby špenátu je obsah kyseliny askorbové v rozmezí 380–840 mg/1000 g, avšak mým měřením bylo zjištěno 105,0 mg/ 1000 g vitamínu C. Tato odchylka může mít několik příčin, mezi které nejčastěji patří odlišná odrůda, podmínky pěstování nebo skladování baby špenátu.

Kromě čerstvého hrášku jsem zaznamenala mírně podprůměrné hodnoty vitamínu C také u čerstvé šťávy z kiwi, kdy měřením bylo zjištěno 568,0 mg/ 1000 g kyseliny askorbové, zatímco v literatuře je uvedeno rozmezí kyseliny askorbové 700–1270 mg/ 1000 g (Velíšek, 2002) a 600 mg/1000 g (Mandžuková, 2005).

Množství vitamínu C u čerstvého citronu se v literatuře uvádí 300–640 mg/ 1000 g (podle Velíška, 2002) a 800 mg/1000 g (podle Mandžukové, 2005). Již ve zmíněné literatuře jsou uvedené rozdílné množství, avšak mým měřením bylo prokázáno pouze 180,4 mg/ 1000 g vitamínu C. Množství vitamínu C v citronech se může výrazně

lišit v závislosti na odrůdě, podmínkách pěstování, zralosti a dalších faktorech.

Jedním z klíčových zjištění výzkumu je, že jakákoliv technologická úprava ovoce a zeleniny vede k poklesu množství vitamínu C, k nejvyšším ztrátám dochází při nešetrné tepelné technologické úpravě.

Po dané technologické úpravě došlo u všech rostlinných materiálů k značnému poklesu vitamínu C (kyseliny askorbové).

Největší ztráty vitamínu C se vyskytovaly u baby špenátu, hrášku a také kiwi. Tyto rostlinné materiály byly technologicky upravené buď vařením, chlazením nebo mražením. Ve všech zmíněných rostlinných vzorcích se jednalo o pokles kyseliny askorbové o více než 60 % (mg/1000 gramů) oproti původní hodnotě.

Naopak nejnižší ztráty byly zaznamenány u čerstvé červené papriky, jednalo se pouze o 13,9 % úbytku vitamínu C z původní hodnoty. To tedy potvrzuje, že každá technologická tepelná úprava má značný negativní vliv na stabilitu vitamínu C v rostlinném materiálu.

U rostlinného materiálu z kysaného zelí jsem použila typy vzorků ke stanovení obsahu vitamínu C. Jednalo se pouze o listy z kysaného zelí a poté šťávu. Množství kyseliny askorbové v listech kysaného zelí bez použití technologické úpravy dosáhlo 262,0 mg/ 1000 g, zatímco po tepelné úpravě vařením se obsah vitamínu C snížil na 50,0 mg/ 1000 g. V literatuře se udává obsah vitamínu C bez použití technologické úpravy v rozmezí 170 –700 mg/ 1000 g (Velíšek, 2002) a 410 mg/1000 g (Mandžuková, 2005). Šťáva z kysaného zelí byla upravena chlazením a mražením po dobu 5 dní. Chlazením byla ztráta vitamínu C značně nižší než mražením. Chlazená šťáva obsahovala 135,0 mg/ 1000 g kyseliny askorbové, zatímco mražená šťáva měla 76,0 mg/ 1000 g, jedná se tedy o 43,6 % pokles vitamínu C.

Způsob kysání zelí velmi ovlivňuje obsah vitamínu C. Nejvýznamnějšími faktory jsou délka a teplota kysání. S prodlužující se dobou a vyšší teplotou kysání dochází ke snižování obsahu vitamínu C v důsledku aktivity enzymů, které ho rozkládají. Také různé odrůdy zelí se liší v přirozeném obsahu vitamínu C.

26 ZÁVĚR

Vitamín C též označován jako kyselina askorbová patří mezi vitamíny rozpustné ve vody. Z chemického hlediska není vitamín C pouze L–askorbová kyselina, ale zároveň komplexní systém, který umožňuje reversibilní redoxní reakce. Vitamín C (kyselina askorbová) se do organismu dostává nejčastěji trávicím traktem, méně často kůží nebo sliznicemi. Po vstřebání dochází k jejich interakci s různými složkami organismu. Tyto procesy můžeme rozdělit do dvou fází nazývané farmakokinetické a farmakodynamické.

