

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta chemická

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Brno, 2021

Bc. Barbora Havlíčková



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA CHEMICKÁ**

FACULTY OF CHEMISTRY

**ÚSTAV CHEMIE POTRAVIN A BIOTECHNOLOGIÍ**

INSTITUTE OF FOOD SCIENCE AND BIOTECHNOLOGY

**APLIKACE SPEKTRÁLNÍCH A NESPEKTRÁLNÍCH  
ANALYTICKÝCH METOD PRO SLEDOVÁNÍ KVALITY  
KEČUPŮ**

APPLICATION OF SPECTRAL AND NON-SPECTRAL ANALYTICAL METHODS FOR MONITORING THE  
QUALITY OF KETCHUPS

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

MASTER'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

**Bc. Barbora Havlíčková**

**VEDOUCÍ PRÁCE**

SUPERVISOR

**doc. Ing. Pavel Diviš, Ph.D.**

**BRNO 2021**

## Zadání diplomové práce

Číslo práce: FCH-DIP1548/2020 Akademický rok: 2020/21  
Ústav: Ústav chemie potravin a biotechnologií  
Studentka: **Bc. Barbora Havlíčková**  
Studijní program: Chemie a technologie potravin  
Studijní obor: Potravinářská chemie a biotechnologie  
Vedoucí práce: **doc. Ing. Pavel Diviš, Ph.D.**

### Název diplomové práce:

Aplikace spektrálních a nespektrálních analytických metod pro sledování kvality kečupů

### Zadání diplomové práce:

1. Zpracování literární rešerše k tématu DP
2. Příprava kečupů s různým obsahem rajčat
3. Analýza připravených kečupů
4. Ověření použitelnosti technik elementární analýzy a molekulové spektrometrie pro zkoumání autenticity kečupu

### Termín odevzdání diplomové práce: 30.7.2021:

Diplomová práce se odevzdává v děkanem stanoveném počtu exemplářů na sekretariát ústavu. Toto zadání je součástí diplomové práce.

---

Bc. Barbora Havlíčková  
student(ka)

doc. Ing. Pavel Diviš, Ph.D.  
vedoucí práce

prof. RNDr. Ivana Márová, CSc.  
vedoucí ústavu

V Brně dne 1.2.2021

---

prof. Ing. Martin Weiter, Ph.D.  
děkan

## **ABSTRAKT**

Cílem diplomové práce bylo ověření použitelnosti technik elementární analýzy a molekulové spektrometrie pro zkoumání autenticity kečupu. Pro ověření podílu refraktometrické sušiny vnesené do kečupu z rajčat byla použita analýza obsahu draslíku a lykopenu. Byly připraveny kečupy s různým obsahem rajčat a následně byly vytvořeny modely, které byly použity pro ověření podílu refraktometrické sušiny vnesené do kečupu z rajčat u kečupů z obchodní sítě. Výsledky práce prokázaly, že množství lykopenu je problematický marker pro ověřování autenticity kečupu, neboť během výroby kečupu dochází k degradaci lykopenu. Naopak množství draslíku v kečupech se ukázalo být dobrým markerem pro sledování autenticity kečupu. Model založený na obsahu draslíku v kečupech fungoval spolehlivě, dosažené odchylky od množství použitých rajčat pro výrobu kečupu uváděné na obalech byly menší než 10 %. Vyšších odchylek bylo dosahováno v kečupech s minimálním povoleným obsahem rajčat a to až 20 %. Koncentraci draslíku v kečupech s nižším obsahem použitých rajčat může výrazně ovlivnit přidávek dalších složek do kečupu (cibule, česnek, mrkev, jablko apod.). Kromě použité technologie výroby kečupu má výrazný vliv na model pro ověření autenticity kečupu také zralost rajčat.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

kečup, refraktometrická sušina, lykopen, draslík, autenticita

## **ABSTRACT**

The aim of the master's thesis was to verify the applicability of elemental analysis and molecular spectrometry for examining the authenticity of ketchup. For verify of share refractometric dry matter introduced into ketchup from tomatoes was used analysis of potassium and lycopene content. Ketchups with different tomato contents were prepared and subsequently models were created, which were used to verify the proportion of refractometric dry matter introduced into tomato ketchup in ketchups from the store. The results of the work showed that the amount of lycopene is a problematic marker for verifying the authenticity of ketchup, because during the production of ketchup, lycopene is degraded. In contrast, the amount of potassium in ketchup has been shown to be a good marker for monitoring the authenticity of ketchup. The model based on the potassium content of ketchup worked reliably, the deviations obtained from the quantity of tomatoes used for the production of ketchup indicated on the packaging were less than 10%. Higher deviations were achieved in ketchups with a minimum permitted tomato content of up to 20%. The concentration of potassium in ketchup with a lower content of used tomatoes can be significantly affected by the addition of other ingredients to the ketchup (onion, garlic, carrot, apple, etc.). In addition to the ketchup production technology used, the ripeness of tomatoes also has a significant effect on the model for verifying the authenticity of ketchup.

## **KEYWORDS**

ketchup, refractometric dry matter, lycopene, potassium, authenticity

HAVLÍČKOVÁ, Barbora. Aplikace spektrálních a nespektrálních analytických metod pro sledování kvality kečupů [online]. Brno, 2021 [cit. 2021-07-28]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/131152>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, Ústav chemie potravin a biotechnologií. Vedoucí práce Pavel Diviš.

## **PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně a že všechny použité literární zdroje jsem správně a úplně citovala. Diplomová práce je z hlediska obsahu majetkem Fakulty chemické VUT v Brně a může být využita ke komerčním účelům jen se souhlasem vedoucího diplomové práce a děkana FCH VUT.

.....

podpis studenta

## **PODĚKOVÁNÍ**

Tímto bych chtěla poděkovat zejména panu doc. Ing. Pavlu Divišovi, Ph.D. za odborné vedení práce a za cenné rady k prováděným experimentům, dále panu Ing. Jakubu Křikalovi za pomoc při analýzách na přístroji ICP-OES.

## OBSAH

1. ÚVOD .....	8
2. TEORETICKÁ ČÁST .....	9
2.1 Charakteristika rajčete .....	9
2.1.1 Původ rajčete .....	9
2.1.2 Botanická charakteristika .....	9
2.1.2.1 Taxonomie .....	10
2.1.2.2 Odrůdy .....	10
2.1.3 Pěstování .....	12
2.1.4 Chemické složení rajčat .....	15
2.2 Rajčatový kečup .....	19
2.2.1 Charakteristika kečupu .....	19
2.2.2 Historie .....	19
2.2.3 Význam kečupu ve výživě .....	19
2.2.4 Legislativa .....	19
2.2.5 Jakostní požadavky .....	19
2.2.6 Falšování kečupu .....	20
2.3 Technologie výroby kečupu .....	20
2.3.1 Suroviny na výrobu kečupu .....	20
2.3.2 Aditiva .....	21
2.3.3 Proces výroby kečupu .....	23
2.3.4 Využití odpadu z výroby kečupu .....	25
2.3.5 Mikrobiální kontaminace .....	25
2.3.6 Balení kečupu .....	26
3. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST .....	28
3.1 Přístroje pomůcky a použitý materiál .....	28
3.1.1 Přístroje .....	28
3.1.2 Laboratorní pomůcky .....	28
3.1.3 Chemikálie .....	28
3.1.4 Suroviny .....	29
3.1.5 Analyzované vzorky .....	29

3.2	Stanovení refraktometrické sušiny .....	31
3.2.1	Postup .....	31
3.3	Stanovení draslíku .....	31
3.3.1	Příprava kalibračního roztoku .....	32
3.3.2	Postup .....	32
3.4	Stanovení lykopenu .....	32
3.4.1	Postup .....	33
4.	VÝSLEDKY A DISKUSE.....	34
4.1	Popis vstupní suroviny.....	34
4.1.1	Stanovení refraktometrické sušiny v rajčatech.....	34
4.1.2	Stanovení lykopenu v rajčatech.....	34
4.1.3	Stanovení draslíku v rajčatech.....	35
4.2	Kečupy.....	36
4.2.1	Příprava a analýza kečupů o různém obsahu rajčat.....	36
4.2.2	Analýza vzorků kečupů z obchodní sítě.....	38
4.3	Vytvoření modelu pro ověření obsahu použitých rajčat pro výrobu kečupu .....	41
4.3.1	Vytvoření modelu na základě obsahu lykopenu .....	41
4.3.2	Vytvoření modelu na základě obsahu draslíku .....	44
5.	ZÁVĚR.....	47
6.	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ .....	48
7.	SEZNAM ZKRATEK.....	54



# 1. ÚVOD

Rajče je jednou z nejpobulárnějších a nejrozšířenějších zeleninových plodin po celém světě. Svou pozornost si v poslední době získává v souvislosti s prevencí některých lidských nemocí. Tento zájem je zejména způsoben přítomností karotenoidů, především lykopenu, který se jeví jako účinný v prevenci rakoviny, kardiovaskulárního onemocnění a ve zpomalení buněčného stárnutí. Rajčata jsou taktéž dobrým zdrojem vitamínu C a E. Z minerálních látek převládají v rajčatech draslík, sodík a hořčík. Plody se běžně konzumují syrové, jako vařená zelenina popřípadě jako přísada do různých pokrmů. Velké procento světové produkce rajčat se používá k dalšímu zpracování. Mezi produkty patří rajčata v konzervách, rajčatový džus, pyré, pasta, protlak a kečup.

Kečup byl původně pikantní směsí z rybího nálevu, bylin a koření. Až později se rajčata stala součástí kečupu, který známe dnes. Kečup je dvakrát až čtyřikrát zahuštěná omáčka, která se v potravinářském průmyslu vyrábí primárně z rajčatového protlaku. Mezi další suroviny pro výrobu kečupu patří voda, ocet, sůl, cukr a koření. K méně kvalitním kečupům se mohou přidávat různá aditiva, například sladidla nebo zahušťovadla. Na etiketě kečupu musí být uvedeny všechny přísady použité při výrobě a balení produktu. Význam kečupu jako potraviny je spíše sensorický, zvyrazňuje chuť, barvu a vůni pokrmů.

Kvalitu kečupů upravuje platná legislativa. Jedním z požadavků na kvalitu kečupu je obsah sušiny v kečupech. Kečupy by neměly obsahovat méně než 25 % sušiny stanovené refraktometricky, přičemž nejméně 7 % musí činit refraktometrická sušina vnesená rajčatovou surovinou. Kečupy Prima, Extra a Speciál by měli mít obsah refraktometrické sušiny nejméně 30 %, přičemž nejméně 10 % musí činit refraktometrická sušina vnesená rajčatovou surovinou. Problémem při kontrole kečupů je prokázání dodržení procenta refraktometrické sušiny vnesené do kečupu z použitých rajčat.

Tato práce se zabývá ověřením, zda je možné použít parametry jako koncentrace draslíku a koncentrace lykopenu pro splnění požadavku na refraktometrickou sušinu vnesenou do kečupu z použitých rajčat. Pro stanovení obsahu draslíku v rajčatech a kečupech byla použita metoda ICP-OES. Množství lykopenu v rajčatech a kečupech bylo stanoveno pomocí UV-VIS spektrometrie.

## 2. TEORETICKÁ ČÁST

### 2.1 Charakteristika rajčete

Rajče je jednou z hlavních světových rostlinných plodin s odhadovanou produkcí 162 mil. tun ročně. Produkce rajčat je důležitým zdrojem příjmu pro mnoho rozvojových zemích. Rajče je všestranná zelenina, která se konzumuje čerstvá nebo se používá při výrobě široké škály produktů (např. kečupů, past, omáček) [1-3].

