

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra kvality zemědělských produktů**



**Změny obsahu vitamínu C ve vybraných plodinách čeledi**

**Solanaceae vlivem tepelných úprav**

**Bakalářská práce**

**Autor práce: Karolína Novotná**

**Obor studia: ATZD**

**Vedoucí práce: RNDr. Milena Bušová, CSc.**

© 2017 ČZU v Praze

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Změny obsahu vitamínu C ve vybraných plodinách čeledi Solanaceae vlivem tepelných úprav" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucí bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 20. dubna 2017

---

## **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala RNDr. Mileně Bušové, CSc. za pomoc při volbě tématu a za odborné konzultace týkající se obsahu a úprav práce. Dále bych chtěla poděkovat Karolíně Novákové a Tereze Dupalové za spolupráci v laboratořích. A v neposlední řadě děkuji rodině a příteli za podporu při sepisování.

# Změny obsahu vitamínu C ve vybraných plodinách čeledi Solanaceae vlivem tepelných úprav

## Souhrn

Vitamin C patří do skupiny vitaminů rozpustných ve vodě. Je znám také pod názvem askorbová kyselina. Je to jeden z důležitých a základních vitaminů, který je nutný pro mnoho fyziologických funkcí v organismu člověka i zvířat. Jelikož je vitamin C látka rozpustná ve vodě, je velmi ohrožena jeho stabilita. Mezi faktory ovlivňující stabilitu vitamínu C patří působení světla, zvýšené pH, přítomnost kyslíku, vliv kovových iontů a také teplota. Obsah askorbové kyseliny v produktech lze zjistit za pomoci mnoha metod. Mezi nejpoužívanější metody patří HPLC, v překladu vysokoúčinná kapalinová chromatografie, dále plynová chromatografie, spektrofotometrická, fluorimetrická, polarografická a v neposlední řadě jodometrická metoda, která byla vybrána k analýze pro tuto práci. Byl analyzován obsah vitamínu C v plodech rajčat z čeledi Solanaceae nejprve v čerstvém stavu a poté po tepelné úpravě v různých časových intervalech. Sledována byla změna obsahu daného vitamínu po tepelných úpravách. Výzkumem bylo potvrzeno, že teplota velmi ovlivňuje stabilitu askorbové kyseliny. Také délka doby působení tepla má vliv na obsah vitamínu C v potravine. Při vaření po dobu 5 minut dochází ke ztrátám 57,6 %, po dalších pěti minutách byla ztráta vitamínu C 72,8 % a po 15 minutách vaření se obsah vitamínu C snížil již o 84,8 %.

Práce se skládá z teoretické, praktické části a následné diskuze. V teoretické části jsou rozebrány biochemické vlastnosti vitamínu a jeho význam pro člověka. Praktická část obsahuje popis laboratorních zkoušek. V poslední části je diskutováno o výsledcích.

## Klíčová slova:

vitamin C, antioxidanty, avitaminosa, potraviny

# **Changes in vitamin C content in selected crop family Solanaceae due to thermal treatments**

## **Summary**

Vitamin C belongs to the group of water soluble vitamins. It is sometimes known as ascorbic acid. It is one of the important and essential vitamins, which is necessary for many physiological functions in the organism of man and animals. Because of vitamin C is the water soluble, it is highly compromised stability. The factors influencing the stability of vitamin C is one of light, increased pH, the presence of oxygen, the influence of metal ions and the temperature. Ascorbic acid content in the products can be determined with the help of many methods. The most common methods include HPLC, translated by high performance liquid chromatography, gas chromatography further, spectrophotometric, fluorometric, polarographic and finally iodometric method that has been chosen for the analysis for this job. Were analysed for vitamin C in tomato fruits from the family Solanaceae initially fresh, then after heat treatment plant at different intervals. Monitored the change in the content of the vitamin after thermal treatments. Research has confirmed that the temperature greatly influences the stability of ascorbic acid. Also, the length of time of heat treatment of the content of vitamin C in a food. When cooking for 5 minutes, there are losses of 57,6 %, with an additional five minutes, the loss of vitamin C, 72,8 %, and after 15 minutes of cooking, the content of vitamin C decreased already about 84,8 %.

The theoretical part deals with the biochemical properties of the vitamin and its importance for humans. The practical part contains a description of the laboratory tests. The last part is a discussion of the results.

## **Keywords:**

vitamin C, antioxidants, vitamin deficiency, food

# Obsah

1	Úvod.....	6
2	Cíl práce.....	7
3	Literární rešerše .....	8
3.1	Vitaminy.....	8
3.1.1	Příjem vitaminů.....	8
3.1.2	Avitaminóza.....	8
3.1.3	Hypovitaminóza.....	8
3.1.4	Hypervitaminóza.....	9
3.2	Vitamin C .....	10
3.2.1	Historie.....	10
3.2.2	Chemické složení a struktura .....	10
3.2.3	Základní reakce .....	11
3.2.4	Vlastnosti vitamínu C .....	13
3.2.5	Fyziologie a výživa .....	15
3.2.6	Potřeba vitamínu C .....	16
3.2.7	Antivitaminy .....	18
3.2.8	Výskyt v potravinách .....	18
3.2.9	Využití v potravinářství .....	20
3.2.10	Přehled metod stanovení.....	21
3.2.10.1	Metoda HPLC/UV .....	21
3.2.10.2	Plynová chromatografie.....	21
3.2.10.3	Titrační metoda – jodometrie .....	22
3.2.10.4	Spektrofotometrická metoda .....	22
3.2.10.5	Fluorimetrická metoda.....	23
3.2.10.6	Polarografická metoda.....	23
3.2.10.7	Enzymatické metody .....	23

3.3	Rajče jedlé <i>Solanum lycopersicum</i> – vybraný zástupce čeledi Solanaceae ke studii	24
3.3.1	Kvalita.....	25
3.3.2	Lykopen v rajčatech.....	25
3.3.3	Trh.....	26
3.3.4	Pěstování.....	26
3.3.5	Sklízení a skladování .....	26
3.3.6	Produkty z rajčat .....	27
3.3.7	Vitamin C v rajčatech .....	28
3.4	Druhy tepelných úprav .....	29
3.4.1	Dušení .....	29
3.4.2	Vaření.....	29
3.4.3	Vaření v páře.....	29
3.4.4	Blanšírování .....	29
3.4.5	Konzervování záhřevem .....	30
4	Metodika .....	32
4.1	Pomůcky a chemikálie .....	34
4.1.1	Příprava roztoků.....	35
4.2	Postup při analýze vzorků .....	36
5	Výsledky .....	39
5.1.1	Procentuální vyjádření ztrát .....	41
6	Diskuze .....	42
7	Závěr .....	44
8	Seznam použité literatury .....	45
9	Seznam obrázků.....	49
9.1	Seznam tabulek .....	49

# 1 Úvod

Vitamin C je jeden z nejvýznamnějších základních vitaminů, patřící do skupiny vitaminů rozpustných ve vodě. Poprvé byl identifikován Albertem Van Szent-Gyorgyim v roce 1920, jako lék proti kurdějím. Je důležitý pro mnoho fyziologických funkcí v organismu a využíván především jako antioxidant a redukční činidlo proti bakteriálním infekcím. Naleznout ho lze v potravinách rostlinného původu, ale i v některých živočišných produktech. Je využíván také v potravinářském průmyslu, kde slouží jako aditivum do různých produktů, jako jsou ovocné a zeleninové šťávy a džusy, ale i do masných výrobků. V tomto případě může být na obalu i pod označením E300. Jelikož není tvořen lidským organismem, díky mutaci DNA kódující gulonolakton oxidázu, enzym nezbytný pro syntézu, musí být vitamin C získáván potravou. Biologicky aktivní sloučeninou vitaminu C je askorbová kyselina, ale aktivitu vykazuje pouze L-askorbová kyselina. Askorbová kyselina podléhá několika základním reakcím, ke kterým se řadí reakce enzymové, autooxidace, redukce iontů kovů, reakce s volnými radikály, degradace katalyzovaná kyselinami a například reakce s dalšími složkami potravin. Vitamin C je nezbytným prvkem při syntéze kolagenu neboli pojivových tkání, pomáhá při hojení ran, posiluje cévní stěny a také zvyšuje využití železa a funkci imunitního systému. Jeho hlavní funkcí je však funkce antioxidační, čímž napomáhá k opravě poškozených buněk v těle. K tomu je však potřeba dostatečného denního příjmu, který je 100 mg, v dávkách rozložených pravidelně během dne, nejlépe do čtvrté hodiny odpoledne. V přijímaném množství se vykytují i výjimky, kdy se doporučený denní příjem zvyšuje, a to například u těhotných a kojících žen, u alkoholiků, kuřáků, při užívání některých léků či při hojení tkání. Může ale dojít naopak k předávkování při příjmu nad 1 g denně, které způsobuje především gastrointestinální poruchy. V případě analyzovaných rajčat se množství vitaminu C pohybuje v rozmezí 10 do 88 mg na 100 g čerstvé hmotnosti, v závislosti na odrůdě, podmínkách pěstování, ale také na tom, v jakém stavu jsou konzumovány. V této práci se tedy bude pojednávat o vlivu tepelných úprav a délky vaření na obsah vitaminu C v plodech rajčat.



## 2 Cíl práce

Vlivem tepelných úprav dochází ke změně obsahu vitamínu C a dalších nutričně významných složek potravin. Vitamin C má významnou roli v organismu člověka a jeho příjem potravinou je nezbytný.

Cílem je vypracovat přehled potravin se známým obsahem vitamínu C z dostupných zdrojů a laboratorně ověřit změny koncentrace vitamínu C u rajčat a potravin s jejich obsahem vlivem kuchyňského zpracování i působením technologických zásahů při konzervaci.

Hypotéza: Tepelnou úpravou dochází ke změně koncentrace vitamínu C v původních surovinách a plodinách.

Metodika: Práce je zaměřena na laboratorní stanovení vitamínu C v rajčatech. Její součástí bude výběr a ověření laboratorní metody a vyhodnocení teplotního zásahu na změny koncentrace vitamínu C ve vybraných plodinách.

### **3 Literární rešerše**

#### **3.1 Vitaminy**

Bellows a Moore (2012) uvádí, že vitaminy jsou esenciální živiny vyskytující se v potravinách. Vykonávají specifické a životní funkce v různých tělesných systémech a jsou klíčové pro udržení optimálního zdravotního stavu.

Jsou známy dva různé typy vitaminů, kterými jsou vitaminy rozpustné v tucích a vitaminy rozpustné ve vodě. Vitaminy rozpustné v tucích – A, D, E a K – se rozpouští v tucích před tím, než jsou absorbovány v krevním řečišti. Nadbytek těchto vitaminů je uložen v játrech, a tak nejsou potřeba každý den v potravě. Oproti tomu, vitaminy rozpustné ve vodě se rozpustí ve vodě a nejsou uloženy v těle. Vzhledem k tomu, že se vyloučí močí, požadujeme nepřetržitý denní příjem v naší stravě. Ve vodě rozpustné vitaminy obsahují skupinu vitaminu B-komplex a vitamin C. Vitaminy rozpustné ve vodě mohou být snadno zničeny nebo se jejich obsah sníží při skladování potravin nebo přípravě. Správné skladování a příprava potravin může minimalizovat ztrátu vitaminů.

Nadále se v práci bude pojednávat o jednom z vitaminů rozpustných ve vodě, a to konkrétně o vitaminu C.

##### **3.1.1 Příjem vitaminů**

Odstrčil a Odstrčilová (2006) publikovali, že denní dávky vitaminů jsou různé a odvíjí se od jejich funkcí. Jsou udávány v mg nebo v jiných mezinárodně uznávaných jednotkách, kterými jsou například IU. V případě nedostatku, nebo naopak nadbytku, se objevuje komplex příznaků určitých specifických chorob viz dále.

##### **3.1.2 Avitaminóza**

Avitaminózou lze označit úplný nedostatek vitaminů. Při této skutečnosti dochází k velmi závažným poruchám v organismu. Organismus je tedy výrazně poškozen, pokud nepřijímá vitaminy. Mezi takové poruchy se řadí například onemocnění beri-beri, pelagra či skorbut.

##### **3.1.3 Hypovitaminóza**

Hypovitaminóza má mírnější následky a její vznik nastává při menším nedostatku vitaminů.

### **3.1.4 Hypervitaminóza**

Naopak hypervitaminóza je vyvolána příjmem zvýšeným. Nevyskytuje se příliš často a dochází k ní především při předávkování potravinovými doplňky nebo při jednostranné výživě (Odstrčil et Odstrčilová, 2006).

## 3.2 Vitamin C

Odborníci z National Cancer Institut (2016) uvádí, že vitamin C neboli askorbová kyselina je jedním z důležitých a základních vitaminů pro lidské zdraví. Je nutný pro mnoho fyziologických funkcí v oblasti biologie člověka. Vitamin C se řadí do skupiny ve vodě rozpustných vitaminů. Je využíván jako účinný antioxidant a redukční činidlo, které funguje v boji proti bakteriálním infekcím, slouží k detoxikaci reakcí a také se podílí na tvorbě kolagenu ve vazivových tkáních, zubech, kostech, pojivových tkáních, kůži a kapilárách. Nachází se především u citrusových plodů, v zelenině, ale i v živočišných produktech. Vitamin C není tvořen lidským organismem, musí tedy být získáván potravou.