Světová zdravotnická organizace (WHO) doporučuje dospělým jedincům denní příjem 45 mg vitamínu C. Specifická doporučení se liší dle pohlaví, věku a také fyziologického stavu. Doporučené denní dávky vitamínu C podle Ministerstva zdravotnictví ČR stanovují – ženy 95mg/den, muži 110mg/den, těhotné ženy 105mg/den a kojící ženy až 125mg/den.

Nejvyšší obsah vitamínu C nalezneme v potravinách rostlinného původu, a to v zelenině (30–40 %) a ovoci (30–35 %). Nedostatek vitamínu C vede k hypovitaminóze, zatímco jeho nadbytek se nazývá hypervitaminóza. Aktuální koncentraci kyseliny askorbové v moči lze zjistit pomocí indikátorových proužků Uro C kontrol.

Kyselina askorbová patří mezi nejméně stálé vitamíny, proto vznikají ztráty již při skladování, kulinárním a průmyslovém zpracování potravin a projevují se různými způsoby. Nejvíce vitamínu C se ztrácí při dlouhodobém vaření ve vodě, naopak nejšetrnějším způsobem úpravy z hlediska zachování vitamínu C je krátkodobé vaření v páře.

Cílem bakalářské práce bylo zjistit obsah vitamínu C (kyseliny askorbové) ve vybraném rostlinném materiálu a následné porovnání vlivů různých úprav na jeho obsah v závislosti na vybraných kulinárních úpravách rostlinného materiálu.

Přidání čerstvé šťávy z citronu nebo pomeranče do čaje může vést k výrazné degradaci vitamínu C. Přidání šťávy do horké vody ihned po uvaření způsobuje ztrátu vitamínu 25 – 50 %. Množství degradovaného vitamínu C se liší v závislosti na teplotě vody, době působení a množství přidané šťávy. Pro maximální zachování vitamínu C je ideální přidávat šťávu z citronu nebo pomeranče do čaje až po vychladnutí, při teplotě přibližně

20 °C. Vitamín C v kuchyni ohrožují různé faktory, jako je každá technologická úprava, vysoká teplota, prodloužená doba vaření nebo pouze kontakt se vzduchem. Vitamín C je velmi citlivý na teplotu a s rostoucí teplotou se rozkládá rychleji. Z tohoto důvodu patří technologická úprava blanšírování a vaření na páře mezi šetrnější způsoby vaření, protože pomáhá zachovat daný obsah kyseliny askorbové ve vybrané potravíně. Dále pro zachování co nejvyššího obsahu vitamínu C v potravinách je důležité zkrátit dobu vaření. Krájení ovoce a zeleniny na menší kousky je jedním z efektivních způsobů, jak toho dosáhnout.

27 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 základní chemická struktura kyseliny askorbové [32].....	15
Obrázek 2 jednotlivé biologické aktivní formy kyseliny askorbové [6]	15
Obrázek 3 indikátorové proužky Uro C kontrol [41]	19
Obrázek 4 Celaskon 100 mg neobalené tablety [51].....	25
Obrázek 5 Pascorbin® injekční roztok 50 ml [52].....	25
Obrázek 6 ovoce Guava [53].....	28
Obrázek 7 ovoce Malpighia punicefolia (<i>Acerola</i>) [54]	29

28 SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 doporučená denní dávka vitamínu C podle WHO [42].....	17
Tabulka 2 obsah vitamínu C v některých potravinách rostlinného původu – zelenina [1]	31
Tabulka 3 obsah vitamínu C v některých potravinách rostlinného původu – ovoce [1] 31	
Tabulka 4 obsah vitamínu C v potravinách živočišného původu [1]	32
Tabulka 5 registrované léčivé přípravky	42
Tabulka 6 informace o původu rostlinných materiálů.....	42
Tabulka 7 obsah vitamínu c ve vybraných potravinách rostlinného původu – ovoce/zelenina	45
Tabulka 8 ověření obsahu vitamínu c v léčivých přípravcích	45
Tabulka 9 obsah vitamínu c ve vybraných potravinách rostlinného původu v porovnání s literárními zdroji	48