#### 2.1.1 Původ rajčete

Rajče pochází ze střední Ameriky, Peru, Ekvádoru a Chile. Do Evropy se dostalo společně s bramborami v 16. století po objevení Ameriky, kdy tuto plodinu do Evropy dovezli Španělé. Nejdříve se rajčata pěstovala v Itálii jako okrasné plodiny, jelikož byly považovány za jedovaté. Postupně se rajčata rozšiřovala do ostatních zemích a získala si oblibu pro svou výraznou chuť a také pro uplatnění, ať už v syrovém či tepelně zpracovaném stavu [4, 5].

#### 2.1.2 Botanická charakteristika

Rajče jedlé (*Solanum lycopersicum*) je dvouděložná jednoletá rostlina s hlubokou kořenovou soustavou, jejíž výhony rostou do délky až 2,5 m. Zpočátku je stonek u mladých rostlin bylinný, následně je dřevnatý. Na povrchu stonku a listu jsou trichomy, které uvolňují látku, která na vzduchu tuhne a dává rostlinám typický zápach [6, 7].

Listy jsou dlouhé až 45 cm. Jsou střídavé, víceméně chlupaté, silně vonící a rozdělené hlubokými výřezy na jednotlivé páry. Můžeme podle členitosti okraje listové čepele rozlišit tři typy listů: pravý rajčatový (nejrozšířenější), typ mikádo a bramborový [3, 6, 8, 9].



**Obrázek 1** Rajče jedlé, *Solanum lycopersicum* [10]

Květenství u rajčat může být buď žlutě zbarvený jednoduchý nebo složitý vijan. Květy mají průměr okolo 2 cm a jsou pětičetné a samosprašné. Kališní lístky u rajčat jsou kopinaté, špičaté a bazálně srostlé. Tyčinky mají nitky zkrácené nebo je nemají vůbec. Prašníky jsou dvoudílné, protáhle a kuželovitě srostlé okolo čnělky. Blizna je kulovitá a jednoduchá [3, 11].

Plodem u rajčat je bobule, která je dvou až vícekomorová různého zbarvení a tvaru. Obvykle je červená, šarlatová nebo žlutá, ačkoliv existují i fialové odrůdy. Liší se tvarem od téměř kulovitého až po oválný nebo protáhlého až po hruškovitý. Plody mají v průměru 1,5-7,5 cm. Nezralá bobule má zelené zbarvení. Podle převahy karotenu nebo lykopenu můžeme rozdělit rajčata na červená, kde je v převaze lykopen, a oranžová (popř. žlutá), kde je v převaze karoten. Každý plod obsahuje nejméně dvě buňky malých semen obklopených rosolovitou dužinou. Semeno je umístěno na placentě a na povrchu může být pokryto chloupky, avšak některé odrůdy mají holé semeno [3, 6, 8,].

#### **2.1.2.1 Taxonomie** [12]

Říše:	rostliny ( <i>Plantae</i> )
Oddělení:	krytosemenné ( <i>Magnoliophyta</i> )
Třída:	vyšší dvouděložné ( <i>Rosopsida</i> )
Řád:	lilkotvaré ( <i>Solanales</i> )
Čeleď:	lilkovité ( <i>Solanaceae</i> )
Rod:	lilek ( <i>Solanum</i> )
Druh:	rajče jedlé ( <i>Solanum lycopersicum</i> )

#### **2.1.2.2 Odrůdy**

Dnes se na trhu můžeme setkat s velkou škálou odrůd, které se liší v barvě (žluté, oranžové, červené) nebo tvarem plodů (kulovitý, zploštělý, hruškovitý atd.). V Evropě jsou nejhojněji konzumována a zpracovávána kulatá červená rajčata, která mají většinou dvě až tři plodové komory s mnoha nažloutlými semeny, měkkým vnitřkem a malým podílem plodové dužiny. Ze Středozeří pochází oválná rajčata, která mají velký podíl dužiny a intenzivní vůni. Výhodou je, že se dají dobře sušit i nakládat. Stále více oblíbené jsou cherry (koktejlová) rajčata. Ty mají znamenitou chuť a jsou trvanlivější. Nezralá zelená rajčata se k přímé konzumaci nedoporučují, ale používají se k nakládání [4, 7].

Rajčata rozdělujeme na odrůdy indeterminantní (tyčkové, vysoké) a na determinantní (keříčkové, nízké). Podle odrůd rajčat odlišujeme pěstování i využití rajčat [13, 14].

#### **Tyčkové odrůdy**

Tyčková rajčata se vyznačují rezistencí vůči praskání a rychlému měknutí plodů. Velmi dobře snášejí transport a taktéž jsou odolnější vůči houbovým chorobám. Tyto odrůdy se projevují bujným růstem hlavní osy. Postranní výhony vyrůstají z úžlabí listů. Hlavní výhon během vegetace narůstá do dvou metrů i více, musí se vyvazovat k opoře, aby rostlina nepoléhala. Tyčkovité odrůdy se nejčastěji pěstují na venkovních záhonech, ve sklenících.

Jsou určené pro sklizeň stolních plodů a mezi tyto odrůdy se řadí např. Bejbino F1, Romus, Vilma [4, 7].

### ***Keříčkové odrůdy***

Keříčkové odrůdy jsou na rozdíl od tyčkových více ohroženy chorobami plodů. Je kladen důraz především na rezistenci vůči praskání a pevnosti plodů. Taktéž se klade důraz na to, aby se plody při sklizni dobře oddělovaly od kalichu a měly vysoký obsah refraktometrické sušiny. Vyzarovat se tyto odrůdy nemusí a pěstují se nejčastěji na venkovních záhonech. Jsou určené především pro ruční sklizeň a přímý konzum, nebo pro průmyslové zpracování nebo mechanizovanou sklizeň. Mezi keříčkové odrůdy patří např. Darinka F1, Diana, Oranže, Pavlína [15, 16].



**Obrázek 2** Tyčková cherry rajčata [17]



**Obrázek 3** Rajče keříčkové Šejk [18]

#### ***2.1.2.1 GMO Rajčata***

Během posledních let byly více vyvinuty geneticky modifikované organismy. GMO rostliny se připravují za účelem zlepšení kvality plodin, výživových vlastností, rezistence a taktéž zvýšení produkce. První schválenou geneticky modifikovanou plodinou bylo v roce 1994 rajče FlavrSavr. Díky nízké produkci enzymu pektinázy, který je zodpovědný za měknutí plodů, se rajče FlavrSavr vyznačovalo výrazně delší trvanlivostí. Avšak prodej rajčete skončil o tři roky později. Existuje velké množství modifikací rajčete. Jednou z nich je transformace genu pláštěvého proteinu z viru tabákové mozaiky v rajčatech. Viry TMV a ToMV způsobují ztráty 25-30 %. CP geny zvyšují rezistenci na tyto viry. Další genetická modifikace byla použita k navýšení biosyntézy flavonoidů za účelem navýšení antioxidační

kapacity. Ačkoliv je rajče vynikající model pro transformace, není na seznamu schválených GMO [19-22].

### **2.1.3 Pěstování**

#### **2.1.3.1 Klimatické nároky**

Rajče vyžaduje relativně teplé počasí a hodně slunečního světla, v chladnějších oblastech se pěstuje hlavně ve sklenících. Pro pěstování rajčat jsou optimální teploty 20–28 °C, daří se jim i u nás ve všech oblastech, s výjimkou podhorských oblastí. Minimální teplota pro klíčení semen je 9 °C, pro růst rostlin 10 °C. Při teplotách nižších než 15 °C nebo vyšších než 30 °C dochází k poruchám ve vývoji a růstu květů. Červené barvivo lykopen se tvoří při teplotě vyšší než 16 °C jeho tvorba přestává při teplotě nad 35 °C. Tvorba lykopenu nezávisí na množství světla [3, 23].

#### **2.1.3.2 Požadavky na půdu**

Půda by měla být dobře zásobená živinami a organickými látkami. Pro pěstování rajčat jsou nejvhodnější půdy humózní, záhřevné, hlinitopísčité až písčitohlinité. Ideální pH půdy pro pěstování rajčat se pohybuje okolo 5,5–7. Nevhodné jsou zamokřené, těžké nebo extrémně lehké půdy. Teplota půdy při sazbě by se měla pohybovat v rozmezí 24–25 °C. Při dopěstování by měla být teplota během dne 18–21 °C, během noci 16–18 °C. Rajčata vyžadují taktéž dostatek vláhy, především rajčata tyčková, z důvodu menší rezistence hniloby a praskání plodů [7, 11, 24, 25].

#### **2.1.3.3 Technologie pěstování**

Před samotným pěstováním se musí připravit půda. Těžištěm podzimní přípravy půdy je hluboká orba a následně jarní příprava půdy se skládá z urovnání a prokypření povrchu. V osevním postupu se zařazují rajčata po sobě v čtyřletém odstupu. Nejvhodnější předplodiny jsou obiloviny, jeteloviny, případně ze zeleniny–košťáloviny a kořenoviny. Plodiny by se měly střídát, aby se zabránilo šíření chorob a škůdců [11, 24].

Keříčkových odrůdy pro přímý konzum se pěstují z předpěstované sadby a sklízí se ručně. Keříčková rajčata pro průmyslové zpracování se pěstují převážně z přímého výsevu. Vysévá se v době mezi 10. až 25. dubnem, kdy teplota půdy v hloubce 0,5 cm dosáhne 14 °C po dobu tří dnů. Sklizeň je mechanizována [7, 11, 24].

Tyčková rajčata se pěstují z předpěstované sadby. Sazenice se vysazují ve druhé polovině května. V závěru srpna se zakracuje hlavní výhon, aby zbývající plody dozrály. Tyčkové odrůdy se sklízí ručně [7, 11, 24, 25].

#### **2.1.3.4 Sklizeň a skladování**

S dobou sklizně souvisí tzv. technologická zralost, která představuje takový stav plodiny, který by měl vyhovovat požadavkům pro dané zpracování. Technologická zralost nemusí být totožná s konzumní a fyziologickou zralostí plodiny [26].

Sklizeň keříčkových odrůd rajčat je pro průmyslové zpracování mechanizovaná. Dochází k podřezávání rostliny a oddělení plodů na dopravníku, tzv. destruktivní sklizeň. Ke sklizni dochází v období srpen až září. Odrůdy určené k přímému konzumu se sklízí ručně dvakrát týdně v období červenec až září [6].

Metabolismus rajčat pokračuje i po oddělení od rostliny. Správné doba sklizně a skladování určují nutriční obsah plodů. Rajčata mají obvykle velmi krátkou životnost, která se pohybuje okolo 2-3 týdny. Odhadovaná ztráta způsobena krátkou životností v rozvojových zemích je v rozmezí 20-50 %. Pro prodloužení trvanlivosti ovoce a zeleniny je jejich respirační metabolismus zpomalen skladováním při nízké teplotě nebo skladováním v atmosféře s vysokým obsahem oxidu uhličitého. Při skladování pod 13 ° C dochází k ovlivnění rajčatové chuti [26-28].

### **2.1.3.5 Nemoci rajčat a škůdci**

Problém chorob rostlin je celosvětovým problémem související s bezpečností potravin. Nemoci rostlin způsobují značnou ekonomickou ztrátu v zemědělství. Tento problém souvisí se změnou klimatu např. se zvýšením hladiny CO<sub>2</sub>, zvýšením teploty, či změnami srážek. Tyto změny mohou vést ke změně struktury rostliny nebo mohou mít za následek stresu rostliny [29].