### 3.2.1 Historie

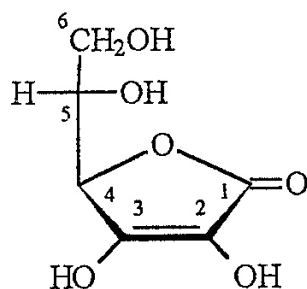
Vitamin C, známý také jako askorbová kyselina, malá molekula řazena k sacharidům, byl poprvé identifikován v roce 1920 Albertem Van Szent-Gyorgyim. Zjistil, že tento vitamin je schopen zabránit kurdějím a léčit je. Kurděje, jinak také skorbut je patologické, život ohrožující onemocnění, jímž trpí lidé, kteří nemají přístup k ovoci nebo zelenině po delší dobu.

O deset let dříve, Kazimierz Funk připravil seznam nutričních faktorů, které nazval vitaminy, jejichž nedostatky způsobily závažné onemocnění u lidí. Ve svém seznamu Funk používal písmeno "C" k označení faktoru dosud neidentifikovaného, ale bylo mu známo, že zabránil kurdějím. Později Szent-Gyorgyi a Haworth chemicky identifikovali C jako askorbovou kyselinu a označili to tak proto, že to byl jeden z nejvíce populárních léků v lidské historii.

Nejenže je vitamin C zásadní složkou stravy pro člověka, ale je také životně důležitý pro jiné druhy. Zvířata ani rostliny nemohou žít bez vitamínu C. Je proto překvapující, že některá zvířata (ryby, ptáci a mnoho savců) a člověk ztratil schopnost v průběhu evoluce vytvořit si ho pro vlastní potřebu (El-Ishaq et Obirinakem, 2015).

### 3.2.2 Chemické složení a struktura

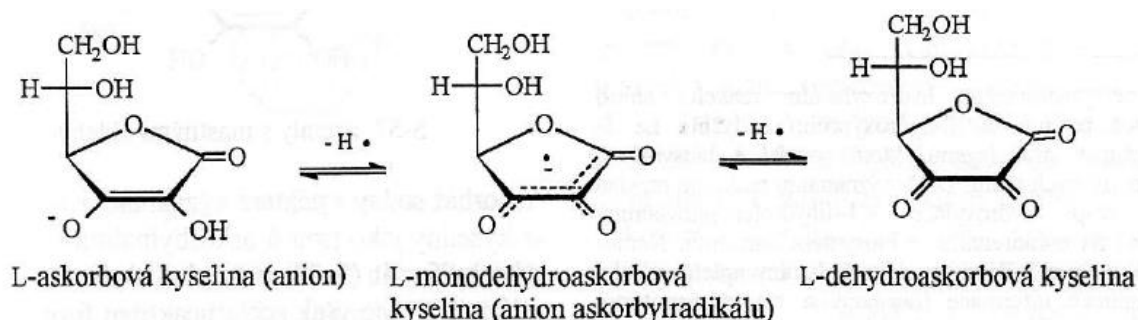
Askorbová kyselina je základní biologicky aktivní sloučeninou vitamínu C. Ze čtyř možných stereoisomerů (asymetrický uhlík C-4 a C-5) aktivitu vitamínu C vykazuje pouze L-askorbová kyselina. Její isomer D-askorbová kyselina a druhý pár enantiomerů, kterými jsou L-isoaskorbová a D-isoaskorbová kyselina, aktivitu vitamínu C téměř nevykazují (Velišek, 1999).



**Obr. 1.** L-Askorbová kyselina (Velíšek, 1999)

### 3.2.3 Základní reakce

Askorbová kyselina potřebuje k oxidaci na dehydroaskorbovou působení enzymů, které se řadí k antivitaminům vitamínu C. (Problematika antivitaminů je diskutována v kapitole Antivitaminy.) Také vzdušný kyslík a různá chemická oxidační činidla slouží jako oxidanty askorbové kyseliny. Oxidace na kyselinu dehydroaskorbovou patří mezi vratné reakce a probíhá pomocí různých mechanismů. Jsou známy dva případy, jak vzniká dehydroaskorbová kyselina, a to přímo, dvouelektronovou oxidací a jednoelektronovou oxidací, kdy přenosem jednoho elektronu vzniká meziprodukt (Velíšek, 1999).



**Obr. 2.** Oxidace kyseliny askorbové (Velíšek, 1999)

#### Enzymové reakce

V rostlinných pletivech, které jsou enzymově aktivní, a zvláště v poškozených, z důvodu například loupáním či krájením, dochází k oxidaci, kdy enzym askorbát oxidáza slouží jako katalyzátor. U některých pletiv jsou ztráty vitaminů spojeny s aktivitou peroxidáz a jiných enzymů.

Kyselina askorbová je oxidována askorbát oxidázou za přítomnosti kyslíku obsaženého ve vzduchu. Jako akceptor vodíku slouží peroxid vodíku. Opakování reakce probíhá tak dlouho, dokud všechna askorbová kyselina nezoxiduje a jak již bylo uvedeno, tato reakce je vratná například pomocí glutathionu, cysteinu, hydrochinonů a dalších látek. Ztrátám enzymovou oxidací lze z části zabránit blanširováním, úpravou, při které se enzymy inaktivují (Velíšek, 1999).

### Autooxidace

Mezi nejvýznamnější reakce řadí Velíšek (1999) oxidaci vzdušným kyslíkem, jinak řečeno autooxidaci. Tato reakce způsobuje většinu ztrát při zpracování potravin. Průběh oxidace je v přítomnosti i v nepřítomnosti přechodných kovových iontů. Nejvíce aktivní jsou především ionty trojmocného železa a dvojmocné mědi. Záleží také na pH prostředí, kdy rychlejší průběh je v neutrálním a nejrychlejší v zásaditém prostředí.

### Redukce iontů kovů

Kyselina askorbová také reaguje s ionty kovů, přičemž vznikají komplexy. Za určitých podmínek může dojít i k redukci, a to zejména při nízkých hodnotách pH v prostředí nebo v případech kdy je kyselina v nízkých koncentracích.

Redukce způsobuje urychlení oxidační reakce, což souvisí s nežádoucími změnami chuti, barvy a vůně potravin. Prooxidační účinky se neprojeví v případě, kdy je koncentrace kyseliny dostatečně vysoká a uplatní se jako antioxidant.

### Reakce s volnými radikály

Askorbová kyselina a stejně tak její deriváty a isomery mohou reagovat i s volnými radikály. Volné radikály způsobují oxidaci například lipidů. Dochází ke zbrzdění řetězové autooxidační reakce.

Obecně je askorbová kyselina účinnější antioxidant ve spojení s tokoferoly. Vzniklé radikály tokoferolů jsou na rozhraní tuku a vody redukovány zpět na tokoferoly a askorbovou kyselinu.

### Degradace katalyzovaná kyselinami

Jelikož se askorbová kyselina složením řadí k cukrům, tím pádem stejně jako cukry v kyselém prostředí dehydratuje. Dále také v kyselém prostředí dekarboxyluje.

Degradace způsobená kyselinami je hlavní příčinou ztrát vitamínu C v konzervářských výrobcích, kde je zamezeno přístupu vzdušného kyslíku. Dochází k ní také v potravinách jako například v ovocných džusech a kompotech, kde má pH hodnoty kolem 3,5.

### Reakce s dalšími složkami potravin

Při reakcích askorbové kyseliny s některými složkami potravin může docházet ke ztrátám vitamínu C. V technologii potravin jsou významné především reakce s oxidovanými fenoly, při nichž dochází k enzymovému hnědnutí ovoce a zeleniny. Dále reakce s dusitany při výrobě masných produktů, kdy dochází ke vzniku toxických nitrososlučenin (Velíšek, 1999).

### 3.2.4 Vlastnosti vitamínu C

Nováková a kol. (2008) uvádí, že klíčovým problémem askorbové kyseliny je její stabilita. Jak již bylo uvedeno, tato látka je rozpustná ve vodě, což velmi ohrožuje stabilitu. Dále je známo mnoho faktorů, které stabilitu ovlivňují a jejichž působení by mělo být omezeno na minimum. Mezi tyto faktory patří působení světla, zvýšené pH, teplota, přítomnost kyslíku a vliv kovových iontů.

#### Vliv světla

U askorbové i dehydroaskorbové kyseliny je známo, že jsou citlivé na působení světla. Účinek přirozeného světla a UV záření (265 nm) na stabilitu kyseliny askorbové v roztoku byl zkoumán v závislosti na výběru laboratorního skla (hnědé a průsvitné). Periodické změny kyseliny askorbové přechovávané v hnědé baňce (nepropustná pro přirozené světlo) a v průsvitné transparentní baňce, které byly vystaveny UV záření, byly porovnány při pokojové teplotě.

Výsledky experimentu ukázaly, že degradace askorbové kyseliny byla ovlivněna přirozeným světlem i UV zářením. Po první hodině experimentu, se počáteční koncentrace askorbové kyseliny snížila na 79,7 % pod vlivem UV záření. Pod vlivem přirozeného světla se počáteční koncentrace snížila na 84,2 % v transparentní baňce a na 95,6 % v hnědé baňce.

Výsledky pokusu ukazují, že je kyselina askorbová více stabilní, když je uložena v hnědé baňce, která chrání před degradací přirozeným světlem. Některé studie také doporučují ochranu za použití hliníkové fólie. Obecně platí, že je důležité chránit kyselinu askorbovou před denním světlem a UV zářením.

#### Vliv teploty

Teplota je jeden z hlavních faktorů, které významně ovlivňují stabilitu kyseliny askorbové a dehydroaskorbové v roztoku. Vliv teploty na stabilitu kyseliny askorbové byl studován mnoha výzkumnými skupinami.

Obecně platí, že při experimentech byly použity teploty 4 °C, 10 °C a 25 °C. Klesající teplotou umožnila vzorek chlazení při analýze až 4 °C pro zlepšení stability. Studie stability při vyšších teplotách potvrzuje velkou míru degradace askorbové kyseliny. Koncentrace askorbové kyseliny při teplotě 60 °C a 80 °C byly během jedné hodiny sníženy na méně než 20 % z počáteční koncentrace. Při teplotě 40 °C, se koncentrace snížila na 75 %. Roztok askorbové kyseliny při laboratorní teplotě byl stabilní po dobu jedné hodiny.

Většina analytických metod dostatečně nezdůrazňují aspekt teploty. Analýzy vzorků na přípravu jsou obecně prováděny při laboratorní teplotě.

#### Vliv pH

Askorbová kyselina vykazuje vyšší stabilitu v kyselém prostředí. Za těchto podmínek není tvorba askorbátu hlavním degradačním procesem. Většina analytických metod zahrnuje extrakci vzorku příprava na kyselé prostředí. Obecně platí, že kyselé pH kolem 2,1 je vhodné pro přípravu vzorků, zajišťující dostatečnou stabilitu a obnovu askorbové kyseliny. Meta-fosforečná kyselina (MPA) se nejvíce používá jako extrakční činidlo, v kombinaci s EDTA (kyselina ethylendiamintetraoctová) nebo některými organickými přísadami (metanol nebo acetonitril). V některých případech se extrakce provádí při neutrálním pH za použití různých pufrů.

#### Vliv koncentrace kyseliny askorbové

Koncentrace kyseliny askorbové a dehydroaskorbové v roztoku by také mohla ovlivnit stabilitu. Rumelin, Iwase a Nováková studovali stabilitu kyseliny askorbové v roztocích o různých koncentracích. Bylo prokázáno, že čím vyšší je koncentrace, tím má kyselina lepší stabilitu. Stabilita výrazně snižovala při koncentracích nižších než 0,1 mg/l.

#### Vliv stabilizačních látek

Stabilizační látky se využívají k zajištění stability kyseliny askorbové a dehydroaskorbové v roztoku. Kyselina meta-fosforečná je typickým stabilizátorem, který je schopný zajistit jak stabilitu, tak splnit úlohu extrakčního činidla. K dalším stabilizátorům řadíme: kyselina trichloroctová, o-fosforečná, oxalová, trifluoroctová, homocystein, EDTA, směs kyseliny citronové a pyrogallolu.

#### Vliv iontů kovů

Ke snížené stabilitě kyseliny askorbové může dojít také přítomností kovových iontů. Omezení jejich vlivu se využívá EDTA nebo se kyselina extrahuje do organických rozpouštědel.

Byl zkoumán vliv iontů mědi, železa, hořčíku, vápníku, zinku a manganu. Největší vliv na stabilitu měly dle výzkumu ionty mědi (Nováková a kol., 2008)



### 3.2.5 Fyziologie a výživa

Dle Padayattyho a kol. (2003) je vitamin C (askorbová kyselina) lakton skládající se z šesti uhlíků, který je syntetizován z glukózy v játrech většiny savců, ale ne u lidí, primátů a prasat z Guineji. Tyto druhy nemají enzym gulanolakton oxidázu, která je nezbytná pro syntézu kyseliny askorbové, bezprostřední prekursor 2-keto-1-gulonolakton. DNA kódující gulonolakton oxidázu prošla u těchto druhů podstatnou mutací, což mělo za následek absenci funkčního enzymu.

#### Účinky v organismu

Bellows a Moore (2012) říkají, že tělo potřebuje vitamin C, známý také jako askorbová kyselina nebo askorbát, aby zůstalo v bezvadném stavu. Vitamin C prospívá tělu držením buněk pohromadě prostřednictvím syntézy kolagenu. Kolagen je pojivová tkáň, která dává svaly, kosti a jiné tkáně dohromady.