29 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] VELÍŠEK, Jan. *Chemie potravin 2*. Tábor, Osis, 2002. ISBN 80–86659–01–1
- [2] KOMPRDA, Tomáš. *Výživou ke zdraví*, Brno, TeMi CZ s.r.o., 2009, ISBN 978–80–87156–41–4
- [3] HLÚBIK, Pavel, OPLTOVÁ, Libuše. *Vitamíny*. Praha: Grada, 2004, ISBN 80–247–0373–4.
- [4] MURRAY, Robert K. *Harperova Biochemie*. 23. vyd., (4. české vyd.), 2002. H & H, 3. Jinočany: H & H, Lange medical book. ISBN 80–7319–013–3.
- [5] VALÁŠEK, P., ROP. O. *Analýza potravin – přírodní látky*. 1.vyd. Zlín: UTB ve Zlíně, FT. 2007, ISBN 978–80–7314–585–5.
- [6] LAVRÍKOVÁ, Petra, FONTANA, Josef, TRNKA, Jan. *Vitamíny a výživa* [online]. 2008 [cit. 20. 12. 2023]. Dostupné z: <http://fbt.cz/skripta/ix-travici-soustava/7-vitaminy-a-vyziva/>
- [7] KNOBLOCH, E. *Fyzikálně chemické metody stanovení vitaminů*. Nakladatelství Československé akademie věd Praha, 1956, 1. vyd., str. 319–331.
- [8] MIKOVÁ, Kristýna. *Vitamin C v potravinách*. Zlín, 2009. Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta technologická, Ústav potravinářského inženýrství.
- [9] VODRÁŽKA, Zdeněk. *Biochemie*. Praha: Academia, 1999. ISBN 80–200–0600–1.
- [10] ŠTĚPÁNKOVÁ, Lucie. *Metody stanovení vybraných vitaminů*. Hradec Králové, 2007. Bakalářská práce. Univerzita Karlova v Praze, Farmaceutická fakulta v Hradci Králové.
- [11] BARROS, Lillian, et al. Total phenols, ascorbic acid, β -carotene and lycopene in Portuguese wild edible mushrooms and their antioxidant activities. *Food chemistry*, 2007. [cit. 14. 10. 2023].
- [12] FERREIRA, Isabel CFR; BARROS, Lillian; ABREU, Rui. Antioxidants in wild mushrooms. *Current Medicinal Chemistry*, 2009, 1543–1560. [cit. 14. 10. 2023].

- [13] GUTZEIT, D., et al. Vitamin C content in sea buckthorn berries (*Hippophae rhamnoides* L. ssp. *rhamnoides*) and related products: A kinetic study on storage stability and the determination of processing effects. *Journal of food science*, 2008. [cit. 14. 10. 2023].
- [14] DOSEDĚL, Martin et al. “Vitamin C–Sources, Physiological Role, Kinetics, Deficiency, Use, Toxicity, and Determination.” *Nutrients* vol. 2021. [cit. 14. 10. 2023].
- [15] KOMPRDA, T. *Základy výživy*. Brno, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2003. ISBN 80–7157–655–7
- [16] ZENG, CH. Effects of Different Cooking Methods on the Vitamin C Content of Selected Vegetables. *Nutrition Food Science* [online]. 2013. ISSN 0034–6659.
- [17] HU, Frank B. Dietary pattern analysis: a new direction in nutritional epidemiology. *Current opinion in lipidology*, 2002. [cit. 9. 10. 2023].
- [18] TIAN, Jinhua, et al. Domestic cooking methods affect the phytochemical composition and antioxidant activity of purple–fleshed potatoes. *Food Chemistry*, 2016. [cit. 9. 10. 2023].
- [19] XU, Feng, et al. Domestic cooking methods affect the nutritional quality of red cabbage. *Food Chemistry*, 2014. [cit. 9. 10. 2023].
- [20] PHILLIPS, Katherine M., et al. Stability of vitamin C in frozen raw fruit and vegetable homogenates. *Journal of Food Composition and Analysis*, 2010, s. 253–259. [cit. 12. 10. 2023].
- [21] WORLD HEALTH ORGANIZATION, et al. Scurvy and its prevention and control in major emergencies. World Health Organization, 1999. [cit. 12. 10. 2023].
- [22] LEVINE, Mark, et al. Criteria and recommendations for vitamin C intake. *Jama*, 1999, s. 1415–1423. [cit. 12. 10. 2023].
- [23] DAVEY, Mark W., et al. Plant L-ascorbic acid: chemistry, function, metabolism, bioavailability and effects of processing. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2000, s. 825–860. [cit. 14. 10. 2023].