Rajčata jsou terčem více než 200 škůdců a chorob. Obvykle jsou nemoci léčeny pesticidy, které mají za následek několik dopadů, jako např: přispívají ke změně klimatu, rostlina je zranitelnější vůči jiným chorobám, taktéž jsou škodlivé pro lidi. Onemocnění rajčat mohou být virového, bakteriálního i plísňového charakteru [29].

#### **Škůdci**

Rajčata, ať jsou kdekoli pěstována, jsou hostiteli mnoha druhů hmyzu. Všechny části rostliny nabízejí hmyzu potravu a místo pro rozmnožování. Hmyz může poškodit rostlinu, kontaminovat a infikovat rostlinu nemocemi či způsobit úhyn rostliny. Mezi běžné škůdce rajčat patří motýli, červi, mouchy, molice a třásnokřídli. Z motýlů z čeledi lišajovitých napadají, konzumují 2 druhy larev *Manduca sexta* a *Manduca quinquemaculata*. Likvidace těchto housenek je jednoduchá, odstraní se z listů nebo se aplikuje insekticid. Dalším motýlem, který patří mezi tzv. minolovky, je *Tuta absoluta*. Tento druh způsobuje na rajčeti tzv. miny. Housenky těchto motýlů požírají listový parenchym. Při silném napadení může dojít ke snížení fotosyntetických schopností rostliny a snížit tak její vitalitu a produkci. Oproti tomu molice, které se živí plody a listy rajčat, nesou nemoci jako je TYLCV. Kládou vajíčka na spodní stranu listu. Molice způsobují poruchy dozrávání plodů [29, 30].

#### **Virová onemocnění**

Rajčata jsou hostitelem mnoha virových onemocnění, která ovlivňují produkci a výrobu. Běžně vyskytující se viry rajčat jako jsou virus tabákové mozaiky, virus mozaiky rajčat a virus mozaiky okurek, virus mozaiky Pepino, virus nekrózy apexu rajčat, virus žlutého zvlnění rajčete, virus rajčatové skvrnitosti [29, 30].

Jeden z nejběžnějších virů, které ovlivňují rajčata je CMV. Tento vir se šíří mšicemi. Typickým příznakem CMV jsou zúžené listy a zkroucené (připomínající kuželovité útvary). Plody často nedosahují své plné velikosti [29, 30].

Rostliny vykazující známky viru TMV a ToMV mohou vypadat zakrněle. Příznaky u TMV a ToMV se objevují asi deset dní po infekci, mezi ně patří skvrnitosti listů, okraje listů jsou drsnější a krouží se dolů, mají zažloutlý vzhled nebo mozaikové vzory mezi listovými žilkami, nerovnoměrné zrání plodů, mohou se na povrchu plodu vytvářet hnědé skvrny

a v některých případech i smrt rostliny. Snadno se přenáší z rostliny na rostlinu, mohou přenášet i lidé, při manipulaci s rostlinami [29, 30].

Virus TSWV se šíří trásněnkami. Onemocnění se projevují tmavými skvrnami na listech, stoncích. Na zralých plodech se vytváří červené, oranžové nebo žluté skvrny [29, 30].



**Obrázek 4** TMV u rajčat [31]



**Obrázek 5** TSWV u rajčat [31]

### ***Ostatní onemocnění***

Mezi základní listová onemocnění rajčat patří bakteriální skvrna (*Pseudomonas syringae* pv.) Bakteriální skvrna je onemocnění listů, které může také ovlivnit plod. Na listech je identifikována nepatrnými tmavými skvrnami, na plodech se projevuje tmavými skvrnami, což může učinit plody nechutnými, neprodejnými. Další listovou chorobou je šedá listová skvrna (*Stemphylium solani*, *S. lycopersici*). Na listech se vytváří tmavě zbarvené skvrny. Výsledkem je pokles listů a snížená produktivita. Běžnou listovou nemocí je také plíseň raná (*Alternaria tomatophila* a *A. solani*). Častějším místem infekce touto plísní bývají starší a náchylnější spodní listy. Na listech se vytvářejí malé, tmavé, nepravidelně tvarované skvrny, které se seskupují do větších skvrn. Nemoc může způsobit úhyn listů a snížené výnosy [29, 30].

Další skupinou onemocnění rajčat jsou onemocnění způsobená přenosem půdou. K chorobám přenášeným půdou dochází většinou na místech, kde se rajčata pěstují opakovaně. Infekce vede ke snížení transportu vody a živin z kořenů do jiných částí rostliny. Nejčastější nemocí spsající do této skupiny je bakteriální vadnutí (*Ralstonia solanacearum*) na rajčatech. Počátečním příznakem je vadnutí listů, což může vést k extrémnímu vadnutí a vysychání, které vede k odumírání rostlin. V chladných výstavbách převládá korková hniloba (*Pyrenochaeta lycopersici*). Kořeny infikovaných rostlin získávají korkovou strukturu, menší kořeny hnijí a rozpadají se. Onemocnění, respektive vadnutí

způsobené *Fusariem* (*Fusarium oxysporum* f. *Sp.Lycopersici*) narušuje tok živin a vody v cévním systému rostliny, což vede k zažloutnutí a eventuálně opadávání listů [29, 30].

Mimo jiné existují i choroby přenášené osivy. Mezi ně patří bakteriální rakovina (*Clavibacter michiganensis* subs. *Michiganensis*), která je běžným a ničivým onemocněním pro pěstitele skleníků. U infikovaných sazenic se objevují bílé skvrny na listech, které jsou zvadlé, což často vede k odumření rostlin. Další nemocí, která spadá do této skupiny je bakteriální skvrna (*Xanthomonas* spp.) Znamky bakteriální listové skvrny rajčete začínají jako malé nepravidelné hnědé skvrny, následně listy zežloutnou [29, 30].



**Obrázek 6** Bakt. skvrna na listu rajčete [31]



**Obrázek 7** Listy se skvrnami bakt. rakoviny [31]

#### 2.1.4 Chemické složení rajčat

Rajčata jsou bohatá na širokou škálu důležitých živin, které mají řadu přínosů pro zdraví člověka. Z látkového složení převládá voda, která umožňuje spontánní reakce ostatních složek. Celkový obsah vody se u rajčat pohybuje okolo 93 %. Obsah vody je závislý na vegetačních podmínkách, na odrůdě a stáří plodu. Ostatní složky tvoří tzv. sušinu. Obsah sušiny v rajčatech se pohybuje okolo 5-6 %. Největší část sušiny tvoří cukry a organické kyseliny. Mezi další složky patří bílkoviny, lipidy a vláknina, jejíž obsah se pohybuje okolo 1,1 %. Rajčata jsou bohatým zdrojem vitamínu C a draslíku a také obsahují velké množství antioxidantů [14, 32-34].



#### 2.1.4.1 Sacharidy

Obsah cukru spolu s aromatickými kyselinami jsou hlavními faktory ovlivňující chuť rajčete. Plody rajčat obsahují hlavně glukózu, přibližně 60 %, fruktóza 30 % a disacharid sacharóza 10 %. Obsah cukru je závislý na vývojovém stádiu a zralosti plodu. Během zrání se celkové množství cukrů zvyšuje na přibližně 4 %, přičemž glukóza převládá v nezralých plodech, zatímco červené, plně zralé plody obsahují obvykle o něco více fruktózy než glukóza. S dalším zvyšování zralosti obsah cukru opět klesá. V sušině se obsah cukrů pohybuje v průměru 1-6 %. V malém množství můžeme najít v rajčeti i škrob. V nezralých plodech se vyskytuje ve větší míře celulóza, při dozrávání její množství klesá. V plodech může vznikat kalóza ( $\beta$ -1, 3 - glukán), která přispívá k mazlavé konzistenci protlaků. Výskyt pektinových látek (2 %) je příčinou tvrdosti nezralých plodů [4, 34, 35].

#### 2.1.4.2 Vitamíny

Rajčata vynikají vysokým obsahem vitamínu E, který je silným antioxidantem rozpustným v tucích. Je to nejhojnější vitamín v rajčatech, přispívá k udržení optimální rychlosti fotosyntézy při vysoké úrovni stresu. Uvádí se obsah vitamínu E okolo 0,17-0,62 mg/100 g čerstvých rajčat. Další hojně zastoupené vitamíny jsou kyseliny pantothenová a kyseliny nikotinová. Plod disponuje také vysokým obsahem vitamínu C a provitamínu A. Obsah vitamínu C je ve slupce třikrát vyšší než v dužině a šťávě. Množství kyseliny askorbové se liší od odrůdy, přičemž plané formy zpravidla mají vyšší obsah. Množství vitamínu C v rajčeti se pohybuje mezi 8-16,3 mg/ 100 g čerstvých rajčat [34, 37, 38].

#### 2.1.4.3 Makro a mikro prvky

Z makro prvků převládají v rajčatech sloučeniny draslíku, sodíku a hořčíku. V poměrně nízkém obsahu se vyskytuje v rajčeti i vápník. Rajčata obsahují také hodně železa (84 mg/100 g rajč.), kobaltu, zinku a fosforu. Přítomny jsou rovněž sloučeniny vanadu, manganu a mědi. Množství jódu v rajčatech je nižší než např. v mrkvi a bramborách. Obsah některých majoritních makro a mikro prvků je uveden v Tabulce č.1.[13, 36, 39].

**Tabulka 1:** Obsah majoritních makro a mikro prvků v rajčeti [39]

	Obsah [mg.kg <sup>-1</sup> ]
Na	30–60
K	2 900
Cl	500–600
Mg	110–180
Ca	60–140
P	210–260
S	110–140

#### 2.1.4.4 Organické kyseliny

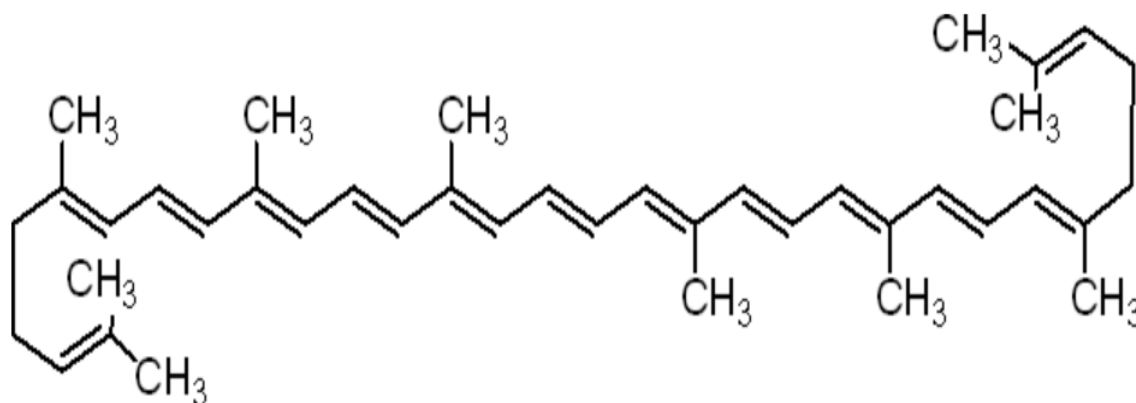
Obsah veškerých kyselin v rajčeti se pohybuje okolo 0,3 - 0,5 %. Kyseliny způsobují kyselost plodů, přičemž pH dužniny plodů se pohybuje kolem 4,3. Obsah organických kyselin se během zrání plodů zvyšuje. Z organických kyselin je ve zralých rajčatech dominantní kyselina citronová, přibližně 60 % všech kyselin. V nezralých plodech je větší obsah kyseliny jablečné. Obsah kyseliny citronové klesá s přezráváním plodů, obsah kyseliny jablečné zůstává relativně konstantní. V plodech se vyskytuje i kyselina vinná a v menším množství lze u rajčat nalézt těkavou kyselinu mravenčí. Přezrálé plody obsahují mimo jiné i malé množství kyseliny jantarové [9, 35, 36].