Vzhledem k tomu, že naše tělo nedokáže vyrobit ani skladovat vitamin C, je dostatečný denní příjem této živiny nezbytný pro optimální zdraví. Vitamin C pracuje s vitaminem E jako antioxidant, a hraje klíčovou roli v neutralizaci volných radikálů v těle. Antioxidant může být vitamin, minerál nebo karotenoid, který je obsažen v potravinách, který zpomaluje proces oxidace, a působí tak, že opraví poškození buněk v těle. Studie naznačují, že vitamin C může snížit riziko vzniku některých druhů rakoviny, onemocnění srdce, a šedého zákalu.

Vitamin C má i podle Společnosti pro výživu (2015) v organismu na starost mnoho důležitých funkcí. Zvyšuje vstřebávání železa v organismu, je nezbytný pro tvorbu kolagenu, čímž přispívá při tvorbě kostí, zubů a jiných tkání, urychluje hojení ran, napomáhá udržovat elasticitu kůže, napomáhá k odolnosti proti infekcím. V nedávné době se také zjistilo, že má protizánětlivé účinky, které mohou mít podíl na snížení rizika prvotních změn při aterosklerotických procesech. Dále se může askorbová kyselina uplatnit při snižování aktivity koagulačních faktorů, a tak se výrazně podílet na snížení rizikové tvorby krevních sraženin, což znamená, že má pozitivní vliv na omezení kardiovaskulárního onemocnění.

Vitamin C je nezbytný pro konversi vitaminu D3 na jeho nejaktivnější formu, kterou je cholekalcitriol. Podávání vitaminu C vede dle Společnosti pro výživu ke zkrácení délky onemocnění nachlazením.

Vitamin C je považován za vynikající antioxidant proto, že daruje elektrony pro enzymy nebo jiným sloučeninám, které jsou oxidanty. Na rozdíl od mnoha antioxidantů, jeho radikální meziprodukt je relativně neškodný, protože špatně reaguje s kyslíkem za vzniku jakéhokoli hyperoxidu nebo jiných zbytků a je snadno snížen zpět na formu, která může být znovu použita.

Sdružení příjmu vitamínu C a prevence kardiovaskulárních onemocnění zkoumalo studie jak na zvířatech, tak u lidí. Vitamin C, se zdá být šetrným lipofilním antioxidantem (stejně jako tokoferol), který působí proti oxidaci LDL cholesterolu. Bylo prokázáno, že nedostatek vitamínu C podporuje tvorbu aterosklerotických lézí u Guinejských prasat, ale důkaz tohoto efektu u lidí není v současnosti zaručený. Subjekty v prvním National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES I) vykazují, že při nejvyšším příjmu vitamínu C byl nižší výskyt kardiovaskulárních chorob ve srovnání s nižším odhadovaným příjmem. Nicméně, jiné velké observační studii se nepodařilo najít takový vztah (Willcox et al., 2003).

### **3.2.6 Potřeba vitamínu C**

Potřeba vitamínu C je pokryta příjmem z potravy, pokud není jídelníček nijak omezený různými jednostrannými dietami. Velíšek (1999) uvádí, že 20–30 % vitamínu C dodají člověku brambory, 30–40 % získá ze zeleniny, z ovoce pak 30–35 % a necelých 10 % potřeby pokryje mléko. Denní dávka, která zamezí deficienci tohoto vitamínu, je dle Velíška 10 mg. Avšak doporučené rozmezí je dle něj 60–200 mg a při rekonvalescenci pacientů s respiračními chorobami jsou známy dávky 1000 mg a vyšší.

Za nejvhodnější příjem považují odborníci ze Společnosti pro výživu (2015) 200 mg denně, rozložen nejlépe do 3 dávek, avšak poslední dávku podat ne později než v 16 hodin. Vitamin C bychom měli přijímat tedy spíše několikrát za den, protože naše tělo ho nedokáže ukládat ve větším množství najednou a zbytek vyloučí ledvinami.

Fajrová a Pavlík (2013) doporučují přijmout denně 100 mg vitamínu C. Takové množství obsahuje například 70 g zelené papriky, 200 g bílého zelí, 140 g kiwi nebo 200 g pomeranče.

Podle Bellowse a Moora (2012) je doporučený denní příjem (RDA) 90 mg/den u dospělých mužů a 75 mg/den pro dospělé ženy. Pro ty, kteří kouří cigarety, se RDA pro vitamín C zvyšuje o 35 mg/den, s cílem bojovat proti oxidačním účinkům nikotinu.

Doporučená denní dávka pro dospívající ve věku 15–18 let i pro dospělé ve všech věkových kategoriích je 100 mg. Pro těhotné a kojící ženy je to o něco více – 110 až 150 mg za den.

Bylo prokázáno, že při těchto podmínkách jsou zvýšené nároky pro příjem vitamínu C:

- Stres ze životního prostředí, jako je znečištění ovzduší a hluk,
- použití některých léků, jako je například perorální antikoncepce,
- hojení tkání a ran,
- růst (dětí od 0–12 měsíců a těhotné ženy),
- horečka a infekce,
- kouření (Bellows et. Moore, 2012).

### Toxicita

Orzolek a kol. (2006) se domnívají, že přestože je vitamín C ve vodě rozpustný vitamín, který se v přebytku vyplavuje močí, může předávkování způsobit ledvinové kameny, dnu, průjem či odraz kurdějí.

Také podle World health organisation (WHO) se potenciální toxicita nadměrných dávek doplňkového vitamínu C týká intestinálního traktu a účinků metabolitů v močovém systému. Odborníci uvádí, že při příjmu 2–3 g/den vitamínu C se dostavuje nepříjemný průjem, kombinovaný s osmotickými účinky neabsorbovaného vitamínu ve střevním lumenu u většiny lidí. Gastrointestinální poruchy mohou nastat po požití přibližně 1 g, protože asi tak polovina této dávky by neměla být vstřebána.

Oxalát je konečný produkt katabolismu askorbátu a hraje důležitou roli při tvorbě ledvinových kamenů. Nadměrná denní množství vitamínu C způsobují hyperoxalurií. U čtyř dobrovolníků, kterým byl podán vitamín C v dávkách v rozmezí od 5 do 10 g/den, se množství oxalátu vyloučeného močí přibližně zdvojnásobil od 50 do 87 mg/den (rozmezí 60–126 mg/den). Nicméně existuje riziko tvorby oxalátového kamene, které může být významné při vysokém příjmu vitamínu C (> 1 g), a to zejména u jedinců s vysokým množstvím vápníku v moči.

Vitamín C může urychlit hemolýzu u některých lidí. Tato skutečnost je spojována s abnormálním metabolismem vitamínu C a pouze v případech, kdy příjem vitamínu C je především z potravinových zdrojů.

Na základě výše uvedených skutečností se konzultanti dohodli, že 1 g vitamínu C je žádoucí horní limit příjmu stravou za den (WHO et. Agriculture Organization of the United Nations, 2004)

### 3.2.7 Antivitaminy

Antivitaminy nebo také antagonisté vitaminů, jsou látky, které potlačují účinek nebo absorpci vitaminů. Běžnou funkci ruší například kompetitivní inhibice, chemická destrukce nebo inaktivace. Mezi tyto antagonisty lze zařadit syntetické látky, přirozené látky, látky znečišťující prostředí, faktory způsobující stres a samotný technologický proces.

Za antivitaminy se tedy dají považovat některé farmaceutické preparáty. Antibiotika a barbituráty (uspávající prostředky) narušují metabolismus. Aspirin a kortizonové léky také zabraňují vstřebání vitaminu. Polutanty a kontaminanty životního prostředí (oxid uhelnatý, ozón, olovo a oxidy dusičitý a siřičitý) patří také mezi antivitaminy (Bezpečnost potravin, 2002).

### 3.2.8 Výskyt v potravinách

Ovoce, zelenina a vnitřnosti (například játra a ledviny) jsou obecně nejlepším zdrojem askorbové kyseliny. Svalové maso a většina semen neobsahuje až tak významné množství.

Množství askorbové kyseliny v rostlinách se velmi liší v závislosti na takových faktorech, jako je odrůda, počasí, a zralost. Ale nejvýznamnějším faktorem obsahu vitaminu C v potravinách je, jak je potravina uložena a připravena. Vzhledem k tomu, jak vitamin C snadno oxiduje, skladování a vaření na vzduchu vede k případné oxidaci vitaminu C kyslíkem v atmosféře. Navíc rozpustnost askorbové kyseliny ve vodě znamená, že významné množství vitaminu C přítomného v potravinách se může vytratit tím, že dojde k varu a potom odloučením vody, ve které se potravina vařila (Kramer et al., 2011).

Nejvíce se vitamin C vyskytuje v ovoci a zelenině. Daisy Whithbread uvádí 10 potravin s nejvyšším obsahem vitaminu C, a to papriku, plody guavas, kapustu, kiwi, brokolici, jahody a k nim další bobule (borůvky, maliny, ostružiny), plody citrusů, především pomeranč, hrášek a papayu. Rajčata jsou též zařazena v první desítce (Whitbread et House, 2016).

Konzumace potravin, bohatých na vitamin C, je nejlepším způsobem k zajištění dostatečného příjmu tohoto vitaminu. Zatímco mnoho rostlinných potravin obsahuje vitamin C, mezi nejlepší zdroje se řadí citrusové plody. Například jeden pomeranč, kiwi, 6 oz (cca 177 ml) grepové šťávy nebo 1/3 šálku nasekané sladké červené papriky každému dodává dostatek vitaminu C po dobu jednoho dne (Bellows et Moore, 2012).

### Zdroje rostlinného původu

Askorbát se vyskytuje v mnoha druzích ovoce a zeleniny. Citrusové plody a džusy jsou zvláště bohatým zdrojem vitamínu C. Ale i jiné ovoce, včetně kantalupu a melounů, třešní, kiwi, manga, papáji, jahod, tangelo, rajčat, může také obsahovat různá množství vitamínu C.

Zelenina, jako je zelí, brokolice, růžičková kapusta, sojové klíčky, květák, kapusta, hořčice, červené a zelené papriky, hrášek a brambory mohou být mnohem důležitějším zdrojem vitamínu C než ovoce, vzhledem k tomu, že dodávka rostlin je často delší dobu v průběhu roku, než je tomu u dodávek ovoce (WHO et. Agriculture Organization of the United Nations, 2004)

**Tab. 1.** Obsah v různých plodech viz. tabulka (Naidu, 2003)

<b>Druh</b>	<b>mg / 100 g</b>
Banán	8–16 mg
Jablko	3–30 mg
Mango	10–15 mg
Ananas	15–25 mg
Třešně	15–30 mg
Papája	39 mg
Pomeranč	30–50 mg
Grep	30–70 mg
Citron	40–50 mg
Jahody	40–70 mg
Černý rybíz	150–200 mg
Šípky	250–800 mg
Cibule	10–15 mg
Rajčata	10–20 mg
Lilek	15–20 mg
Ředkev	25 mg
Špenát	35–40 mg
Zelí	30–70 mg
Kapusta	50–70 mg
Brokolice	80–90 mg
Koriandr	90 mg
Růžičková kapusta	100–120 mg
Paprika	150–200 mg
Petržel	200–300 mg

### Zdroje živočišného původu

Velíšek (1999) uvádí, že játra jsou nejvýznamnějším zdrojem vitamínu C u potravin živočišného původu a u ostatních často zmiňovaných potravin, jako například u masa, vajec či mléka, je obsah vitamínu tak malý, že jejich význam je téměř zanedbatelný.

### 3.2.9 Využití v potravinářství

Babička (2012) uvádí, že v potravinářském průmyslu se využívá askorbová kyselina jako aditivum do různých výrobků, jako například do ovocných a zeleninových šťáv a džusů, dalších nápojů včetně alkoholických či do masných výrobků. Askorbová kyselina se řadí mezi antioxidanty, od čehož se odvozuje označení E. Za písmenem E má ještě své specifické číslo, a to 300. Na obalu příslušné potraviny tedy najdeme askorbovou kyselinu pod kódem E300.

Potravinářské antioxidanty se dělí dle funkce na primární, které ruší řetězové reakce, na synergicky působící, mezi které se řadí lapače kyslíku a chelatační činidla a poslední sekundární. Dále se dělí dle původu na syntetické a přírodní.

#### Ovoce a zelenina

Dle Velíška (1999) se askorbová kyselina přidává do ovocných džusů, konzervovaného a mrazírensky upravovaného ovoce, kde slouží jako prevence nežádoucích změn aroma, které jsou následkem oxidací při zpracování a skladování. Přídavek 3–7 mg askorbové kyseliny na 1 cm<sup>3</sup> přítomného vzduchu, slouží k odstranění kyslíku v hermeticky uzavřených obalech. Dále se využívá v kombinaci s kyselinou citronovou jako inhibitor reakcí enzymového hnědnutí při loupání, krájení a sušení ovoce.

#### Pivo a víno

Jako prevence tvorby chladových a oxidačních zákalů piva a také nežádoucích změn aroma a chuti při pasteraci a skladování, se využívá přídavku 20–30 mg/kg askorbové kyseliny. U vína pomáhá použití kyseliny askorbové ke snížení množství použitého oxidu siřičitého k síření.