- [24] LEŠKOVÁ, Emília, et al. Vitamin losses: Retention during heat treatment and continual changes expressed by mathematical models. *Journal of Food Composition and analysis*, 2006, s. 252–276. [cit. 14. 10. 2023].
- [25] PHILLIPS, Katherine M., et al. Stability of vitamin C in frozen raw fruit and vegetable homogenates. *Journal of Food Composition and Analysis*, 2010, s. 253–259. [cit. 14. 10. 2023].
- [26] SCHLEICHER, Rosemary L., et al. Serum vitamin C and the prevalence of vitamin C deficiency in the United States: 2003–2004 National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES). *The American journal of clinical nutrition*, 2009. [cit. 14. 10. 2023].
- [27] ZLÍNSKÝ, Jakub. *Význam vitamínů ve výživě*. Online, Bakalářská práce. Brno: Masarykova Univerzita, 2007. [cit. 10. 1. 2024].
- [28] NAVRÁTILOVÁ, Adriana. *Vitamin C z pohledu nutričního terapeuta*. Bakalářská práce. Brno, 2016. vedoucí RNDr. Ondřej Zvěřina, Ph.D., Masarykova Univerzita.
- [29] LEDVINOVÁ, Ivana. *Stanovení lisovatelnosti kyseliny askorbové testem stresové relaxace a záznamem síla–dráha*. Diplomová práce. Hradec Králové, 2015. Univerzita Karlova v Praze, Farmaceutická fakulta v Hradci Králové.
- [30] HOOVÁ, Julie. *Příprava a využití vybraných typů nanočástic v kosmetice*. 2015. Bakalářská práce, vedoucí prof. RNDr. Ivana Márová, CSc. Brno: Vysoké učení technické v Brně.
- [31] KONEČNÁ, Lucie. *Vitamin C: 7 ověřených účinků na pleť*. Online. NanoSPACE. 2022. Dostupné z: <https://www.nanospace.cz/blog/vitamin-c-7-overenych-ucinku-na-plet/> [cit. 14. 12. 2023].
- [32] prof. MUDr. KOPŘIVA František, Ph.D., MUDr. FRÜHAUF Pavel, CSc. a MUDr. HRUŠKOVIČ Boris, a spol. *Význam vitamínu C pro dětský organismus [Přehledové články]*. Olomouc, 2019. Dostupné také z: <https://www.pediatriepropraxi.cz/pdfs/ped/2019/06/07.pdf> . [cit. 14. 12. 2023].
- [33] CEREVITINOV, F. V. *Chemické složení a fyzikální vlastnosti ovoce a zeleniny*, Praha: Průmyslové nakladatelství, 1952.

- [34] VELÍŠEK, J., HAJŠLOVÁ, J. *Chemie potravin* 1. 3. vyd. Tábor: OSSIS, 2009. ISBN 978-80-86659-15-2.
- [35] ZENG, CH. Effects of Diffent Cooking Methods on the Vitamin C Content of Selected Vegetables. *Nutrition & Food Science* [online]. 2013. ISSN 0034-6659. Dostupné z: <http://www.emeraldinsight.com/doi/pdfplus/10.1108/NFS-11-2012-0123> [cit. 14. 1. 2024].
- [36] VRCHOVÁ, Bc. Kristýna. *Informovanost a názory laické veřejnosti o aplikaci vysokých dávek vitamínu C intravenózně*. Brno, 2019. Diplomová práce. Masarykova Univerzita.
- [37] COMBS, Gerald F., 2012. *The vitamins: fundamentals aspects in nutrition and health*. Amsterdam: Academic Press. ISBN 978-0-120381980-2.
- [38] ZÁDĚROVÁ, Lenka, LUBAL, Přemysl. Kinetické stanovení L-askorbové kyseliny s využitím oscilujícího chemického systému. *Chemické listy*. 2006.
- [39] MARTÍNKOVÁ, Bc. Zuzana. *Stanovení vitamínu C v zelenině po tepelné úpravě*. Diplomová práce. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2010. Dostupné z: https://digilib.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/13295/martinkov%C3%A1_2010_dp.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [40] Kolagen a vitamín C aneb jak vyhladit vrásky. FUČÍKOVÁ, Jana. COLLAMEDIC [online]. 2022. Dostupné z: <https://www.collamedic.cz/kolagen-a-vitamin-c-002/> [cit. 11. 3. 2024].
- [41] LIPO C ASKOR *vitamin C s lipozomálním vstřebáváním*. Online. 2021. Dostupné z: <https://lipocaskor.cz/>. [cit. 11. 3. 2024].
- [42] *Vitamin and mineral requirements in human nutrition*: World Health Organization and Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2004. ISBN 924546123. Dostupné z: <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/42716/9241546123.pdf?sequence=1>