#### 2.1.4.5 Aromatické látky

Bylo identifikováno více než 400 různých aromatických sloučenin, avšak jen malý podíl těchto sloučenin přímo přispívá k charakteristické vůni. Typické aroma čerstvě zralých rajčat je způsobeno sloučeninou 2-isobutyl-thiazol, který je také nositelem typického aroma celé rostliny. Dalšími důležitými složkami aroma jsou např. hexanal, 3-methylbutanal, methional a furaneol. Vliv na aroma tepelně zpracovaných rajčat má především přítomnost kyseliny isovalerové, eugenolu, 3-methylbutanal. Aroma protlaků je ovlivněno některými produkty Maillardovy reakce, např. 2-acetylpyrrolu, 2-formylpyrrolu [39].

#### 2.1.4.6 Karotenoidy

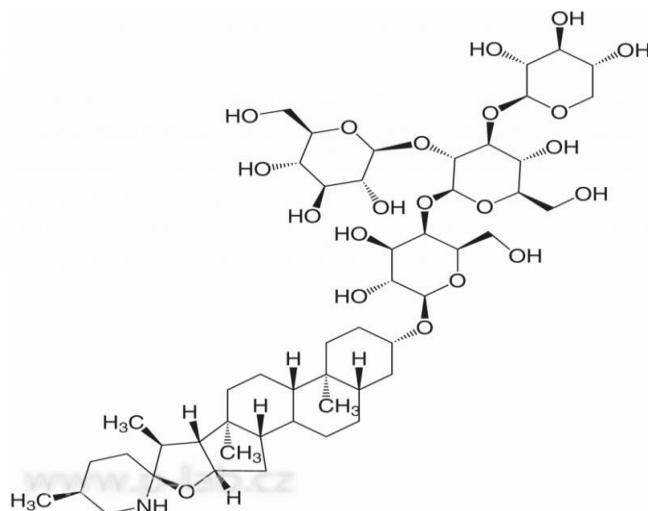
Karotenoidy jsou tetraaterpeny patřící k pigmentům rozpustným v tucích. Zahrnují karotenoidy provitaminu A ( $\beta$ -karoten,  $\beta$ -kryptoxanthin) a karotenoidy bez provitaminu A (lutein a lykopen). Karotenoidy působí jako antioxidanty, prekurzory hormonů a jsou součástí všech fotosyntetických aparátů v rostlinách a chrání rostlinu před vnějšími vlivy. V přírodě bylo identifikováno více než 600 karotenoidů z nichž asi 40 je přítomných v lidské stravě. Barevnost zralých plodů rajčete je způsobena právě obsahem lykopenu, karotenu a také xantofylu. Zatímco v červených plodech je větší množství lykopenu, ve žlutých a oranžových plodech je větší množství  $\beta$ -karotenu [7, 34,37,38].



Obrázek 8 Lykopen [40]

### 2.1.4.7 Glykoalkaloidy

Rajčata akumulují řadu sekundárních metabolitů včetně fytoalexinů, fenolových sloučenin a glykoalkaloidů. Tyto metabolity chrání rostlinu před účinky predátorů, včetně bakterií, hub a hmyzu. Glykoalkaloidy, v rajčeti hlavně tomatin, jsou obsaženy v různých částech, především ve slupce, semenech a v nezralých plodech. Ve větších dávkách může být pro náš organismus toxický. V nezralých plodech bývá tomatinu i několik set miligramů na 100 g. Při skladování a při dozrávání plodů se obsah tomatinu snižuje. Ve zralých plodech nemá koncentrace glykoalkaloidů hodnoty, které by mohly být zdravotně závadné, tj. 1,4–3,4 mg/100 g rajč.) [36, 41, 42].



Obrázek 8 Tomatin [43]

### 2.1.4.8 Dusičnany a dusitany

V posledních letech roste zájem o stanovení hladin dusičnanů v potravinách, hlavně kvůli možné redukci dusičnanů na dusitany, které mají nepříznivé účinky na zdraví zvířat a lidí. Koncentrace dusičnanů se bude lišit v závislosti na teplotě, slunečním světle, na složení půdy a na typu a množství použitých hnojiv. V roce 2002 byl pro dusičnany stanoven ADI 0-3,7 mg /kg lidské hmotnosti a pro dusitany 0-0,07 mg/kg lidské hmotnosti. Rajče a mimo jiné i růžičková kapusta a cibule, se řadí mezi zeleninu s nízkým obsahem dusičnanů (pod 250 mg/kg) [44, 45].

## **2.2 Rajčatový kečup**

### **2.2.1 Charakteristika kečupu**

Kečup je dvakrát až čtyřikrát zahuštěný rajčatový protlak. V potravinářském průmyslu se nevyrábí z čerstvých rajčat. Rajčatový kečup se připravuje na koncentraci refraktometrické sušiny minimálně 12 % [26, 46, 47].

### **2.2.2 Historie**

Kečup byl původně pikantní směsí z rybího nálevu, bylin a koření. V 17. století tuto omáčku ochutnali angličtí námořníci v Singapuru a Malajsii. Po návratu do Anglie se snažili omáčku okopírovat, ale díky absenci exotických surovin si museli vystačit s omáčkou z vlašských ořechů, hub a okurek. Při další plavbě britští námořníci objevili rajčata v Mexiku a ta se vzápětí na to stala součástí kečupu, který známe dnes. Kečup se stal velice populární v Anglii a recepty prvních kečupů se poprvé objevily v kuchařce roku 1748. Do USA se poté kečup dostal z Anglie. V Americe se kečup vařil s hroznou, s bobulemi, s humrem, s octem a s kořením, obvykle bez cukru. Domácí výroba kečupu měla trvání až do roku 1876, kdy H. J. Heinz přišel na trh s balenými kečupy [48].

### **2.2.3 Význam kečupu ve výživě**

Kečup řadíme mezi pochutiny, které mají pro náš jídelníček jen malou nutriční hodnotu a neobsahují obvykle větší množství potřebných živin. Význam tohoto ochucovačla je spíše sensorický, zvýrazňuje chuť, vůni a barvu pokrmu. Obsahuje významné množství vitamínu C a lykopenu. Využitelnost lykopenu z kečupu se udává pětikrát i vyšší než ze syrových rajčat. Je to způsobeno uvolněním lykopenů z chromoplastů při popraskání buněk, částečnou izomerací a oslabením vazby na bílkoviny. Lykopen působí příznivě v prevenci rakoviny tlustého střeva, konečníku, děložního čípku a prostaty [49-51].

### **2.2.4 Legislativa**

Kromě rajčat jsou během zpracování povoleny také přísady, sůl, koření, aromatické byliny, jejich přírodní výtažky, citronová šťáva a voda. V rámci Evropské unie jsou přísně regulovány přísady, které mohou být obsaženy. Patří mezi ně maximum množství regulátorů kyselosti a soli, které může konečný produkt obsahovat. Kromě zákazu barviv musí být na etiketě uvedeny všechny přísady použité při výrobě a balení produktu [47].

### **2.2.5 Jakostní požadavky**

#### **2.2.5.1 Fyzikální a chemické požadavky na jakost**

Kečupy můžeme rozdělit podle obsahu sušiny do dvou kategorií na kečupy obsahující nejméně 25 % sušiny stanovené refraktometricky, přičemž nejméně 7 % musí činit refraktometrická sušina vnesená rajčatovou surovinou. Druhou skupinou jsou kečupy s označením Prima, Extra a Speciál s refraktometrickou sušinou nejméně 30 %, přičemž nejméně 10 % musí činit refraktometrická sušina vnesená rajčatovou surovinou [47].

**Tabulka 2:** Fyzikální a chemické požadavky na kečupy [47]

	<b>Kečupy</b>	<b>Kečupy Prima, Extra, Speciál</b>
<b>Refraktometrická sušina [%]</b>	nejméně 25	nejméně 30
<b>Sušina vnesená rajčatovou surovinou [%]</b>	nejméně 7	nejméně 10
<b>Veškeré kyseliny stanovené jako kyselina octová [%]</b>	nejvýše 2,2	nejvýše 2,2
<b>Obsah soli [%]</b>	nejvýše 3,5	nejvýše 3,5

### **2.2.5.2 Smyslové požadavky na jakost**

Konzistence kečupů je řídce kašovitá až kašovitá, homogenní, jemná, případně s hrubšími částicemi přísad (zeleniny). Kečupy nesmí obsahovat zbytky slupek, semen a jiných částí rajčat. Také nesmí obsahovat černé částice s výjimkou tmavých částic pocházejících z koření [47].

### **2.2.6 Falšování kečupu**

Navzdory platným předpisům se stále více kečupy falšují, obvykle kvůli snížení výrobních nákladů a zvýšenému zisku. Během výroby rajčatových výrobků dochází také k přidání další vody a dalších levnějších látek. Snižuje se podíl rajčat a přidávají se zahušťovadla (modifikované škroby). Pro atraktivnější barvu se přidávají další barevné složky (např. červená řepa, paprika) nebo syntetická toxická barviva. Dalšími možnými přidávanými látkami jsou cukry, ochucovadla a regulátory kyselosti [52, 53].

## **2.3 Technologie výroby kečupu**

### **2.3.1 Suroviny na výrobu kečupu**

Kečup je sladká nebo ostrá omáčka, která se obvykle vyrábí v průmyslu z rajčatového protlaku, cukru, octu, koření a popřípadě se přidávají různá aditiva (např.: modifikované škroby) [46].

#### **2.3.1.1 Voda**

V potravinářském průmyslu jsou kladeny, zejména z hlediska mikrobiologického, vysoké požadavky na kvalitu vody. Při výrobě kečupu se voda přidává za účelem naředění rajčatového protlaku. Požadavky na jakost pitné vody jsou dány zákonem č. 258/2000 Sb. - o ochraně veřejného zdraví a související předpisy - č. 70/2018 Sb. Tato vyhláška stanovuje hygienické limity fyzikálních, mikrobiologických, biologických, chemických a organoleptických ukazatelů jakosti pitné vody, pitné balené vody a teplé vody dodávané potrubím užitkové vody nebo vnitřním vodovodem. Pitná a teplá voda musí mít takové

fyzikálně-chemické vlastnosti a nesmí obsahovat mikroorganismy, parazity a látky jakéhokoliv druhu v počtu nebo koncentraci, které by mohly ohrozit veřejné zdraví. Vyhláška také stanovuje rozsah a četnost kontrol a požadavky na metody kontroly jakosti pitné vody [54].

### **2.3.1.2 Cukr**

Jako další přísada do kečupu se přidává cukr v pevné formě nebo tekutý cukr. Vyhláškou č. 148/2015 Sb. jsou stanovené jakostní požadavky na přírodní sladidla a také je definovaný glukózo-fruktózový sirup, který je často místo cukru přidávám do kečupů [55].

### **2.3.1.3 Sůl**

V praxi má největší význam chlorid sodný-kuchyňská sůl. V každé potravíně se přirozeně vyskytuje v menších i větších množstvích nebo se dává jako aditivum. Do potravin se přidává za účelem dosažení žádoucích organoleptických vlastností výrobků. Taktéž se používá jako konzervant, dochází ke snížení aktivity vody pod úroveň růstu nežádoucích mikroorganismů. Legislativně je upraveno množství soli, které může obsahovat kečup. Množství klasické soli by neměla překračovat hodnotu 3,5 %. Většinou se k výrobě kečupů používá sůl s přídavkem jódu [45, 47].