#### Maso a masné výrobky

K masu a masným výrobkům se přidává askorbová kyselina s dusitany, což zkvalitňuje a značně zrychluje výrobu. Zkracuje dobu uzení a stabilizuje barvu hotových výrobků.

#### Chléb

Také lze využít přídavek v množství 10–100 mg/kg, jako prostředek ke zlepšení pekařských vlastností mouky.

#### Tuky a oleje

U tuků a olejů se využívá askorbylpalmitát v množství 0,006–0,040 %, kde slouží jako antioxidant tuků (Velíšek, 1999).

### 3.2.10 Přehled metod stanovení

#### 3.2.10.1 Metoda HPLC/UV

V překladu z anglického názvu High performance liquid chromatography vysokoúčinná kapalinová chromatografie. Z tohoto názvu vyplývá vyšší účinnost oproti klasické chromatografii. Dochází při ní ke zmenšení zrnění stacionární fáze a zmenšení rozptylu zrnění. Při zmenšování velikosti zrníček roste aktivní povrch, tím pádem i účinnost dělení. Další výhodou je zhoršení snadnosti průtoku mobilní fáze, a tím dojde ke zkrácení času potřebného pro analýzu. Je však potřeba vyvinout vyšší tlak k průtoku, s čímž souvisí vyšší nároky na přístroje.

Mezi používané přístroje patří:

- Detektor refraktometrický
- UV
- fluorimetrický
- transportní
- ELSD (evaporative light scattering detector)
- a další vhodné detektory vhodné pro kapalinovou chromatografii.

Jako mobilní fáze se používají nepolární rozpouštědla typu n-hexan, n-heptan, které se pojí s polárními stacionárními fázemi, například se dá využít silikagel (Kroufek, 2015).

HPLC je separační analytická metoda, která využívá rozdílné distribuce složek analytu mezi stacionární a mobilní fází. Vzorek je dávkován do proudu mobilní fáze (kapaliny), v koloně je separován na jednotlivé složky, které vstupují do detektoru (nejčastěji spektrofotometrického v ultrafialové a viditelné oblasti spektra). Záznam z chromatogramu umožňuje vyhodnocení analýzy (Katedra analytické chemie - ÚP v Olomouci, 2015).

#### 3.2.10.2 Plynová chromatografie

Vitamin C lze stanovit také pomocí jiného typu chromatografie, a to plynové. Tato metoda je velmi přesná, jelikož u ní byla zavedena opatření proti ztrátám, a to zejména v důsledku oxidace vzduchem. Jedinou nevýhodou této metody je dlouhá doba sušení 1–2 hodiny, nicméně tento krok může být automatizován a celá šarže může být lyofilizována současně (Silva, 2005).

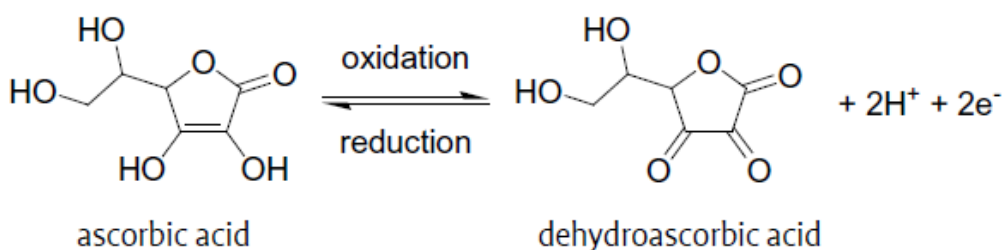
### 3.2.10.3 Titrační metoda – jodometrie

Podle vědců z University of Canterbury slouží tato metoda ke stanovení koncentrace vitamínu C v roztoku redoxní titrací pomocí jódu. V průběhu titrace je přidán jód a tím se askorbová kyselina oxiduje na dehydroaskorbovou, zatímco jód se redukuje na jodidové ionty.

Při této reakci se jód redukuje na jodidy tak dlouho, dokud je přítomna askorbová kyselina. Jakmile bylo oxidováno celkové množství askorbové kyseliny, přebytek jódu je volný pro reakci s indikátorem škrobu, tvořící modročerné zbarvení komplexu. V tomto okamžiku nastává koncový bod titrace.

Tato metoda je vhodná pro použití k zjištění obsahu u vitaminových tablet, čerstvé nebo balené ovocné šťávy a pevných druhů ovoce a zeleniny.

Za použití jódu je metoda přímočará, více než alternativní metoda za použití jodidu draselného, ale roztok jodidu draselného je stabilnější než jód jako primární standard, a proto je alternativní metoda považována za spolehlivější (College of science, n.d.).



**Obr. 3.** Oxidace a redukce askorbové kyseliny (College of science, n.d.)

### 3.2.10.4 Spektrofotometrická metoda

Salkić a Selimović (2015) uvádí, že pro měření obsahu vitamínu C ve farmaceutických produktech, potravinách a biologických tekutinách je metoda spektrofotometrická nejvíce využívána. Přímá ultrafialová spektrofotometrie může poskytnout rychlé, jednoduché a spolehlivé stanovení kyseliny L-askorbové ve vzorku. Nicméně problémem u této metody je právě absorpce UV záření matricí vzorku. Proto bylo navrženo několik korekcí pozadí techniky, jako například tepelná degradace, rozklad záření, enzymatická a metalová katalytická oxidace.

Tepelný, UV a kovový katalytický rozklad kyseliny L-askorbové byl příliš pomalý pro použití v praxi. Některé metody založené na Cu (II)-katalyzované oxidaci jsou hlášeny pro stanovení léčiv, nealkoholických nápojů a ovocných šťáv. I když jsou enzymatické metody jednoduché a velmi specifické pro kyselinu L-askorbovou, hlavní překážkou pro široké použití těchto metod jsou vysoké náklady na čištěné enzymy.



### 3.2.10.5 Fluorimetrická metoda

Této metody analýzy se využívá k rychlému a jednoduchému stanovení celkového obsahu askorbové kyseliny v ovoci, zelenině či v lidském séru. Nejpoužívanější metodou tohoto typu je stanovení pomocí o-fenylendiaminu (OPDA). Při této metodě se musí dbát na kontrolu pH roztoku, jelikož právě na pH je závislá intenzita fluorescence (Arya et al., 2000).

### 3.2.10.6 Polarografická metoda

Polarografie dle Heyrovského (1997) znamená zkoumání roztoků pomocí systému dvou elektrod, polarizovatelné a nepolarizovatelné. Polarizovatelná je tvořena rtuť a je nazývána kapkovou elektrodou. K posouzení výsledků slouží polarizační křivka, která vyplývá ze závislosti proudu protékajícím elektrodami a napětí na nich vkládaným.

Gupta (2015) uvádí, že metoda je založena na redukci kyseliny dehydroaskorbové na kyselinu askorbovou s homocysteinem. Ošetření N-ethylmaleimidem odstraní rušení homocysteinem a následně umožní polarografické stanovení celkového množství přítomné kyseliny askorbové.

### 3.2.10.7 Enzymatické metody

Enzymatické metody analýzy jsou úzce spojeny s chemií a technologií výroby potravin. Stanovení katalytické aktivity enzymů, charakteristických pro určité potraviny, se používá k odhadu míry jejich zmrazení, pasterizace a sterilizace, a pro detekci začátku jejich rozkladu. Například pro zjištění rozsahu tepelné úpravy rybích jídel, by měl sloužit obsah kyselé fosfatázy, jejíž tepelná inaktivace při 60–70 °C svědčí o zničení patogenních mikrobu nebezpečných pro lidské zdraví, zejména *Escherichia coli*.

Slouží také ke stanovení askorbové kyseliny, a to především v ovocných šťávách, mléce a mléčných výrobcích a také v dětské výživě. Je založeno na akci kyseliny jako druhého substrátu s peroxidázami v reakcích o-dianisidinu a 3,3', 5,5'-tetramethylbenzidinu oxidaci s peroxidem vodíku. Rozsah se měří pomocí délky inkubační doby zapsané na kinetických křivkách pomocí spektrofotometrického měření. Postup je rychlý, jednoduchý a citlivý (Shekhovtsova et al., 2006).

### 3.3 Rajče jedlé *Solanum lycopersicum* – vybraný zástupce čeledi Solanaceae ke studii

V legendách a historkách kolumbijských předků byla rajčata známa jako plody, jež požírali vlci a vlkodlaci. Později byly tyto plody domestikovány v Mexiku a následně dovezeny do Evropy, kde byly zpočátku považovány za jedovaté ovoce. Nyní si rajčata získávají víc a víc příznivců, díky svému širokému využití v kulinářství.

Používání rajčat v moderní stravě je velmi rozsáhlé, že je téměř nemožné je vyřadit z menu i různých fast foodů či pizzerií. Spotřeba rajčat se zvyšuje a na hlavu se počítá s 20 kg za rok.

Tento druh ovoce je zdrojem draslíku, vitamínu C, kyseliny listové a karotenoidů, z nichž převládá lykopen jako hlavní antioxidant. Také obsahuje vitamín E, K a flavonoidy. Sladkou chuť zajišťují cukry (fruktóza, glukóza, sacharóza) a organické kyseliny (jablečná a citronová) (Preedy et Watson, 2008).

Koncentrace těchto složek závisí na odrůdě, na etapě zrání, růstových podmínkách a posklizňové péči (skladování) (Domenéch-Carbó et al., 2015).



**Obr. 4.** Zrání rajčat (Bednářová, 2011)

Rajče je jednou ze tří nejvýznamnějších plodin na světě, s produkcí 161 milion tun v roce 2012. Plody se používají do čerstvých produktů nebo konzervované, a to zpracované do několika forem, jako jsou pasty, šťávy, omáčky a prášky. Je dobře známo, že rajče je klíčovou součástí v lidské stravě, vzhledem k nutričním hodnotám a antioxidačnímu obsahu ve svých plodech, které mohou chránit proti rakovině a kardiovaskulárním onemocněním (Ruggieri et al., 2015).

Rajče je považováno za klimakterické ovoce, ve kterém je zrání doprovázeno zvýšeným dýcháním a produkcí ethylenu, která s sebou nese ztráty kvality pomocí fyzikálně-chemických změn, jako je vývoj měknutí a barvy (Domínguez et al., 2016).

### **3.3.1 Kvalita**

Kvalita rajčat pro spotřebu v čerstvém stavu závisí na několika morfologických charakteristikách, jako je barva, velikost, pevnost, chuť a nutriční vlastnosti. Mezi nimi je barva plodu jednou z nejdůležitějších vlastností, neboť spotřebitelé upřednostňují rajčata s dobrým vzhledem a barvou.

Koncentrace látek a celková kvalita rajčat však může být snadno ovlivněna různými genetickými a environmentálními faktory, jako je například genotyp kultivaru, pěstitelské postupy, skladování, doba posklizňového pěstování, a dokonce i fáze zrání. Zejména proces zrání rajčat je důležitým faktorem při určování obsahu fytochemikálií, jelikož k významným fyziologickým, biochemickým a strukturálním změnám dochází během zrání, včetně degradace chlorofylu, syntéza karotenoidů (zejména lykopenu a karotenu) a dalších fytochemikálií, což má za následek doprovodné změny barvy, chuti, pevnosti, obsahu fytochemikálií a následně kvalitu na trhu rajčatových plodů.

Proto je důležité pochopit, jak jsou změny obsahu těchto fytochemických látek ovlivněny procesem dozrávání. Rajčatové plody jsou sklizeny v různých stádiích zrání v závislosti na přání spotřebitele a na trhu (Bhandari et Lee, 2016).

### **3.3.2 Lykopen v rajčatech**

Rajčata mají dvojí výhodu, jsou vysoce preferovaná zelenina a mají souvislost se sníženým rizikem onemocnění. Rajčatové plody patří mezi několik málo potravin, které obsahují lykopen. Dle Reimerse a Kiesta (2016) rajčata poskytují 85 % lykopenu v americké stravě. Poznatky z epidemiologických a klinických studií prokázaly inverzní vztah mezi

příjmem rajčatového séra neboli lykopenu a kardiovaskulárními onemocněními a snížením rizika některých rakovin. Ačkoliv nakládaná zelenina je někdy považována za horší, než je čerstvá z důvodu ztráty živin, v případě rajčat, může být proces konzervace nutričně prospěšný.

Lykopen se stává biologicky dostupný z důvodu tepelného a mechanického narušení buněčných stěn a v důsledku konverze trans na více biologicky dostupných cis-lykopen isomerů v topném procesu. Kromě toho, rajčatové výrobky jsou k dispozici bez přidaných solí, v případě, že má spotřebitel zájem.

### **3.3.3 Trh**

Rajská jablíčka (*Solanum lycopersicum*) z čeledi lilkovitých (*Solanaceae*), jsou nutričně bohatá, široce dostupná, a to především cenově. Jsou používána v různých světových kuchyních a dávají jim přednost všechny věkové kategorie. Ve Spojených státech se každý rok vypěstuje množství komerčních rajčat v hodnotě přes 2 miliardy dolarů. Většinou v Kalifornii (zpracovatelský trh) a na Floridě (oblast trhu s čerstvým ovocem). Ačkoliv trh čerstvých rajčat je robustní, většina rajčat je vyráběna pro účel produkce past a omáček. Data Economic Research Service ukazují, že 89 % rajčat se pěstuje pro konzervaci. Komerční rajčata určená ke konzervaci je především odrůda švestky, protože obsahuje více rozpustných pevných látek, vhodných pro pastu. Více než 10 odrůd čerstvých rajčat je k dispozici v maloobchodech a více než 400 odrůd rajčat je k dispozici pro domácí zahrady. Volba "správného" rajčete závisí na osobní preferenci a předpokládaném použití (Reimers et Keast, 2016).