- [43] Národní zdravotnický informační portál [online]. Praha: Ministerstvo zdravotnictví ČR a Ústav zdravotnických informací a statistiky ČR, 2024, ISSN 2695–0340. Dostupné z: <https://www.nzip.cz/> [cit. 17. 3. 2024].
- [44] ZENG, CH. *Effects of Diffent Cooking Methods on the Vitamin C Content of Selected Vegetables*. Nutrition & Food Science [online]. 2013, s. 438–443. ISSN 0034–6659. Dostupné z: <http://www.emeraldinsight.com/doi/pdfplus/10.1108/NFS-11-2012-0123>
- [45] TUHÁRSKÝ, Peter, *Vitamín C a megaskorgická liečba: zabudnutý poklad*. Slovensko: Perfect. 2014. ISBN 978–80–8046–662–6. Dostupné z: http://rizikaockovania.sk/dok/Vitamín_C-liečba.pdf [cit. 5. 3. 2024].
- [46] ZADÁK, Zdeněk, *Magnézium a další minerály, vitamíny a stopové prvky ve službách zdraví*. Břeclav: Adamira. 2010. ISBN 978–80–904217–0–7
- [47] COMBS, Gerald F. *The Vitamins: fundamental aspects in nutrition and health*. 4. vydání, Boston: Elsevier/Academic Press, 2012. ISBN 978–0–12–381980–2.
- [48] LYKKESFELDT, Jens et al. *Ascorbate is depleted by smoking and repleted by moderate supplementation: a study in male smokers and nonsmokers with matched dietary antioxidant intakes*. The American Journal of Clinical Nutrition [online]. 2000, roč. 71, č. 2. ISSN 19383207. Dostupné z: <http://ajcn.nutrition.Org/content/71/2/530> [cit. 17. 3. 2024]
- [49] *Šípek je ozdobou babího léta*. Online. Pěnička zahradnictví Zlín. 2019. Dostupné z: <https://1url.cz/4uyGH> [cit. 17. 3. 2024]
- [50] DOSTÁLOVÁ, Jana. *Co se děje s potravinami při přípravě pokrmů*. Praha: Forsapi, 2008. Stručné informace pro pacienty. ISBN 978–80–903820–8–4.
- [51] *CELASKON 100MG neobalené tablety 40*. Online. BENU Česká republika s.r.o. 2024. Dostupné z: <https://www.benu.cz/celaskon-100mg-neobalene-tablety-40-1683245508>. [cit. 3. 4. 2024].
- [52] Pascorbin® Injekční roztok. Online. MAINPHAR. 2023. Dostupné z: <https://cs.mainphar.com/pascorbin-lahev-injekcniho-roztoku-injekcniho-roztoku-50-ml-00581310-cs>. [cit. 3. 4. 2024].

- [53] *Guava – 8 účinků na zdraví*. Online. ZDRAVOPEDIE. 2024. Dostupné z: <https://zdravopedie.cz/ovoce/guava>. [cit. 3. 4. 2024].
- [54] *Malpighia Punicifolia (Acerola) Fruit Extract*. Online. Creamscan. 2024. Dostupné z: <https://creamsan.com/ingredients/malpighia-punicifolia-fruit-extract/>.
- [55] MANDŽUKOVÁ, J. *Léčivá síla vitaminů, minerálů a dalších látek*. Benešov: Start, 2005. ISBN 80-86231-36-4
- [56] *Vitamin C and Immune Function*. Web of Science™, [online] 2017. Dostupné také z: <https://www.webofscience.com/wos/alldb/full-record/WOS:000416547200049> [cit. 3. 4. 2024].
- [57] Mařík PE, Khangoora V, Rivera R et al. Intravenózní vitamín C a E snižují selhání orgánů a úmrtnost na jednotce intenzivní péče: Randomizovaná kontrolovaná studie. *National Library of Medicine (Web of Science™)* [online]. 2017. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5409678/> [cit. 5. 4. 2024].
- [58] Hemilä H., Chalker EB. Vitamín C and immune function. *Web of Science™*, [online]. 2013. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5707683/> [cit. 5. 4. 2024].
- [59] *The Roles of Vitamin C in Skin Health*. Web of Science™ [online]. 2017. Dostupné také z: <https://www.webofscience.com/wos/alldb/full-record/WOS:000408688100073> [cit. 5. 4. 2024].
- [60] *Comparison of vitamin C and flavanones between freshly squeezed orange juices and commercial 100 % orange juices from four European countries*. Web of Science™, 2024. Dostupné také z: <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:001144283700001> [cit. 5. 4. 2024].
- [61] *Vitamin C status of Canadian adults: Findings from the 2012/2013 Canadian Health Measures Survey*. 2016. Web of Science™, 2016. Dostupné také z: <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000389995700001> [cit. 5. 4. 2024].