### **2.3.1.4 Ocet**

Ocet se v potravinářství používá jako okyselující prostředek, hlavně jako konzervant. Ocet je zředěná kyselina octová, která se získává fermentací ethanolu na kyselinu octovou působením octových bakterií. Veškeré kyseliny v kečupech stanovené jako kyselina octová jsou dané legislativně maximálně 2,2 % [47, 56, 57].

### **2.3.1.5 Koření**

Koření nemá prakticky žádnou výživovou hodnotu a jeho význam ve výživě spočívá ve zlepšení organoleptických vlastností. Podporuje vylučování trávicích šťáv a zvyšuje chuť k jídlu. Při výrobě kečupů se z koření používá nejčastěji: pepř, chilli, oregano, bazalka, nové koření, tymián, bobkový list a koření směsí, záleží na typu výrobku [51].

## **2.3.2 Aditiva**

### **2.3.2.1 Zahušťovadla**

Druh a množství zahušťovacích látek ovlivňují reologické a senzorické vlastnosti kečupu. Nejčastěji používanými zahušťovadly jsou polysacharidové hydrokoloidy, mezi které patří guarová guma, xanthan, pektiny a alginát sodný. Guarové a xanthanové gummy a jejich směsi se považují za nejúspěšnější při snižování sérové separace rajčatových kečupů. Dalšími zahušťovacími látkami používanými při výrobě kečupu jsou modifikované škroby, sójový protein a ovesné hydrolyzáty ve směsi s polysacharidovými hydrokoloidy [45].

Škroby jsou významnou přirozenou součástí mnoha potravinářských komodit, kde významně ovlivňují či texturu a funkční vlastnosti. U některých výrobků se nativní a modifikované škroby používají jako aditivní látky. Škrob ve své přirozené formě však vykazuje nízkou reologickou stabilitu a nízkou odolnost vůči mechanickým, tepelným

a chemickým účinkům. Aby se zlepšili některé vlastnosti nativního škrobu, může být modifikován chemickými, fyzikálními a enzymatickými metodami. Výsledné modifikované škroby se používají jako zahušťovadla, plnidla, želírující látky, poutače vody, náhrady tuků, stabilizátory pěn či emulzí. Dražší kečupy by zahušťovadla obsahovat neměly, zatímco levnější kečupy obsahují nejčastěji škrob, který nahrazuje rajčatový protlak. Pro výrobu kečupů se používají k zahuštění také zesíťované škroby, adipáty. Z adipátů se nejčastěji se jako zahušťovadlo do kečupů používá acetát zesíťovaného adipátu škrobu (E 1422) [45, 56, 57].

### **2.3.2.2 Konzervanty**

Konzervanty jsou látky, které se do potravin přidávají za účelem prodloužení trvanlivosti potravin a chrání produkt proti růstu a činnosti mikroorganismů. Mezi přírodní konzervanty patří již zmíněná kuchyňská sůl a ocet. Do kečupů se za účelem prodloužení trvanlivosti přidávají i uměle vyrobené konzervanty, mezi které patří např. kyselina sorbová, kyselina benzoová, siřičitany, dusitany a dusičnany [57-59].

Jedno z nejpoužívanějších konzervačních činidel je kyselina sorbová (E 200). Považuje se za nejméně škodlivý konzervant, jelikož se v lidském těle dobře metabolizuje. Je účinná proti růstu plísní a kvasinek, ale i některým bakteriím. Jelikož je špatně rozpustná ve vodě, častěji se používají její soli tzv. sorbany. Jako konzervant se přidává do kečupů, ale i do majonéz, marmelád a vín [57].

Další často používaný konzervant při výrobě kečupů je kyselina benzoová (E 210). Stejně jako kyselina sorbová se pro potravinářské účely používá syntetická kyseliny. Působí zejména proti kvasinkám a bakteriím v kyselém prostředí, částečně je účinná i proti plísním. Jako konzervanty se používají i soli kyseliny benzoové, tzv. benzoany [57].

### **2.3.2.3 Regulátory kyselosti**

Mezi regulátory kyselosti patří organické a anorganické kyseliny a látky, ze kterých kyseliny vznikají působením tepla a vody. Dodávají potravinám kyselou chuť, zvyšují kyselost potravin, a zároveň produkt konzervují [57].

Mimo kyselinu octovou (E 260) se jako ochucující a okyselující prostředek do kečupů přidává i kyselina citrónová (E 330). Průmyslově se kyselina citrónová získává z citrónové šťávy nebo kvašením melasy. Zabraňuje růstu bakterií, kvasinek a plísní [57].

### **2.3.2.4 Sladidla**

Sladidla jsou aditivní látky, které potravinám udělují sladkou chuť. Můžeme je rozdělit na kalorická (cukerné alkoholy: mannitol, xylitol, sorbitol) a nízkokalorická (sacharin, aspartam, acesulfam K) [57].

Aspartam (E 951) je aditivum, které se přidává do kečupu, mimo jiné se přidává do ochucených nápojů, dezertů, cukrovinek. Toto sladidlo je 100–200krát sladší než cukr a jeho nevýhodou je, že zvyšuje chuť k jídlu [57].

Dalšími sladkými aditivy jsou sacharin (E 954) a sukralóza (E 955). Sacharin je 200–700krát sladší než cukr a sukralóza 500–600krát sladší než sacharóza. Výhodou je, že jsou oba stabilní ve vysoce kyselých podmínkách, taktéž jsou stabilní během

vaření a pečení. Nevýhodou sacharinu je jeho slabá nahořklá, kovová pachut', která lze zmírnit kombinací s jinými sladidly. [57, 59, 60].

Steviol-glykosidy (E 960) je sladidlo, které se získává izolací z lístků stévie sladké. Je 200-300krát sladší než sacharóza a taktéž může být do kečup přidán jako aditivum na úpravu sladké chuti [61].

### **2.3.3 Proces výroby kečupu**

#### **2.3.3.1 Předběžné technologické operace**

Předběžné technologické operace začínají už sklizní. Rajčata se do doby zpracování musí správně uchovávat. Rajčata by měla být skladována v přepravech maximálně 48 hodin nebo volně ložená maximálně 24 hodin. Před samotnou výrobou kečupu se musí plody přečistit. Je potřeba odstranit kontaminanty na úroveň vhodnou pro další zpracování. Mezi hlavní kontaminanty patří nepoživatelné části rostlin, nepoživatelné živočišné produkty, chemikálie, kovy a minerální látky. [26, 62]

Existují dva typy čištění, tj. suché a mokré čištění. Suché čištění se pro rajčata využívá jen zřídka, zatímco mokré čištění je mnohem účinnější. Avšak nevýhodou mokrého čištění je nadměrná produkce odpadních vod. Mokré čištění, tzv. praní, probíhá ve třech fázích (předmáčení, samotné praní a opláchnutí pitnou vodou). Praní začíná plavením, kdy se nejdříve využívá užitková čistá voda. Následně pokračují rajčata ve vzduchových či sprchových pračkách. Po praní se suroviny třídí podle sledovaného parametru, dle jakosti, barvy a podle zralosti. Po třídění dochází k odstranění nepoživatelných částí. [26, 62].

#### **2.3.3.2 Výroba rajčatového protlaku**

Protlak se vyrábí z rajčat, která mají intenzivní zbarvení a lahodnou chuť. Plody by měly být stejnoměrně vyzrálé, odolné k pukání a způsobilé k transportu. Obsah sušiny by měl být, co největší. Rajčata jsou do závodů transportována volně ložená, poté se ukládají do plavicích žlabů naplněných studenou vodou, kde je možné plody skladovat až 24 hodin [62].

#### ***Drcení a pasírování***

Po vytržení se rajčata drtí v drtičkách, mačkadlech, popřípadě se používají sekačky. Je potřeba rozmělnit dužninu i slupky. Někdy se rajčata prvně spaří a až pak se nadrtí nebo je možné spařit až přímo rajčatovou drť. V některých případech je lepší odstranit semena před zahřátím, kvůli možné extrakci tuků do konečného výrobku. Semínka se odstraní v odsemeňovači [46, 62].

#### ***Předehřátí a protírání drtě***

Následně se rajčatová drť prohřeje zhruba na 90 °C na 1 minutu, získáme tzv. hot-break. Druhou variantou je cold-break protlak, který se vyrábí zejména ve Spojených státech. Protlak se drtí při 20-30 °C a nechá se při nízké teplotě stát několik hodin. Cold-break protlak je světlejší a řidší. Při prohřátí u první varianty dojde k inaktivaci enzymů, zejména pektolytických. Jelikož se požaduje homogenní, jemný protlak bez slupek, musí se prohřátá drť protírat. Protírání se provádí na soustavě dvou až tří pasírek. Otvory pasírek mají takové průměr, aby velikost částic klesla pod 0,4 mm [46, 62].

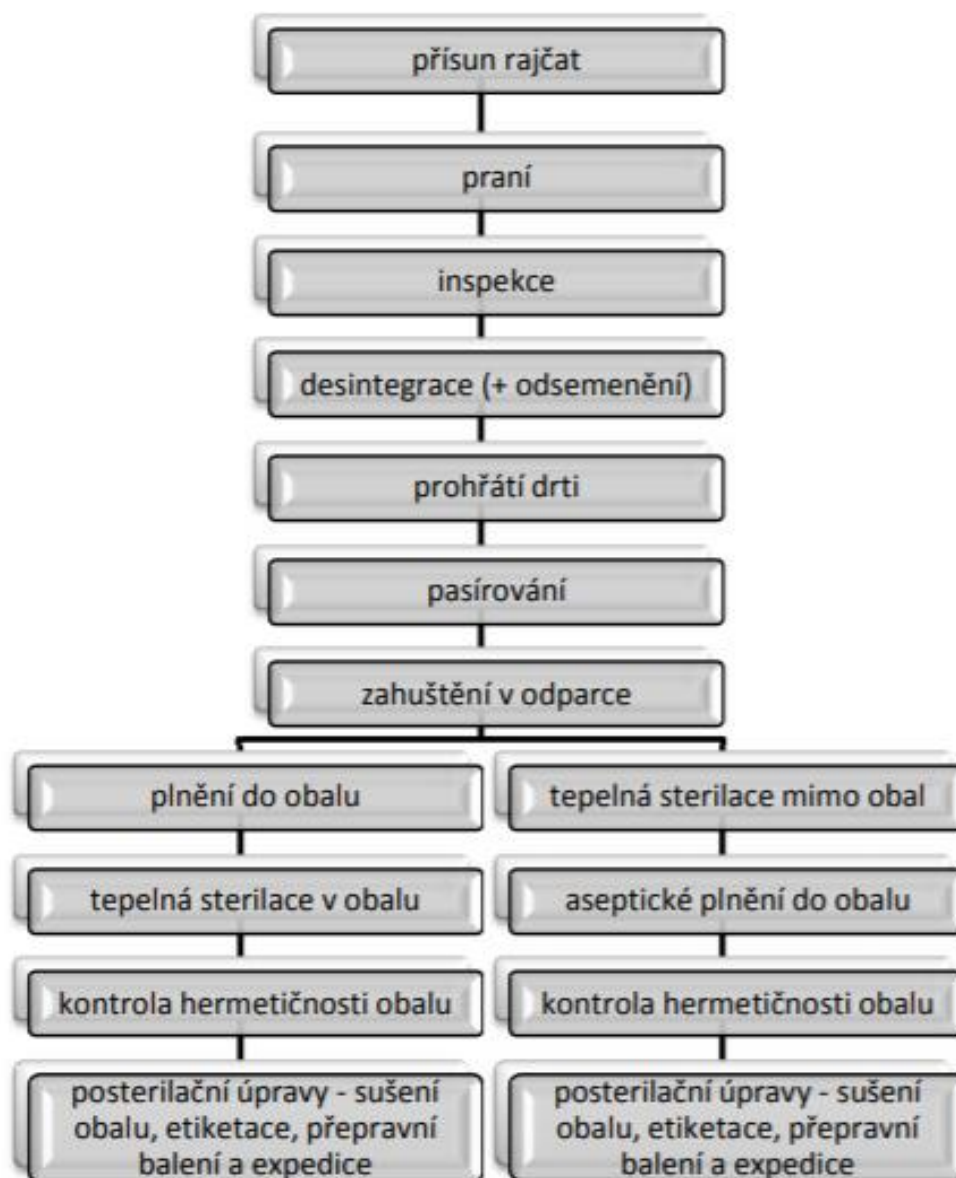


### **Zahuštění protlaku**

V další fázi dochází k odpařování ve vícečlenných odparkách v rozmezí teplot 45–90 °C. Běžně se využívají dvou až tříčlenné odparky. Protlak je zahuštěn na výslednou koncentraci refraktometrické sušiny 28 %. [62].