### **3.3.4 Pěstování**

Rajčata by měla být pěstována na vyvýšených záhonech, pokrytých červeným nebo černým plastovým mulčem. Pěstování rostlin s kapkovou závlahou zajišťuje optimální růst a výnos rostlin a umožňuje snadnou aplikaci hnojiv během vegetačního období (Orzolek et al., 2006).

### **3.3.5 Sklizení a skladování**

Sklizení rajčat je pracná činnost a vyžaduje vícenásobné vybírání. Rajčata jsou obecně sklizena čtyřikrát až šestkrát během vegetačního období, v závislosti na typu odrůdy, zralosti a tržní hodnotě. Rajčata na velkoobchodním trhu jsou obvykle sklizena v zeleném stádiu zralosti, aby nedošlo k přezrání plodů během přepravy a manipulace.

Rajčata mohou být ponechána na vinici déle, pokud je možnost přinést zralá rajčata na trh rychle a v dobrém stavu. Trhy, jako jsou farmářské trhy, silniční stánky či jiné přímé trhy umožňují pěstitelům nechat rajčata před sklizní dozrát. Po sklizni by měli pěstitelé zkontrolovat rajčata pro velikost, barvu a vady, s cílem uvést na trh vysoce kvalitní produkt.

Skladování rajčat se určuje podle zralosti. Nedo zralá zelená rajčata se nechávají dozrát v optimálním teplotním rozmezí 17 až 21 °C. Nebudou zrát za normálních okolností, když jsou teploty vyšší než 26,5 °C nebo nižší než 12,5 °C. Zralá červená rajčata udrží vysokou kvalitu po zhruba čtyři až sedm dní při skladování v 95% vlhkosti a teplotě 7 až 10 °C (Orzolek et al., 2006).

### 3.3.6 Produkty z rajčat

Rajčatové výrobky jsou dobrým zdrojem vitaminů a minerálních látek, které mají nízký obsah kalorií a vysoký obsah karotenoidů, beta-karotenu a lykopenu. Nedávný výzkum ukázal, že zpracovaná rajčata mají vyšší obsah lykopenu (jeden z nejsilnějších přírodních antioxidantů) než syrová rajčata (Find by food, n.d.).



**Obr. 5.** Produkty z rajčat (Find by food, n.d.)

#### Kečup

Kečup je jedním z nejoblíbenějších rajčatových produktů na světovém trhu a vyžaduje omezené množství ingrediencí a jednoduché zpracování. Ve výrobním procesu se používají zahušťovací činidla pro jejich schopnost vázat vodu a nastavující činidla (škrob, karboxymethylcelulóza, guarová guma, xanthanová guma) ke zvýšení soudržnosti, a aby se zabránilo v séru odloučení od kečupu. Z pohledu spotřebitelů mezi žádoucí vlastnosti kečupu patří intenzivní červená barva, hustá konzistence, sladká rajčatovou chuť a někdy také pikantní chuť (Torbica et al., 2016).

### Rajčatový protlak

Dle Sukhadwala (2017) je rajčatový protlak hustá, červená pasta nebo koncentrát vyroben z drcené rajčatové dužiny, která byla vařená a redukována. Ve velké míře se vyrábí a používá ve středomořských zemích, kde se přidává do pokrmů, aby jim obohatil barvu a zvýraznil chuť rajčete.

Dobiáš (2004) říká, že v našich podmínkách má protlak koncentraci refraktometrické sušiny 28 %. Mělo by toho být dosaženo bez přísad pomocných látek, jako jsou kyseliny, cukry, barviva, zahušťovadla atd., jejichž přídavek je zakázán a považován za falšování.

Kadlec a kol. (2008) uvádí, že rajče projde přibližně jedenácti kroky, než z něj vznikne protlak. Jedním ze zásadních kroků je stejně jako u kečupu a dalších trvanlivých výrobků sterilace, kdy dochází k největším ztrátám vitamínu C a jiných obsažených látek.

#### **3.3.7 Vitamin C v rajčatech**

Obsah askorbové kyseliny v rajčatových plodech se pohybuje od 10 do 88 mg/100 g čerstvé hmotnosti, u komerčních kultivarů může být rozsah nižší (10 až 40 mg/100 g čerstvé hmotnosti). K tomu došlo pravděpodobně kvůli selekci rajčat při domestikaci / šlechtitelském procesu agronomických vlastností negativně spojených s obsahem askorbové kyseliny. Z toho důvodu je stále žádoucím cílem zlepšení nutriční kvality rajčatových plodů a zvýšení obsahu vitamínu C (Ruggieri et al., 2016).

Rajčata a rajčatová šťáva jsou třetí nejčastější přispěvatelé vitamínu C v americké stravě. Celkově lze říci, že rajčata poskytnou přibližně 20 mg vitamínu C na 100 gramů rajčatového produktu (Willcox et al., 2003).

### **3.4 Druhy tepelných úprav**

Hlavatá (2009) řadí mezi nevhodnější tepelné úpravy dušení, vaření a vaření v páře. Těmito způsoby totiž vzniká nejmenší množství škodlivých látek. Rizikem je však ztráta velkého množství vitaminů a minerálních látek při dlouhodobém vaření. Je tedy lepší vařit suroviny po kratší dobu a nejlépe dusit nebo upravit v parním hrnci. U rajčat se nejvíce vyžívá tepelných úprav viz. dále.

#### **3.4.1 Dušení**

Úprava potravin horkým vzduchem, párou a šťávou, která se uvolní ze surovin při dušení. Při tomto procesu je nádoba s potravinou uzavřena poklicí, aby neunikaly aromatické látky. Může probíhat i v tlakovém hrnci (Lebeda, 2013).

#### **3.4.2 Vaření**

Lebeda (2013) se domnívá, že vaření je tepelná úprava potravin, která probíhá při ponoření do tekutiny a při teplotě 100 °C.

Vaření může být velmi zdravá volba, protože nevyžaduje žádný olej nebo tuk. Ačkoliv přidáním malého množství, může mít vařená zelenina ještě lepší chuť (Haslett, 2012).

#### **3.4.3 Vaření v páře**

Haslett (2012) ve svém příspěvku uvádí, že úprava v páře je jednou z nejjednodušších, nejrychlejších a nejzdravějších příprav čerstvé zeleniny. Trvá po dobu několika minut a k procesu není potřeba oleje nebo tuku. Je to vůči vlastnostem zeleniny citlivý zásah.

Upravované potraviny se pokladou na děrovaný pařák, který se vloží do vroucí vody. Voda produkuje páru, ve které se nachází vařená potravina (Lebeda, 2013).

#### **3.4.4 Blanšírování**

Dalším způsobem kulinární úpravy je blanšírování. Pod tímto pojmem si lze představit krátké ponoření do vroucí vody, či horké páry a následné rychlé ochlazení. Takový způsob se využívá k zachování vitaminů v potravinách, ke zvýraznění chuti a barvy a například ke snadnějšímu odstranění slupek. U zeleniny blanšírování slouží i k zachování křupavosti a mírnému změknutí uvnitř. Dochází i ke zničení mikroorganismů na povrchu a tím pak nepodléhají potraviny tak rychle zkáze (Vrbická, n.d.).

### 3.4.5 Konzervování záhřevem

Konzervování je dle Kadlece a kol. (2003) způsob úpravy zeleniny, při kterém se zvyšuje trvanlivost produktů. Záhřev potravin na teploty, které způsobují denaturaci bílkovin (vyšší než 55 °C) vede k inaktivaci mikroorganismů, nežádoucích enzymů a některých mikrobiálních toxinů.

#### Sterilace

Sterilace je tepelné ošetření potravin za použití teplot vyšších 100 °C. Při sterilaci se inaktivují vegetativních forem mikroorganismů a také většiny bakteriálních spor. U méně kyselých potravin (pH>4) je nutná sterilace nad 120 °C.

#### Sterilizace

Sterilizace je pak zákrok, při kterém již dochází k inaktivaci všech forem mikroorganismů a je tak dosaženo absolutní sterility produktů. U většiny potravin však není absolutní sterilita nutná a stačí snížení mikrobiální kontaminace po dobu očekávané trvanlivosti, což je označováno jako praktická sterilita.

#### Pasterace

Pasterace je tepelné ošetření potravin do 100 °C a používá se k inaktivaci vegetativních forem mikroorganismů.

**Tab. 2.** Vliv na obsah vitamínu C při tepelných úpravách po dobu 40 s v rajčatovém pyré (Pérez-Conesa a kol., 2009)

Typ úpravy	Obsah vitamínu C (mg/100 g)
Nepasterizované	170,45
98 °C	16,40
108 °C	16,78
128 °C	15,82

Dle výsledků této studie lze říci, že po pasteraci dochází k velkým ztrátám vitamínu C, avšak rozdíly ztrát mezi teplotami velké nejsou. Pérez-Conesa a kol. (2009) nedoporučují pasterizační teploty nad 98 °C, jelikož způsobují degradaci vitamínu C a folátů.



Také dle Georgé a kol. (2011) dochází k velkým ztrátám vitamínu C při tepelném zásahu v průběhu konzervace, za nejvyšší využití teploty 100 °C, a to až k 80% ztrátám, viz. tab. 3.

**Tab. 3.** Ztráty vitamínu C u rajčatového pyré po konzervaci (Georgé a kol.,2011)

<b>Stav rajčat</b>	<b>Obsah vitamínu C (mg/100 g)</b>
Čerstvé	262,4
Pyré	50

Z výzkumů vyplývá, že při konzervování záhřevem dochází k velmi výrazným ztrátám vitamínu C.

## 4 Metodika

Vlastní projekt spočívá v zjištění změn obsahu vitamínu C po tepelných úpravách. Nejprve je však důležité určit metodiku, která bude použita k měření. Zpracování bylo inspirováno souborem vytvořeným Akademií věd České republiky, který se nazývá Vitamín C pod lupou (Andresová a kol., n.d.).

Jako vlastní metoda byla zvolena jodometrická. Množství vitamínu C ve vzorku (v tomto případě v rajčatech) je možné stanovit pomocí jodometrické titrace. Při této metodě je využíváno snadné redukovatelnosti jódu na jodid. Podstatou tzv. nepřímé neboli zpětné titrace je, že se k analyzovanému vzorku přidá nadbytek činidla, jehož zbylé množství je následnou titrací stanoveno.

V případě použité metody reaguje askorbová kyselina ( $C_6H_8O_6$ ) s přebytkem jódu ( $I_2$ ), přičemž vzniká dehydrogenaskorbová kyselina ( $C_6H_6O_6$ ). Jód, který se nespotřebuje v této reakci s askorbovou kyselinou, je následně titrován roztokem thiosíranu sodného ( $Na_2S_2O_3$ ) a vzniká jodid sodný (NaI) a tetrathionan sodný ( $Na_2S_4O_6$ ).

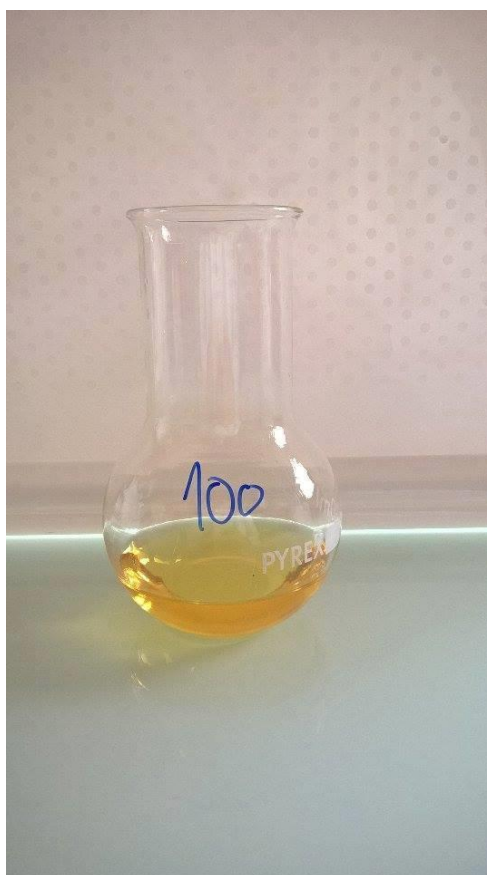
Titrace je ukončena v tzv. bodě ekvivalence. Tohoto bodu je dosaženo, když mají titrovaná látka a titrační činidlo látkové množství ve stechiometrickém poměru. Pro určení bodu ekvivalence se většinou využívá indikátoru, látky, jejíž barva se v bodě ekvivalence charakteristicky mění. Při jodometrii se používá jako indikátor škrob, který se jódem zbarví do modra, ovšem v nepřítomnosti jódu je bezbarvý.

Ze známého množství pipetovaného roztoku jódu a spotřeby thiosíranu se dopočítá množství askorbové kyseliny ve vzorku. Rozdílu celkového látkového množství a látkového množství jódu určeného ze spotřeby thiosíranu při titraci do bodu ekvivalence odpovídá látkové množství askorbové kyseliny.