### **Konzervace protlaku**

Chemická konzervace se provádí výjimečně. Zahuštěný protlak se spíše konzervuje tepelnou sterilací podle zásad pro sterilaci kyselých potravin. Protlak se může do obalů naplnit předem a kontinuálně se vysterilovat v obalech. Druhou možností je sterilace protlaku v tepelném výměníku mimo obal [46, 62].



**Obrázek 9** Postup výroby protlaku [46]

### 2.3.3.3 Výroba kečupu

Kečup je cca dvakrát zahuštěná dřevina z rajčat. Rajčatový protlak se smíchá s vodou a ostatními přísadami, kterými se upravuje chuť. Kromě základních surovin se přidávají do kečupu i stabilizátory, které brání rozdělování pevného a kapalného podílu a upravují konzistenci kečupu. Po smíchání všech ingrediencí podle receptury dochází ke kontinuální sterilaci. Sterilizace se provádí jak v obale tak i mimo něj. V případě použití obalů, které neumožňují termosterilizaci, se konzervují kečupy chemicky a to přidáním kyseliny sorbové nebo kyseliny benzoové [26, 46, 62].

### 2.3.4 Využití odpadu z výroby kečupu

Potravinářský průmysl produkuje enormní množství odpadu a vedlejších produktů, které tvoří druhý největší původ odpadu po odpadních vodách z domácností. Produkce odpadu se neustále zvyšuje s rostoucí industrializací a urbanizací. Odpady z ovoce a zelenin nebo respektive vedlejší produkty získané z průmyslu obsahují hlavně slupky, semena a výlisky. Jedná se o vynikající zdroje pro složky, jako jsou bílkoviny, peptidy, polysacharidy, vláknina či polyfenoly, antioxidanty a antimikrobiální sloučeniny včetně přírodních pigmentů [63].

Odpad z výroby rajčatového protlaku lze dále využít jako extrakt, který se přidává k rajčatové masě, která je určena na zahušťování. Jako vedlejší produkt nám zůstávají i semena, ze kterých je možné získat olej. Při pasírování nám taktéž vzniká odpad, který představuje 4-6 % suroviny. Množství odpadu závisí na odrůdě, stupni rozvážení a nastavení pasírek. Odpad je dále možno využít jako krmivo nebo hnojivo. Jelikož jsou slupky bohaté na přírodní pigmenty, lze ze slupek tyto barviva extrahovat [64].

### 2.3.5 Mikrobiální kontaminace

K mikrobiální kontaminaci může dojít jak při samotném pěstování rajčat, při výrobním procesu, tak i v hotovém produktu. Primárním cílem producentů rajčat a rajčatových výrobků by mělo být dodržování GAP, GHP a GMP [65].

Vliv na činnost mikroorganismů má vnější prostředí. Nejdůležitějšími faktory vnějšího prostředí jsou teplota, vodní aktivita, oxidoredukční potenciál, výživa mikroorganismů. Růst a biochemickou činnost ovlivňuje hodnota pH prostředí [64].

Rajčatový kečup je považován za velmi stabilní produkt. Může za to nízké pH, které se pohybuje okolo 3,8 až 4,0, a tepelná sterilace směsi během výroby. V kyselých potravinách (pH pod 4), které jsou zkažené, se mohou vyskytovat bakterie, které tvoří spory (bakterie mléčného kvašení), kvasinky (*Saccharomyces spp.*, *Candida spp.*) nebo plísně (*Byssoschlamus fulva*). *Bacillus coagulans* a *Clostridium pasterianum* mohou také znehodnocovat kyselé potraviny, ale jejich růst při takto nízkém pH je zpomalen [66-68].

Kečupy, které jsou vyrobené za studena, mohou podléhat kažení vlivem působení bakterií mléčného kvašení (*Lactobacillus*, *Leuconostoc*), bakterií octového kvašení (*Acetobacter*, *Gluconobacter*). Na povrchu se může taktéž vyskytnout povlak plísně a kvasinek.

Pomnožení octových a mléčných bakterií může způsobit bombáž výrobků v plastových obalech. Jestliže jsou obaly propustné pro plyny, bombáž po určitém čase zanikne. Ačkoliv produkt zůstane sensoricky nezměněný, není zdravotně škodlivý, ale není hygienicky bezchybný [66, 67].

Na kažení kečupů, které jsou vyrobené a plněné za horka, se podílí *Bacillus coagulans* a *Bacillus stearothermophilus*, které způsobí mírné zkysnutí produktu. Vlivem teplot nad 40 °C při skladování může dojít k sensorickým změnám vůně a chuti vlivem působení *Alicyclobacillus acidoterrestris*. Ačkoliv se patogenní a toxinogenní bakterie v silně kyselých výrobcích nevyskytují, *Clostridium botulinum* se v plesnivých výrobcích může vyskytnout [66, 67].

### 2.3.6 Balení kečupu

Hlavními funkcemi obalů potravin je ochrana výrobku před nepříznivými vlivy okolí, úloha komunikační a informační a taktéž vytvoření racionální manipulační jednotky. Obal je nositelem důležitých informací pro spotřebitele, působí na něho esteticky a má tak význam na uplatnění výrobku na trhu. Obaly a etikety musí plnit závazné zásady označování potravin a specifikovat povinné údaje formulované zákonem č. 110/1997 Sb.. Informace na obale kečupu nesmějí uvádět spotřebitele v omyl. Informace musí být čitelné, přesné a srozumitelné pro spotřebitele. Údaje musí být uvedené na obalu na viditelném místě. Mezi povinné údaje na balených potravinách patří název potraviny, seznam složek, alergenní složky, množství určitých složek, čisté množství potraviny, datum minimální trvanlivosti, země původu, zvláštní podmínky uchování nebo použití, jméno nebo obchodní název a adresu provozovatele, zemi původu, návod k použití, skutečný obsah alkoholu, výživové hodnoty a třídu jakosti [39, 68, 69].

Na etiketě kečupů musí být uveden způsob zpracování (např. konzervované sterilací), datum minimální trvanlivosti (obvykle rok a měsíc), množství použitých rajčat, zařazení do skupiny (zeleninové protlaky) a podmínky skladování. Aditiva musí být taktéž uváděné na obale, ať už názvem nebo kódem. V případě použití modifikovaných škrobů, stačí napsat pouze slova „modifikovaný škrob“. Jestliže je do kečupu přidán aspartam, musí být na etiketě upozornění pro osoby trpící fenylketonurií slovy „obsahuje zdroj fenylalaninu“ [69].

Pro kečup je nejtypičtějším obalem skleněná či červená plastová láhev, ačkoliv dnes už můžeme vidět i jiné obaly například plechovky či sáčky [68].

#### 2.3.6.1 Skleněné obaly

Sklenice jsou v běžné praxi velmi rozšířeny hlavně díky jednoduššímu uzavírání. Výhodou skleněných obalů je průhlednost, opakované použití, dostupnost surovin, recyklovatelnost, odolnost vůči vysokým teplotám a vysoká chemická odolnost skla. Nevýhodou je větší hmotnost a křehkost, horší tepelná vodivost a nižší odolnost vůči teplotním změnám [71].

#### **2.3.4.2 Plastové obaly**

Obecné a základní a obecné požadavky na obaly potravin stanovuje Zákon č. 110/1997 Sb. Obaly, které přicházejí do přímého kontaktu s potravinami musí splňovat základní hygienické požadavky, které jsou formulovány Nařízením Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1935/2004 a Zákon č. 258/2000 Sb. [56].

Plastové obaly patří k nejrozsáhlejším obalům, díky výhodným mechanicko-fyzikálním vlastnostem. Nejhojněji se z polymerů využívá PP, PE, PVC. Nejvýznamnější vlastností je plasticita při vyšších teplotách, což umožňuje snadné tvarování do požadovaného tvaru. Další vlastností je propustnost, více či méně, plynů, páry aromatických látek a vlhkosti. U některých výrobků je tedy nezbytné vlastnosti polymerů kombinovat, popřípadě použít vrstvené materiály [62].

### **3. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST**

#### **3.1 Přístroje pomůcky a použitý materiál**

##### **3.1.1 Přístroje**

- Optický emisní spektrofotometr s indukčně vázaným plazmatem Ultima 2 (Horiba Scientific, Francie)
- Mikrovlnná trouba MLS 1200 MEGA (Milestone, USA)
- Spektrofotometr Helios  $\gamma$  (Spectronic Unicam, Velká Británie)
- Analytické váhy ABJ (KERN & SOHN GmbH, Německo)
- Refraktometr (A. Krüss Optronic GmbH, Německo)
- Vortex TTS 2
- Elektrická plotýnka Sencor
- Homogenizátor

##### **3.1.2 Laboratorní pomůcky**

- Běžné laboratorní sklo
- Patrony pro mikrovlnný rozklad
- Pipety a mikropipety
- Plastové zkumavky
- Injekční stříkačky
- Mikrofiltry 0,45  $\mu\text{m}$  (LABICOM, Česká republika)

##### **3.1.3 Chemikálie**

- Ultračistá neionizovaná voda
- Destilovaná voda
- n-Hexan (VWR, Francie)
- Ethanol >99,7% (VWR, Francie)
- Aceton (VWR, Francie)
- Draslík - standard (Analytika, Česká republika)
- Kyselina dusičná 67 %, p. a. + (Analytika, Česká republika)
- Peroxid vodíku 30% (VWR, Francie)

### 3.1.4 Suroviny

- Rajčata odrůda Roma (Španělsko)
- Jablka odrůda Gradisca (Itálie)
- Cibule suchá žlutá (Nový Zéland)
- Ocet 8 % Bzenecký (ČR)

### 3.1.5 Analyzované vzorky

#### 3.1.5.1 Připravené kečupy

Na analýzu byly připravené kečupy za laboratorních podmínek. Jejich jednotlivé složení, množství surovin a množství získaného kečupu, je zaznamenáno v Tabulce č.3. Varianta A byly připraveny z rajčat, k variantám B a C byly přidány ještě jablka a cibule. Ke každé variantě bylo vždy přidáno 80 ml octu a 80 ml pitné vody. Byly připraveny 3 várky po třech variantách kečupů.