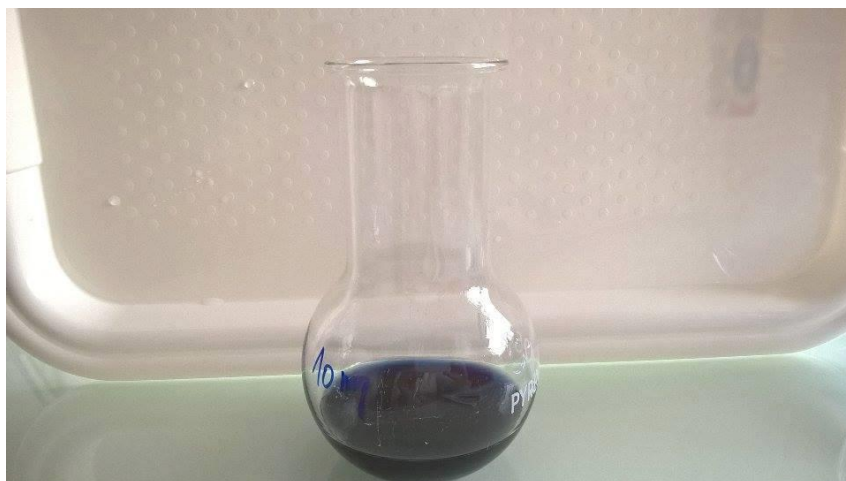
Pro ověření správnosti použité metody u rajčat, byla provedena zkouška reakce se standardním roztokem askorbové kyseliny. Metoda byla ověřena titrací standardu o koncentraci 100 mg askorbové kyseliny/ 100 ml destilované vody. Výsledná koncentrace byla vypočítaná podle vzorců uvedených na str. 36, v podkapitole Rovnice a vzorové výpočty, a její hodnota byla 102,115 mg/100 ml. Průběh titrace byl vizuálně zdokumentován.



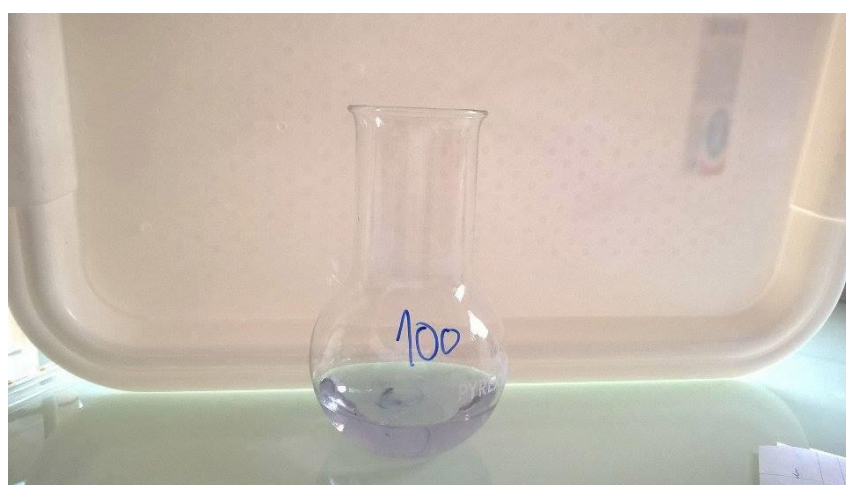
**Obr. 6.** Roztoky připravené k titraci (100 mg/100 ml)



**Obr. 7.** Roztok po titraci, před přidáním škrobového mazu



**Obr. 8.** Roztok po přidání škrobového mazu (reakce jódu se škrobem)



**Obr. 9.** Odbarvování roztoku

#### 4.1 Pomůcky a chemikálie

K vlastnímu pokusu bylo potřeba byrety (25 ml), stojanu, držáku na byretu, titrační baňky (250 ml), dvou nálevek, dvou pipet (10 a 20 ml), pipetovacího balónku, kádinky, skleněné tyčinky, odměrné baňky se zátkou (100 ml).

Z chemikálií se využilo standardizovaného roztoku thiosíranu (0.025 M), standardizovaného roztoku jódu (0.0125 M), kyseliny sírové (2 M), škrobového mazu a destilované vody.

K vlastní studii byly použity vzorky rajčat, která byla zakoupena v Kauflandu na začátku března 2017. Dále nádoby pro tepelné úpravy, gáza a třecí miska s tloučkem.

#### 4.1.1 Příprava roztoků

##### Škrobový maz

Škrobový maz je třeba připravit s předstihem, jelikož poskytuje modré zbarvení při reakci s jódem pouze za studena.

Smíchají se 4 g bramborového škrobu s přibližně 20 ml destilované vody a špetkou jodidu rtuťnatého ( $\text{HgI}_2$ ), který slouží jako konzervační látka. Poté se suspenze přilije za stálého míchání do 1000 ml vroucí destilované vody a mírně se povaří.

##### Kyselina sírová ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )

Kyselina sírová o požadované koncentraci 2 mol byla získána z kyseliny sírové o koncentraci 0,05 mol. Vychází se z následující rovnice, přičemž  $c$  je požadovaná koncentrace,  $V$  je požadovaný objem a  $M$  je molární hmotnost.

##### Thiosíran sodný ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ )

K přípravě roztoku thiosíranu sodného, o potřebné koncentraci 0,025 mol, byl k dispozici roztok o koncentraci 0,1 mol. Byl tedy v poměru 1:4 naředěn destilovanou vodou.

##### Roztok jódu ( $\text{I}_2$ )

Pro jodometrická stanovení se využívá roztoku jódu o přibližné koncentraci 0,0125 mol. Na 1 litr roztoku se naváží 3,2 g  $\text{I}_2$  a 6,25 g KI. Je potřeba nejprve dobře rozmíchat v malém množství destilované vody a poté doplnit a rozmíchat v 1 litru. K určení přesné koncentrace byl použit roztok thiosíranu sodného. Do odměrné baňky bylo odpipetováno 10 ml roztoku jódu, 3 ml kyseliny sírové a přiměřené množství destilované vody. Následně bylo titrováno do slabě žlutého zbarvení a po přidání škrobového mazu do úplného odbarvení.

**Tab. 4.** Spotřeba při standardizaci roztoku jódu

Spotřeba $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (ml)	9,3	10,1	9,9
Průměr		<b>9,76</b>	

$$c(\text{I}_2) = \frac{c(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) \cdot V(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)}{2 \cdot V(\text{I}_2)} = \frac{0,025 \cdot 9,76}{20} = 0,0122 \text{ mol}$$

### Rovnice a vzorové výpočty

Rovnice byly čerpány ze souboru Vitamin C pod lupou (Andresová a kol., n.d.).  
Do vzorového výpočtu byly dosazeny hodnoty titrace standardního vzorku (100 mg askorbvé kyseliny/ 100 ml destilované vody).

$$V(I_2, \text{reakce 2}) = \frac{c(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) \cdot V(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)}{2 \cdot c(I_2)} = \frac{0,025 \cdot 14,9}{2 \cdot 0,0122} = 15,266 \text{ ml}$$

$$V(I_2, \text{reakce 1}) = V(I_2, \text{počáteční}) - V(I_2, \text{reakce 2}) = 20 - 15,266 = 4,734 \text{ ml}$$

$$n(\text{vit. C}) = c(I_2) \cdot V(I_2, \text{reakce 1}) = 0,0122 \cdot 4,734 \cdot 10^{-3} = 0,058 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$m(\text{vit. C}) = F \cdot n(\text{vit. C}) \cdot M(\text{vit. C}) = 10 \cdot 0,058 \cdot 10^{-3} \cdot 176,13 = 102,115 \cdot 10^{-3} \text{ g}$$

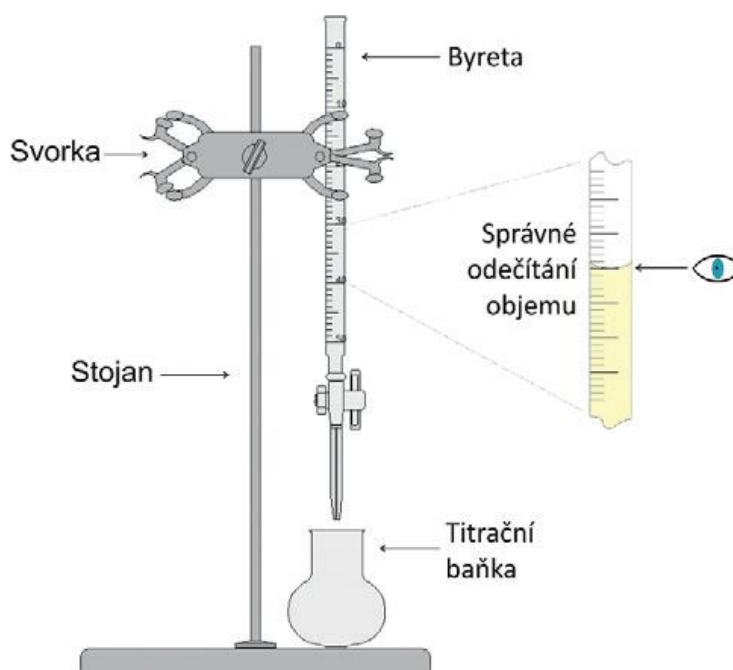
$$\begin{aligned} \text{Relativní množství vitamínu C} &= \frac{m(\text{vit. C})}{m(\text{vzorku})} \cdot 100 = \frac{102,115}{100} \cdot 100 \\ &= 102,115 \text{ mg}/100 \text{ ml} \end{aligned}$$

## **4.2 Postup při analýze vzorků**

1. Vzorek se zváží a výsledek se zaznamená.
2. Navážená rajčata se šetrně pokrájí a poté rozmačkají v třecí misce, pomocí tloučku. Vše se vloží do kádinky, kam se přidá malé množství vody pomocí skleněné tyčinky nebo stříčky. Roztok rajčatové šťávy se pomocí gázy přefiltruje a vymačká do 100 ml odměrné baňky a doplní po rysku destilovanou vodou.
3. Byreta se upevní na stojan a naplní se pomocí nálevky roztokem thiosíranu sodného. Před každou titrací se byreta doplní po nulu. Při používání jakéhokoliv odměrného nádoby, tedy i byrety, musí být oko pozorovatele v rovině s ryskou a hladinou. Správný objem odpovídá stavu, kdy se rysky dotýká spodní okraj menisku.
4. Do titrační baňky se odpipetuje 10 ml vzorku a 20 ml roztoku jódu, okyselí se cca 5 ml 2 M kyseliny sírové. Vzorek se mírně naředí a zároveň se opláchnou destilovanou vodou stěny baňky.
5. Roztok v titrační baňce je titrován thiosíranem do žlutého zbarvení. Poté jsou přidány 3 ml škrobového mazu, díky kterému v přítomnosti jódu vznikne modré zbarvení.

6. Dále se roztok velmi pomalu titruje. Bod ekvivalence nastává při úplném odbarvení roztoku.
7. Zaznamená se výsledek, tedy množství titrovaného roztoku. A může se znovu opakovat pokus.

Všechny tepelné úpravy se provádí na stejný způsob, a to tak, že se vloží navážené čtvrtky rajčat do hrnce a bez vody se povaří na danou dobu a nechají se vychladnout. První stanovení je po 5 minutách varu, druhé po 10 minutách a poslední po 15 minutách. Následující postup je stejný jako u rajčat čerstvých.



**Obr. 10.** Aparatura (Andresová a kol., n.d.)

**Tab. 5.** Základní hodnoty

<b>Molární hmotnost askorbové kyseliny</b>	<b>M = 176,13</b>	<b>g/mol</b>
<b>Koncentrace standardizovaného roztoku jódu</b>	$c = 0,0122$	Mol/l
<b>Koncentrace standardizovaného roztoku thiosíranu</b>	$c = 0,025$	Mol/l
<b>Faktor ředění</b>	$100 / 10 = 10$	-

Byla použita 4 rajčata, koupená v Kauflandu v průhledném plastovém obalu. Rajčata Roma původem ze Španělska, označená jako voňavá, chutná a čerstvá, s jakostí I. Rajčata byla rozčtvrcena a navážena pro všechna měření.