**Tabulka 3** Připravené kečupy

VÁRKA	VARIANTA	RAJČATA [g]	JABLKA [g]	CIBULE [g]	ZÍSKANÝ KEČUP [g]
1.	A	1053,2	X	X	195,3
	B	783,6	163	149,2	238,5
	C	265,4	311	515,1	220,4
2.	A	1085	X	X	214,8
	B	794,5	225,8	176,7	227,6
	C	393,7	445,6	309,4	202,7
3.	A	1029,2	X	X	164,3
	B	786	192,1	122,7	192,7
	C	512,5	342,5	238,9	171,8

#### *Postup přípravy*

Nejdříve byly naváženy rajčata, jablka a cibule. Poté se všechny suroviny nakrájely a byl přidán ocet s vodou. Vše se nechalo přibližně 2 hodiny vařit. Po vychlazení rozvařené suroviny byly rozmixovány homogenizátorem. Směs se poté přecedila rovnou do sklenic. Sklenice před cezením byly vysterilované v horké vodě. Vzniklý kečup byl zvažen a uchován v lednici.



Obrázek 10 Připravené kečupy-zprava varianta 1, 2,

### 3.1.5.2 Zakoupené kečupy

K analýze jednotlivých parametrů bylo použito 6 vzorků rajčatového kečupu, zakoupených v běžných obchodních sítích. Přehled zakoupených vzorků je vidět na Obrázku 11 a složení jednotlivých kečupů je uvedeno v Tabulce 4.



Obrázek 11 Zakoupené kečupy k analýze

**Tabulka 4:** Složení kečupů

<b>Koupené kečupy</b>	<b>Složení</b>
<b>Hamé</b>	Voda, zahuštěný rajčatový protlak (140 g rajčat/100 g kečupu), glukózo-fruktózový sirup, ocet, modifikovaný škrob, sůl, koření přípravek (výtažky koření).
<b>Heinz</b>	Rajčata (148 g/100 g kečupu), ocet kvasný lihový, cukr, jedlá sůl, extrakty koření a bylin (obsahuje celer), koření.
<b>Spak Gourmet</b>	Rajčatový protlak (150 g rajčat/100 g kečupu), pitná voda, cukr, kvasný ocet lihový, modifikovaný kukuřičný škrob, jedlá sůl, regulátor kyselosti: kyselina citrónová, směs koření, stabilizátor: xanthan.
<b>Hellmann's</b>	Voda, rajčatový protlak (151 g rajčat/100 g kečupu), cukr, ocet kvasný lihový, modifikovaný kukuřičný škrob, jedlá sůl, sušená zelenina (cibule, česnek), koření.
<b>Hellmann's farmářský</b>	Voda, rajčatový protlak (184 g rajčat/100 g kečupu) glukózo-fruktózový sirup, jedlá sůl, kyselina octová, citrusová vláknina, jedlá mořská sůl, směs koření (skořice, bílý pepř, kajenský pepř), hřebíček.
<b>Otma Extra</b>	Voda, zahuštěný rajčatový protlak (210 g rajčat/100 g kečupu), cukr, cibule, ocet, sůl, sušená cibule, koření přípravek (extrakty koření), koření-paprika).

## 3.2 Stanovení refraktometrické sušiny

### 3.2.1 Postup

Před měřením byla zkontrolována nulová poloha refraktometru. Plochy hranolů se nejdříve důkladně vyčistily destilovanou vodou a vytřely do sucha. Na spodní hranol se nanasla tyčinkou destilovaná voda, rozetřela se a přiklopil se horní hranol a zabezpečil se klíčem. Pak se nastavil sklon hranolů tak, aby rozhraní světla a stínu bylo v průsečíku kříže. Dále se nastavila stupnice přesně na nulu. Potom se hranoly znovu odklopily, vysušily, na spodní hranol se nanaslo malé množství vzorku a rozetřelo se po celé ploše hranolu. Po ustálení teploty se odečetl index lomu s přesností na čtyři desetinná místa. Měření se provedlo třikrát a vypočítal se aritmetický průměr. K nalezenému indexu lomu se vyhledalo v tabulkách ze skript odpovídající množství sušiny v hmotnostních procentech.

### 3.3 Stanovení draslíku

Pro stanovení makroprvků ve vzorcích kečupu byla použita metoda ICP-OES. Parametry metody jsou zaznamenány v Tabulce 5 a Tabulce 6. Draslík byl proměřen při vlnové délce 766,490 nm.



**Tabulka 5** Parametry metody

<b>Přístroj</b>	Ultima 2, Horiba scientific
<b>Mlžná komora</b>	Cyklónová
<b>Plazmová hladice</b>	Radiální uspořádání
<b>Příkon generátoru [W]</b>	1100
<b>Pumpa otáčky [ot.min<sup>-1</sup>]</b>	15
<b>Analysis mode</b>	Gauss

**Tabulka 6** Zmlžovač a plyny

	<b>Typ</b>	<b>Koncentrický</b>
<b>Zmlžovač</b>	<b>Průtok [l.min<sup>-1</sup>]</b>	0,84
	<b>Tlak [BAR]</b>	2,98
	<b>Stínící</b>	0,81
<b>Plazma-toky plynů [l.min<sup>-1</sup>]</b>	<b>Plazmový</b>	14,84
	<b>Pomocný</b>	0,20

### 3.3.1 Příprava kalibračního roztoku

Nejprve byl připraven blank. Do čtyř patron bylo napipetováno 6 ml kyseliny dusičné a 4 ml peroxidu vodíku do každé patrony. Patrony byly uzavřeny a následně podrobeny mikrovlnnému rozkladu po dobu 20 minut. Obsah patrony byl kvantitativně převeden do 100 ml odměrné baňky a baňka byla doplněna neionizovanou vodou po rysku. Kalibrační roztoky byly připraveny do 25 ml odměrných baněk. Do baněk byl postupně pipetován standard draslíku a kalibrační roztoky byly doplněny neionizovanou vodou po rysku. Výsledné kalibrační roztoky pro draslík byly v koncentračním rozmezí 10 mg.l<sup>-1</sup>, 30 mg.l<sup>-1</sup> a 50 mg.l<sup>-1</sup>.

### 3.3.2 Postup

Do patrony byl navážen 1 g vzorku s přesností na čtyři desetinná místa. Ke vzorku bylo přidáno 6 ml kyseliny dusičné a 1 ml peroxidu vodíku. Patrony se vzorky byly uzavřeny a následně podrobeny mikrovlnnému rozkladu po dobu 20 minut. Poté byl obsah patrony kvantitativně převeden do 25 ml odměrných baněk a baňky byly doplněny neionizovanou vodou po rysku. Před analýzou byly vzorky přefiltrovány pomocí mikrofiltrů. Následně byla provedena analýza na ICP-OES.

### 3.4 Stanovení lykopenu

Pro stanovení lykopenu ve vzorcích rajčat a kečupů byla použita metoda UV-VIS spektrometrie. Pomocí spektrofotometru byla proměřena absorbance vlnové délce 503 nm.

### 3.4.1 Postup

Do plastových zkumavek bylo naváženo 0,1 g kečupu nebo rajčat. K naváženým vzorkům byla přidána o objemu 8 ml směs rozpouštědel hexan:ethanol:aceton, v poměru 2:1:1. Vše bylo zvortexováno a následně inkubováno ve tmě po dobu 10 minut. Pro oddělení fází byl následně přidán 1 ml destilované vody pro oddělení fází. Znovu bylo vše zvortexováno. Po dalších 10 minutách byla proměřena absorbance horní fáze s barvivem. Zároveň byl připraven blank pomocí 100  $\mu$ l destilované vody. Měření všech variant bylo provedeno třikrát a následně se vypočítal aritmetický průměr. Obsah lykopenu ve vzorcích byl stanoven dosažením získané absorbance vzorku do Rovnice (1) pro výpočet lykopenu.

$$c \left[ \frac{mg}{kg} \right] = \frac{(A_{503} \times 537 \times 8 \times 0,55)}{(m_{keč} \times 172)} \quad (1)$$

## 4. VÝSLEDKY A DISKUSE

### 4.1 Popis vstupní suroviny

Součástí analýzy kečupů byly analýzy rajčat. Na každou várku kečupu byla koupená čerstvá rajčata stejné odrůdy (odrůda Roma) v obchodní síti Lidl. V rajčatech byly stanoveny charakteristické parametry: refraktometrická sušina, obsah lykopenu a draslíku.

#### 4.1.1 Stanovení refraktometrické sušiny v rajčatech

Refraktometrická sušina se obvykle vyjadřuje v hmotnostních procentech sacharózy obsažené ve vzorku šťávy. Index lomu je však ovlivňován všemi látkami rozpustnými ve vodě, mezi něž patří sacharidy, organické kyseliny, pektinové látky apod. Na obsah rozpustné sušiny může mít vliv zralost, jelikož s dozráváním dochází k zvýšení množství cukru [72].

Výsledky stanovení refraktometrické sušiny v rajčatech jsou uvedeny v Tabulce 7. Obsah rozpustné sušiny v plodech rajčete se pohyboval v rozmezí 5,36-7,29 %. Největší obsah refraktometrické sušiny byl zjištěn u třetí várky. Je pravděpodobné, že rajčata třetí várky byla nejvíce zralá.

Rajčata by měla obsahovat okolo 7 % refraktometrické sušiny [47]. Tuto hodnotu splňovala pouze rajčata z třetí várky. Refraktometrická sušina rajčat použitých při první a druhé várce kečupu byly nižší. Při zpracování byly plody, hlavně první várky rovněž více vodnaté než plody třetí várky.

**Tabulka 7** Výsledné hodnoty refraktometrické sušiny v rajčatech

Várka č.	Index lomu [-]	Sacharosa [%]
1.	1,3408	5,36 ± 0,45
2.	1,3419	6,07 ± 1,05
3.	1,3437	7,29 ± 1,98

#### 4.1.2 Stanovení lykopenu v rajčatech

Pro stanovení lykopenu ve vzorcích kečupů byla použita metoda UV-VIS spektrometrie. Změřená absorbance při vlnové délce 503 nm byla přepočítaná na množství mg lykopenu v 1 kg rajčete. Výsledky analýz jsou zobrazeny v Tabulce 8, kde jsou uvedeny u jednotlivých várek průměry naměřených absorbancí a vypočtených koncentrací lykopenu v rajčatech.

**Tabulka 8** Stanovené koncentrace lykopenu v rajčatech

Várka č.	A [-]	$c_l$ [mg.kg <sup>-1</sup> ]
1.	0,4543	60,19 ± 0,92
2.	0,3300	42,48 ± 5,24
3.	0,3370	44,07 ± 7,12

Vliv na množství lykopenu v rajčatech má řada faktorů, jako jsou teplota, klimatické podmínky, půda na které jsou rajčata pěstována, stupeň zralosti rajčat a doba sklizně a skladování rajčat [73]. Obsah lykopenu byl v použitých rajčatech stanoven v rozmezí 44,07-60,19 mg.kg<sup>-1</sup>. Udávané koncentrace lykopenu v rajčatech se v řadě studií liší. Ve studii [74], která sledovala pokles lykopenu v rajčatech vlivem teploty byl při vlnové délce 502 nm stanoven obsah lykopenu na 64,9 mg.kg<sup>-1</sup>, 68,9 mg.kg<sup>-1</sup> a 35,5 mg.kg<sup>-1</sup>. Poslední naměřená koncentrace lykopenu odpovídá nejpozději sklizeným rajčatům. Tyto koncentrace ze studie [74] jsou srovnatelné s koncentracemi lykopenu v rajčatech stanovenými v této diplomové práci.