Navážky vzorků

- Bez tepelné úpravy – 87,3 g
- 5 minut vaření – 92,1 g
- 10 minut vaření – 86,1 g
- 15 minut vaření – 84,1 g

**Tab. 6.** Hodnoty

<b>Doba vaření [min]</b>	<b>Celková spotřeba [ml]</b>					<b>Průměrná spotřeba</b>
<b>0</b>	17,4	17,2	16,8	16,9	16,8	<b>17,02</b>
<b>5</b>	18,5	18,5	18,3	18,4	18,6	<b>18,46</b>
<b>10</b>	18,7	18,8	18,7	19,1	18,9	<b>18,84</b>
<b>15</b>	18,7	19,1	19,3	19,4	19,2	<b>19,14</b>



## 5 Výsledky

**Tab. 7.** Bez tepelné úpravy

<b>Spotřeba Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> [ml]</b>	<b>17,4</b>	<b>17,2</b>	<b>16,8</b>	<b>16,9</b>	<b>16,8</b>
<b>Spotřeba I<sub>2</sub> při reakci 2 [ml]</b>	17,828	17,623	17,213	17,316	17,213
<b>Spotřeba I<sub>2</sub> při reakci 1 [ml]</b>	2,172	2,377	2,787	2,684	2,787
<b>Látkové množství vit. [mol]</b>	2,650.10 <sup>-5</sup>	2,900.10 <sup>-5</sup>	3,400.10 <sup>-5</sup>	3,275.10 <sup>-5</sup>	3,400.10 <sup>-5</sup>
<b>Hmotnost ve vzorku [g]</b>	4,667.10 <sup>-2</sup>	5,108.10 <sup>-2</sup>	5,988.10 <sup>-2</sup>	5,768.10 <sup>-2</sup>	5,988.10 <sup>-2</sup>
<b>Hmotnost ve 100 g [mg/100 g]</b>	53,464	58,508	68,596	66,074	68,596
<b>Aritmetický Průměr</b>			<b>63,048</b>		

**Tab. 8.** 5 minut vaření

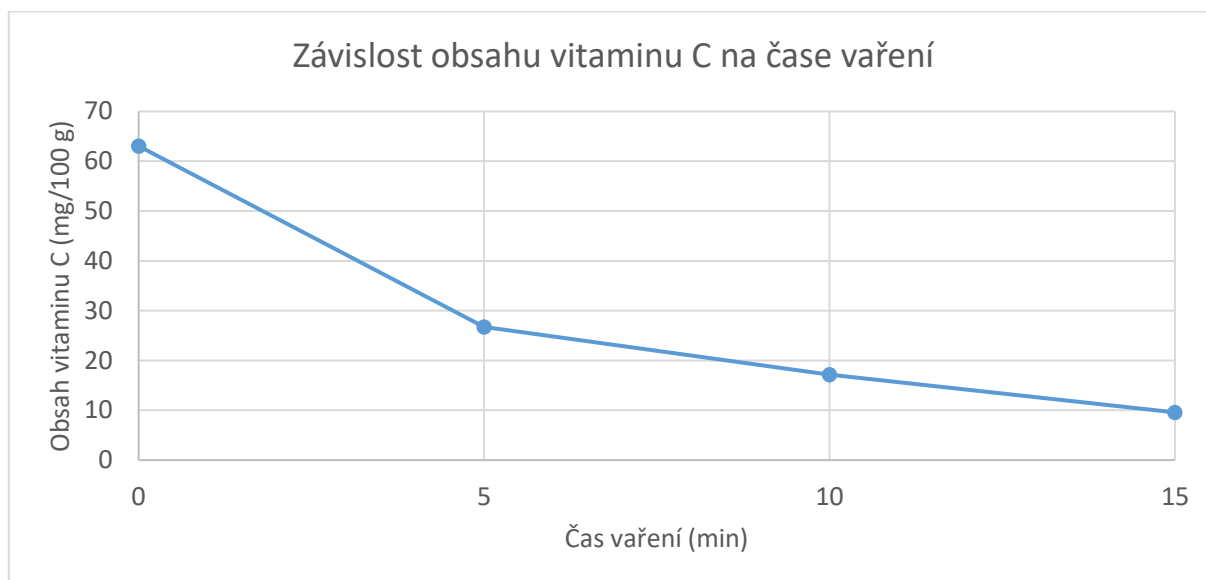
<b>Spotřeba Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> [ml]</b>	<b>18,5</b>	<b>18,5</b>	<b>18,3</b>	<b>18,4</b>	<b>18,6</b>
<b>Spotřeba I<sub>2</sub> při reakci 2 [ml]</b>	18,955	18,955	18,750	18,852	19,057
<b>Spotřeba I<sub>2</sub> při reakci 1 [ml]</b>	1,045	1,045	1,250	1,148	0,943
<b>Látkové množství vit. [mol]</b>	1,275.10 <sup>-5</sup>	1,275.10 <sup>-5</sup>	1,525.10 <sup>-5</sup>	1,400.10 <sup>-5</sup>	1,150.10 <sup>-5</sup>
<b>Hmotnost ve vzorku [g]</b>	2,246.10 <sup>-2</sup>	2,246.10 <sup>-2</sup>	2,686.10 <sup>-2</sup>	2,466.10 <sup>-2</sup>	2,025.10 <sup>-2</sup>
<b>Hmotnost ve 100 g [mg/100 g]</b>	25,723	25,723	30,767	28,245	23,202
<b>Aritmetický Průměr</b>			<b>26,732</b>		

**Tab. 9.** 10 minut vaření

<b>Spotřeba Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> [ml]</b>	<b>18,7</b>	<b>18,8</b>	<b>18,7</b>	<b>19,1</b>	<b>18,9</b>
<b>Spotřeba I<sub>2</sub> při reakci 2 [ml]</b>	19,160	19,262	19,160	19,570	19,365
<b>Spotřeba I<sub>2</sub> při reakci 1 [ml]</b>	0,840	0,738	0,840	0,430	0,635
<b>Látkové množství vit. [mol]</b>	1,025.10 <sup>-5</sup>	9,000.10 <sup>-6</sup>	1,025.10 <sup>-5</sup>	5,250.10 <sup>-6</sup>	7,750.10 <sup>-6</sup>
<b>Hmotnost ve vzorku [g]</b>	1,805.10 <sup>-2</sup>	1,585.10 <sup>-2</sup>	1,805.10 <sup>-2</sup>	9,247.10 <sup>-3</sup>	1,365.10 <sup>-2</sup>
<b>Hmotnost ve 100 g [mg/100 g]</b>	20,680	18,158	20,680	10,592	15,636
<b>Aritmetický Průměr</b>			<b>17,149</b>		

**Tab. 10.** 15 minut vaření

<b>Spotřeba Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> [ml]</b>	<b>18,7</b>	<b>19,1</b>	<b>19,3</b>	<b>19,4</b>	<b>19,2</b>
<b>Spotřeba I<sub>2</sub> při reakci 2 [ml]</b>	19,160	19,570	19,775	19,877	19,672
<b>Spotřeba I<sub>2</sub> při reakci 1 [ml]</b>	0,840	0,430	0,225	0,123	0,328
<b>Látkové množství vit. [mol]</b>	$1,025 \cdot 10^{-5}$	$5,250 \cdot 10^{-6}$	$2,750 \cdot 10^{-6}$	$1,500 \cdot 10^{-6}$	$4,000 \cdot 10^{-6}$
<b>Hmotnost ve vzorku [g]</b>	$1,805 \cdot 10^{-2}$	$9,247 \cdot 10^{-3}$	$4,844 \cdot 10^{-3}$	$2,642 \cdot 10^{-3}$	$7,045 \cdot 10^{-3}$
<b>Hmotnost ve 100 g [mg/100 g]</b>	20,680	10,592	5,548	3,026	8,070
<b>Aritmetický Průměr</b>	<b>9,583</b>				

**Obr. 11.** Závislost obsahu vitamínu C na čase vaření

### 5.1.1 Procentuální vyjádření ztrát

- Po 5 minutách vaření:

63,048 mg / 100 g.....100 %  
26,732 mg / 100 g.....x %

$$x = \frac{26,732}{63,048} \cdot 100 = 42,399 \%$$
$$100 - 42,399 = \mathbf{57,6 \%$$

- Po 10 minutách vaření:

63,048 mg / 100 g.....100 %  
17,149 mg / 100 g.....x %

$$x = \frac{17,149}{63,048} \cdot 100 = 27,200 \%$$
$$100 - 27,200 = \mathbf{72,8 \%$$

- Po 15 minutách vaření:

63,048 mg / 100 g.....100 %  
9,583 mg / 100 g.....x %

$$x = \frac{9,583}{63,048} \cdot 100 = 15,200 \%$$
$$100 - 15,200 = \mathbf{84,8\%$$

## 6 Diskuze

Rajčata hrají v moderní stravě velkou roli a je téměř nemožné je vyřadit z menu i různých fast foodů či pizzerií. Spotřeba rajčat se zvyšuje a na osobu se počítá s 20 kg za rok. Tento oblíbený druh ovoce je dle Preedyho a Watsona (2008) velkým zdrojem draslíku, vitamínu C, kyseliny listové a karotenoidů, z nichž převládá lykopen jako hlavní antioxidant. Obsahuje také vitamin E, K a flavonoidy. Avšak koncentrace těchto složek závisí na odrůdě, na etapě zrání, růstových podmínkách a také na posklizňové péči při skladování (Domenéch-Carbó et al., 2015).

V této práci byl předmětem zkoumání vitamin C a jeho obsah v rajčatech, v čerstvém stavu a po tepelných úpravách, jelikož rajčata se používají ve velkém množství tepelně opracovaná.

Ruggieri a kol. (2016) uvádí, že se obsah vitamínu C v plodech rajčat pohybuje v rozmezí od 10 do 88 mg/100 g čerstvé hmotnosti. U komerčních kultivarů může být rozsah nižší, a to 10 až 40 mg/100 g čerstvé hmotnosti. V této bakalářské práci byl naměřen obsah askorbové kyseliny v rajčatech v čerstvém stavu 63,048 mg/100 g. Přestože byla rajčata zakoupena v zimním období, což znamená, že byla s velkou pravděpodobností pěstována ve skleníku, byl jejich obsah askorbové kyseliny poměrně vysoký. Vzhledem k poznatkům z odborné literatury můžeme říci, že zakoupené plody byly vyšší kvality.

Nováková a kol. (2008) se domnívají, že teplota je jeden z hlavních faktorů, které významně ovlivňují stabilitu askorbové kyseliny. Vliv teploty na stabilitu askorbové kyseliny byl studován mnoha výzkumnými skupinami. Studie stability při vyšších teplotách potvrzuje velkou míru degradace kyseliny askorbové. Koncentrace askorbové kyseliny při teplotě 60 °C a 80 °C byly během jedné hodiny sníženy na méně než 20 % z počáteční koncentrace. Při teplotě 40 °C, se koncentrace snížila na 75 %.

Pérez-Conesa a kol. (2009) zjistili ztráty vitamínu C po pasterizaci rajčatového protlaku až 90 %. A nedoporučují záhřevy protlaku vyšší než 98°C. U jiných studií se během tepelného zpracování rajčat ztratila asi polovina z obsaženého vitamínu C (Abushita a kol., 2000; Capanoglu a kol., 2008). Abushita a kol. (2000) uvádí, že při extrakci za horka, ztratila rozpadající se rajčata asi 38 % původní askorbové kyseliny a při dalším zpracování během výroby rajského protlaku vakuovým odpařováním způsobil další ztrátu v produktu, a to více než 16 % obsahu askorbové kyseliny. To znamená, že kyselina askorbová může být výrazně degradována v závislosti na tepelném zpracování. I přes to je však 45 % počátečního obsahu askorbové kyseliny uloženo v konečném produktu (komerčně sterilizované pasty). Zbývající

množství kyseliny askorbové může hrát důležitou roli v prevenci rajčatové pasty proti oxidační degradaci během skladování nebo následné přípravě jídel.

Gahler a kol. (2013) také potvrdili vyšší ztrátu vitamínu C v různých rajčatových výrobcích při zvýšené teplotě, delší dobou a větším počtem výrobních kroků. Tato důležité ztráta je pravděpodobně v důsledku dobře známé citlivosti vitamínu C na teplo a kyslík.

I v případě pokusu v této práci bylo potvrzeno ovlivnění stability při změně teplot. Po tepelných úpravách byl zaznamenán úbytek vitamínů C ve vybrané plodině. Již po 5 minutách vaření rajčete byly zaznamenány ztráty 57,6 % a při prodloužení doby vaření se ztráty navyšovaly. Po 10 minutách vaření 72,8 % a po 15 minutách vaření 84,8 %.

## 7 Závěr

Cílem bakalářské práce bylo vypracovat literární rešerši o významu vitamínu C, jeho vlastnostech a obsahu ve vybraných plodinách. V experimentální části bylo úkolem otestovat vliv tepelné krátkodobé úpravy rajčat a zjistit, jaký je úbytek vitamínu C vlivem tepelného ošetření. Z plodin byla vybraná rajčata, která byla následně tepelně upravena po dobu 5, 10 a 15 minut. Jako metoda stanovení byla vybraná jodometrie. K pokusu byla koupena rajčata jakosti I., pěstované ve Španělsku.

V čerstvém stavu bylo naměřeno 63,048 mg na 100 g rajčat, z čehož byla usouzena vyšší kvalita rajčat. Po tepelných úpravách s prodlužováním doby vaření se procentuální ztráty zvyšovaly. Při vaření 5 minut byla ztráta vitamínu C 57,6 %, po 10 minutách vaření 72,8 % a při vaření po dobu 15 minut 84,8 %. Lze tedy říci, že čím kratší bude doba vaření, tím bude ztráta vitamínu C nižší, avšak nejlepší pro využití vitamínu C z rajčat je, když nebudou před konzumací tepelně upravována.

## 8 Seznam použité literatury

Abushita, A. A., Daood, H. G., & Biacs, P. A. 2000. Change in carotenoids and antioxidant vitamins in tomato as a function of varietal and technological factors. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(6), 2075–2081.

Andresová, A., Kubelová, L., Rotrekl, J. Vitamin C pod lupou. [online] Otevřená věda. Akademie věd ČR. Chemie. [cit. 2017-03-23]. Dostupné z: <[http://data.otevrenaveda.projekty.avcr.cz/miranda2/export/sitesavcr/data.avcr.cz/projekty/otevrenaveda/kurzy-pro-pedagogy/metodiky-laboratornich-cviceni/chemie/09\\_Vitamin-C-pod-lupou\\_web.pdf](http://data.otevrenaveda.projekty.avcr.cz/miranda2/export/sitesavcr/data.avcr.cz/projekty/otevrenaveda/kurzy-pro-pedagogy/metodiky-laboratornich-cviceni/chemie/09_Vitamin-C-pod-lupou_web.pdf)>

Arya, S., Mahajan, M., Jain, P. 2000. Non-spectrophotometric methods for the determination of Vitamin C. *Analytica Chimica Acta*. (417). 14.

Babička, L. 2012. Přídavné látky v potravinách: publikace České technologické platformy pro potraviny. 1. vyd. Potravinářská komora České republiky, Česká technologická platforma pro potraviny. Praha. ISBN: 978-80-905096-3-4.

Bednářová, Z. Rostliny: *Lycopersicon esculentum* - rajče jedlé. *Garten.cz* [online]. 2011 [cit. 2016-09-21]. Dostupné z: <<http://www.garten.cz/a/cz/7082-lycopersicon-esculentum-rajce-jedle/>>

Bellows, L., Moore, R. 2012. Water-Soluble Vitamins: B-Complex and Vitamin C. *Colorado State University Extension* [online]. 3 (02). 5. [cit. 2016-10-14]. Dostupné z: <<http://extension.colostate.edu/topic-areas/nutrition-food-safety-health/water-soluble-vitamins-b-complex-and-vitamin-c-9-312/>>

Bezpečnost potravin. Antivitaminy [online]. Potravinářské aktuality. Ministerstvo zemědělství. 2002 [cit. 2017-01-30]. Dostupné z: <<http://www.bezpecnostpotravin.cz/antivitaminy.aspx>>

Bhandari, S., Lee, J. 2016. Ripening-Dependent Changes in Antioxidants, Color Attributes, and Antioxidant Activity of Seven Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) Cultivars. *Journal of Analytical Methods in Chemistry*. 2016. 13.

Capanoglu, E., Beekwilder, J., Boyacioglu, D., Hall, R., & De Vos, R. 2008. Changes in antioxidant and metabolite profiles during production of tomato paste. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(3), 964–973.

College of science, . n.d. Determination of Vitamin C Concentration by Titration. University of Canterbury: Science outreach [online]. University of Canterbury. New Zeland. [cit. 2017-01-30]. Dostupné z: <[http://www.outreach.canterbury.ac.nz/chemistry/documents/vitaminc\\_iodate.pdf](http://www.outreach.canterbury.ac.nz/chemistry/documents/vitaminc_iodate.pdf)>

Dobiáš, J. 2004. Technologie zpracování ovoce a zeleniny II: Syllabus textů k přednáškám z předmětu. Praha.

Domenéch-Carbó, A., Domínguez, I., Hernández-Muñoz, P. 2015. Electrochemical tomato (*Solanum lycopersicum* L.) characterisation using contact probe in situ voltammetry. *Food chemistry*. 172 (1). 8.

Domínguez, I., Lafuente, M., Hernández - Muñoz, P., Gavara, R. 2016. Influence of modified atmosphere and ethylene levels on quality attributes of fresh tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Food Chemistry*. 209. 9.

El-Ishaq, A., Obirinakem, S. 2015. Effect of Temperature and Storage on Vitamin C Content in Fruits Juice. *International Journal of Chemical and Biomolecular Science*. American institute of science. 1 (2). 5.

Fajrová, J. - Pavlík, V.: Vitaminy, jejich funkce a využití. Dostupné z <http://www.medicinapopraxi.cz/pdfs/med/2013/02/09.pdf>

Find by food: Tomato products. b.r. In: Tetra Pak [online]. [cit. 2016-10-14]. Dostupné z: <<http://www.tetrapak.com/sk/findbyfood/food/tomato-products>>

Georgé, S., Tourniaire, F., Gautier, H., Groupy, P., Rock, E., Caris-Veyrat, C. 2011. Changes in the contents of carotenoids, phenolic compounds and vitamin C during technical processing and lyophilisation of red and yellow tomatoes. *Food Chemistry*. 124 (4). 1603-1611

Gahler, S., Otto, K., & Böhm, V. 2003. Alterations of vitamin C, total phenolics, and antioxidant capacity as affected by processing tomatoes to different products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(27). 7962–7968.

Gupta, S. 2015. Polarographic Methods for Determination of Ascorbic Acid in Pharmaceutical Preparations. *International Journal of Chemical Engineering and Applications*. 6 (2). 6.

Haslett, L. Cooking Vegetables: When and How to Steam, Roast, Sauté, and More. In: *Delish* [online]. Hearst Magazines Digital Media. 2012 [cit. 2017-01-31]. Dostupné z: <<http://www.delish.com/cooking/g98/cooking-vegetables-how-to/?>>

Heyrovský, M. 1997. Polarografická prehistorie. *Chemické listy*. Praha. 91. 4.

Hlavatá, K. Úprava potravin. In: *Žij zdravě* [online]. [zijzdrave.cz](http://www.zijzdrave.cz). 2009 [cit. 2017-01-29]. Dostupné z: <<http://www.zijzdrave.cz/jidlo/recepty-a-uprava-potravin/uprava-potravin/>>

Kadlec, P. a kol. 2003. *Procesy potravinářských a biochemických výrob*. Praha: VŠCHT. 308 s. ISBN 80-7080-527-7

Kadlec, P. a kol. 2008. *Technologie potravin I*. VŠCHT. ISBN: 978-80-7080-509-1

Katedra analytické chemie - ÚP v Olomouci. Stanovení konzervačních látek metodou HPLC. 2015 [cit. 2017-01-31]. Dostupné také online z: <<http://ach.upol.cz/user-files/files/apach-1a-hplc.pdf>>

Kramer, B., Pultz, V., McCormick, J. Vitamin C Analysis. [online] Truman State University. Missouri. 2011 [cit. 2016-11-09]. Dostupné z: <<http://chemlab.truman.edu/CHEM130Labs/VitaminC.asp>>



Kroufek, J. Vysokoučinná kapalinová chromatografie. In: Ústav technologie ropy a alternativních paliv [online]. VŠCHT Praha. Praha. 2015 [cit. 2016-11-25]. Dostupné z: <<http://utrapp.vscht.cz/veda-a-vyzkum/pristroje/HPLC>>

Lebeda, Z. 2013. Základní technologické postupy II – tepelná úprava potravin (vaření a dušení). Poděbrady.

Naidu, K. 2003. Vitamin C in human health and disease is still a mystery? An overview. *Nutrition Journal*.10. DOI: 10.1186/1475-2891-2-7.

National Cancer Institute. Ascorbic acid [online]. 2016 [cit. 2016-09-20]. Dostupné z: <[https://ncit.nci.nih.gov/ncitbrowser/pages/concept\\_details.jsf?dictionary=NCI\\_Thesaurus&version=16.08e&code=C285&ns=NCI\\_Thesaurus&type=all&key=null&b=1&n=0&vse=null](https://ncit.nci.nih.gov/ncitbrowser/pages/concept_details.jsf?dictionary=NCI_Thesaurus&version=16.08e&code=C285&ns=NCI_Thesaurus&type=all&key=null&b=1&n=0&vse=null)>

Nováková, L., Solich, P., Solichová, D. 2008. HPLC methods for simultaneous determination of ascorbic and dehydroascorbic acids. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*. 27 (10). 16.

Odstrčil, J., Odstrčilová, M. 2006. *Chemie potravin. Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů v Brně*. Brno. ISBN: 8070134356.

Orzolek, M., Bogash, S., County, F., Harsh, R., County, A., Kime, L., Harper, J. 2006. *Tomato production. Agricultural Alternatives. Information and Communication Technologies in the College of Agricultural Sciences. The Pennsylvania State University*. 6.

Padayatty, S., Eck, P., Corpe, C., Dutta, S. 2003. Vitamin C as an antioxidant - Evaluation of its role in disease prevention. *Journal of the American College of Nutrition*. 22 (1). 19.

Perez-Conesa, D., Garcia-Alonso, J., Garcia-Valverde, V., Iniesta, M. D., Jacob, K., Sanchez-Siles, L. M., et al. 2009. Changes in bioactive compounds and antioxidant activity during homogenization and thermal processing of tomato puree. *Innovative. Food Science and Emerging Technology*, 10(2), 10 (12) 179–188

Preedy, V. (ed.), Watson, R. (ed.). 2008. *Tomatoes and tomato products: Nutritional, Medicinal and Therapeutic Properties*. 1. Science Publishers. Enfield. ISBN: 978-1-57808-534-7.

Reimers, K., Keast, D. 2016. Tomato Consumption in the United States and Its Relationship to the US Department of Agriculture Food Pattern: Results From What We Eat in America 2005–2010. *Nutrition Today*. 51 (4). 8.

Ruggieri, V., Bostan, H., Barone, A., Frusciante, L., Chiusano, M. 2016. Integrated bioinformatics to decipher the ascorbic acid metabolic network in tomato. *Plant Molecular Biology*. 91 (4). 16.

Ruggieri, V., Sacco, A., Calafiore, R., Frusciante, L., Barone, A. 2015. Dissecting a QTL into Candidate Genes Highlighted the Key Role of Pectinesterases in Regulating the Ascorbic Acid Content in Tomato Fruit. *The Plant Genome*. 8 (2). 10.

Sarkić, M., Selimović, A. 2015. Spectrophotometric Determination of L-Ascorbic Acid in Pharmaceuticals Based on Its Oxidation by Potassium Peroxymonosulfate and Hydrogen Peroxide. *Croatica chemica acta*. 88 (1). 7.

- Shekhovtsova, T., Muginova, S., Luchinina, J., Galimova, A. 2006. Enzymatic methods in food analysis: determination of ascorbic acid. *Analytica Chimica Acta*. (573-574). 8.
- Silva, F. 2005. Total ascorbic acid determination in fresh squeezed orange juice by gas chromatography. *Food control*. 16 (1). 4.
- Společnost pro výživu. Vitamin C. [online]. Encyklopedie výživy. 2015 [cit. 2017-03-09]. Dostupné z: <<http://www.vyzivapol.cz/vitamin-c/>>
- Sukhadwala, S. Tomato purée recipes. In: BBC: Food ingredients [online]. BBC. Londýn. 2017 [cit. 2017-01-31]. Dostupné z: <[http://www.bbc.co.uk/food/tomato\\_puree](http://www.bbc.co.uk/food/tomato_puree)>
- Torbica, A., Belović, M., Mastilović, J., Kevrešan, Ž., Pestorić, M., Škrobot, D., Dapčević Hadnadev, T. 2016. Nutritional, rheological, and sensory evaluation of tomato ketchup with increased content of natural fibres made from fresh tomato pomace. *Food and Bioproducts Processing*. 98. 10.
- Velíšek, J. 1999. *Chemie potravin 2. 1. Osis*. Tábor. ISBN: 80-902391-4-5.
- Vrbická, M. n.d. Blanšírování. In: Nutriční ordinace [online]. BodyClinic. Holic. [cit. 2017-01-30]. Dostupné z: <<http://nutricniordinace.cz/novinka/8-dil-serialu-kulinarni-upravy-blansirovani>>
- Whitbread, D., House, P. Top 10 Foods Highest in Vitamin C. In: HealthAliciousNess.com [online]. 2016 [cit. 2016-09-20]. Dostupné z: <<https://www.healthaliciousness.com/articles/vitamin-C.php>>
- Willcox, J., Catignani, G., Lazarus, S. 2003. Tomatoes and Cardiovascular Health. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 43 (1). 18.
- World health organisation. Agriculture Organization of the United Nations . 2004. *Vitamin and mineral requirements in human nutrition*. 2nd ed. FAO. Rome. ISBN: 92-415-4612-3.

## 9 Seznam obrázků

Obr. 1. L-Askorbová kyselina (Velíšek, 1999).....	11
Obr. 2. Oxidace kyseliny askorbové (Velíšek, 1999).....	11
Obr. 3. Oxidace a redukce askorbové kyseliny (College of science, n.d.) .....	22
Obr. 4. Zrání rajčat (Bednářová, 2011).....	24
Obr. 5. Produkty z rajčat (Find by food, n.d.).....	27
Obr. 6. Roztoky připravené k titraci (100 mg/100 ml) .....	33
Obr. 7. Roztok po titraci, před přidáním škrobového mazu .....	33
Obr. 8. Roztok po přidání škrobového mazu (reakce jódu se škrobem).....	34
Obr. 9. Odbarvování roztoku .....	34
Obr. 10. Aparatura (Andresová a kol., n.d.) .....	37
Obr. 11. Závislost obsahu vitamínu C na čase vaření.....	40

### 9.1 Seznam tabulek

Tab. 1. Obsah v různých plodech viz. tabulka (Naidu, 2003) .....	19
Tab. 2. Vliv na obsah vitamínu C při tepelných úpravách po dobu 40 s v rajčatovém pyré (Pérez-Conesa a kol., 2009).....	30
Tab. 3. Ztráty vitamínu C u rajčatového pyré po konzervaci (Georgé a kol.,2011).....	31
Tab. 4. Spotřeba při standardizaci roztoku jódu .....	35
Tab. 5. Základní hodnoty .....	37
Tab. 6. Hodnoty .....	38
Tab. 7. Bez tepelné úpravy .....	39
Tab. 8. 5 minut vaření.....	39
Tab. 9. 10 minut vaření.....	39
Tab. 10. 15 minut vaření.....	40