V první várce byl obsah lykopenu v rajčatech největší, měření probíhalo na začátku června. Druhá a třetí várka byla analyzována v druhé půlce června. Ačkoliv se jednalo o stejnou odrůdu rajčat, vzhledově rajčata první várky byly více červené, kdežto rajčata druhé a třetí várky byly spíše oranžové. Tyto rozdíly poukazují na rozdílnou zralost rajčat.

V jiné studii [75] při vlnové délce 502 nm byl stanoven obsah lykopenu na 120 mg.kg<sup>-1</sup>, což je v porovnání s rajčaty analyzovanými v této diplomové práci přibližně dvojnásobné množství. Rozdíl může být způsoben odrůdou rajčat, popř. stupněm zralosti rajčat v době analýzy obsahu lykopenu.

#### 4.1.3 Stanovení draslíku v rajčatech

Pro stanovení draslíku v rajčatech byla použita metoda ICP-OES. Koncentrace draslíku v použitých rajčatech jsou zaznamenány v Tabulce 9.

V rajčatech bylo stanoveno množství draslíku v rozmezí 1,04-1,88 mg.g<sup>-1</sup>. Největší naměřené množství bylo zjištěno u rajčat první várky, zatímco nejméně draslíku měla rajčata třetí várky.

Obsah draslíku v rajčatech byl v různých studiích [76,77] stanoven na 2,02 až 3,19 mg.g<sup>-1</sup>. Nejblíže těmto hodnotám byla rajčata z první várky. Ostatní plody z druhé a třetí várky měly obsah draslíku nižší. Jak bylo zmíněno v kapitole 4.1.2 tyto rozdíly mohou souviset se zralostí rajčat.

**Tabulka 9** Stanovené koncentrace draslíku v rajčatech

Várka č.	$c_K$ [mg.g <sup>-1</sup> ]
1.	1,88 ± 0,72
2.	1,33 ± 0,11
3.	1,04 ± 0,24

## 4.2 Kečupy

### 4.2.1 Příprava a analýza kečupů o různém obsahu rajčat

V rámci experimentu prováděném v této diplomové práci byly připraveny tři várky kečupů o třech variantách. Varianta A se skládala pouze z rajčat, octu a vody. Ve variantě B bylo určité množství rajčat nahrazeno jablkem a cibulí a ve variantě C bylo větší množství, než u varianty B, nahrazeno jablkem a cibulí. Jednotlivé navážky surovin jsou uvedené v Tabulce 3.

#### 4.2.1.1 Stanovení refraktometrické sušiny

Stejně jako u rajčat byla i u připravených kečupů stanovena refraktometrická sušina. Výsledky analýz jsou shrnuty v tabulce 10.

**Tabulka 10** Výsledné hodnoty refraktometrické sušiny připravených kečupů

Várka č.	Varianta	Index lomu [-]	Sacharosa [%]
1.	A	1,3652	20,76
	B	1,3629	19,44
	C	1,3618	18,76
2.	A	1,3637	19,94
	B	1,3629	19,44
	C	1,3597	17,62
3.	A	1,3642	20,23
	B	1,3618	18,76
	C	1,3608	18,18

Nejvyšší obsah refraktometrické sušiny měla varianta kečupu A, ve kterém se hodnota refraktometrické sušiny pohybovala v rozmezí 19,94-20,76 %. Nejnižší hodnotu

refraktometrické sušiny měla varianta kečupu C, která měla nejnižší podíl rajčat. Hodnota refraktometrické sušiny ve variantě kečupu C se pohybovala od 17,62 až 18,76 %.

Podle legislativy by kečupy měly obsahovat 25 % refraktometrické sušiny, což připravené kečupy nesplňovaly. Důvodem nedosažení tabulkové hodnoty je nepřidání dalších složek kečupu, např. cukru. Ačkoliv nebyla dosažena hodnota daná legislativou, stanovené hodnoty jsou u většiny vysoké právě díky velkému podílu rajčat [47]. Refraktometrická sušina v připravených kečupech byla rovněž nižší díky použití nedostatečně zralých rajčat pro výrobu kečupu (viz. kap. 4.1.2)

#### 4.2.1.2 Stanovení lykopenu

Dalším sledovaným parametrem v připravených kečupech byl lykopen. Množství lykopenu v kečupech je závislé na množství lykopenu v rajčatech, které byly na přípravu kečupu použity. Změřená absorbance byla opět přepočítána na množství mg lykopenu v 1 kg kečupu. Výsledky stanovení obsahu lykopenu jsou zobrazeny v Tabulce 11.

Jak je patrné z Tabulky 11, nejvíce lykopenu bylo stanoveno ve variantě kečupu A 40,25-52,36 mg.kg<sup>-1</sup>. Nejmenší obsah lykopenu byl naopak stanoven u varianty C 30,71-49,46 mg.kg<sup>-1</sup>. Taktéž je zřejmé, že nejvyšší koncentrace lykopenu byly naměřeny v první várce kečupu. Rajčata použitá na přípravu první várky kečupu měla, jak už bylo uvedeno v Tabulce 8, největší množství lykopenu.

V jedné ze studií [75] byl stanoven obsah lykopenu na 42,5 ± 11,93 mg.kg<sup>-1</sup> při vlnové délce 472 nm, což se dá s naměřenými hodnotami připravených kečupů srovnat. Zatímco podle druhé studie [78] je množství lykopenu, měřené při vlnové délce 502 nm, stanovené na 170 mg.kg<sup>-1</sup>. Lze konstatovat, že ať už vstupní surovina, tak i kečupy obsahovaly malé množství lykopenu.

**Tabulka 11** Stanovené koncentrace lykopenu v připravených kečupech

Várka č.	Varianta	A [-]	c <sub>l</sub> [mg.kg <sup>-1</sup> ]
1.	A	0,3047	52,36 ± 0,96
	B	0,2963	51,51 ± 0,72
	C	0,2467	49,46 ± 1,06
2.	A	0,3047	40,25 ± 2,18
	B	0,2963	38,41 ± 0,52
	C	0,2467	33,24 ± 1,20
3.	A	0,3147	41,50 ± 1,27
	B	0,2610	34,32 ± 4,19
	C	0,2283	30,71 ± 2,27

#### 4.2.1.3 Stanovení draslíku

Posledním parametrem stanoveným v připravených kečupech byl draslík. Výsledné koncentrace draslíku a zjištěné obsahy rajčat v jednotkách g/100 g kečupu jsou zaznamenány v Tabulce 12.

Nejmenší množství draslíku v připravených kečupech bylo ve variantě kečupu C, kde se obsah draslíku pohyboval od 1,58-3,54 mg.g<sup>-1</sup>. Největší množství draslíku bylo naopak stanoveno ve variantě kečupu A a to 6,88-8,17 mg.g<sup>-1</sup>.

Podle studie [77] se množství draslíku v kečupech pohybovalo v rozmezí 2,05-3,64 mg.g<sup>-1</sup>, v další studii [79] byl obsah draslíku v kečupech stanoven na 2,2-2,8 mg.g<sup>-1</sup>. Tyto hodnoty jsou srovnatelné s kečupy varianty C, především (1. a 2. várka), jelikož byl zjištěný obsah rajčat g/100 g kečupu podobný množství použitých rajčat v kečupech z obchodních sítí. U ostatních vzorků bylo stanovené množství draslíku větší.

**Tabulka 12** Výsledné koncentrace draslíku v připravených kečupech

Várka č.	Varianta	c [mg.g <sup>-1</sup> ]	Zjištěný obsah rajčat g/100 g kečupu
1.	A	7,06	539
	B	4,48	329
	C	1,58	120
2.	A	6,88	505
	B	4,59	349
	C	1,84	194
3.	A	8,17	626
	B	4,62	408
	C	3,54	298

#### 4.2.2 Analýza vzorků kečupů z obchodní sítě

Analýze bylo podrobena 6 značek kečupů pořízených v obchodních sítích. Mezi nimi byly kečupy značky: Hamé, Heinz, Spak Gourmet, Hellmann's, Hellmann's Farmářský a kečup značky Otma Extra.

##### 4.2.2.1 Stanovení refraktometrické sušiny

Nejdříve u všech značek kečupů byla stanovena refraktometrická sušina. Všechny vzorky byly analyzovány třikrát. V Tabulce 13 jsou zaznamenány zprůměrované hodnoty.

Největší množství refraktometrické sušiny bylo stanoveno v kečupu značky Hellmann's 31,11 %, u kterého bylo uvedeno na obalu deklarované množství rajčat 151 g/ 100 g kečupu. Vyšší hodnota rozpustné sušiny je pravděpodobně způsobena přidavkem cukru a dalšího druhu zeleniny. Nejnižší hodnota byla stanovena u kečupu Hellmann's Farmářský, který měl (deklarované množství 184 g/100g kečupu) zřejmě z důvodu nepřidání jiné zeleniny.

Dle legislativy by kečupy měly obsahovat nejméně 25 % refraktometrické sušiny a kečupy Extra by měly obsahovat nejméně 30 % refraktometrické sušiny. Všechny zakoupené vzorky kečupů, tento limit splňovaly.

**Tabulka 13** Výsledné hodnoty refraktometrické sušiny v zakoupených kečupech

Kečup značka	Index lomu [-]	Sacharosa [%]
Hamé	1,3725	25,12
Heinz	1,3829	31,00
Spak Gourmet	1,3813	30,11
Hellmann's	1,3831	31,11
Hellmann's Farmářský	1,3724	25,06
Otma Extra	1,3823	30,67

#### 4.2.2.2 Stanovení lykopenu

Druhým sledovaným parametrem kvality kečupu byl obsah lykopenu. Výsledky analýz obsahu lykopenu v kečupech z obchodní sítě jsou zobrazeny v Tabulce 14.

**Tabulka 14** Stanovené koncentrace lykopenu v zakoupených kečupech

Kečup značka	A [-]	c <sub>l</sub> [mg.kg <sup>-1</sup> ]
Hamé	0,8500	108,96 ± 11,38
Heinz	0,7707	101,96 ± 2,36
Spak Gourmet	0,9070	118,35 ± 1,44
Hellmann's	1,3127	173,55 ± 7,42
Hellmann's Farmářský	1,2957	170,94 ± 5,43
Otma Extra	1,7990	238,84 ± 21,42



U vzorku kečupu Otma Extra, který má na obalu uvedené deklarované množství rajčat 210 g/100 g kečupu, byla stanovena nejvyšší koncentrace lykopenu. Kečup byl pravděpodobně připraven z rajčat bohatých na lykopen. Vyšší obsah lykopenu v kečupu Otma Extra je způsoben největším podílem rajčat v kečupu. Nejnižší koncentrace lykopenu byla zjištěna ve vzorku Heinz (deklarovaný obsah rajčat 148 g /100 g kečupu). Zřejmě rajčata, která byla použita na přípravu kečupu Heinz, obsahovala menší množství lykopenu než rajčata, ze kterých byl připraven kečup značky Hamé (deklarované množství 140 g/100 g kečupu).

Koncentrace lykopenu ve vzorku kečupu značky Hamé byla stanovena na  $108,96 \pm 11,38 \text{ mg.kg}^{-1}$ . Ve srovnání se studií [L5], kdy pro stejný podíl rajčat v kečupu (140 g/100 g kečupu) byl stanoven obsah lykopenu na  $108 \pm 3 \text{ mg.kg}^{-1}$ , je obsah lykopenu totožný s kečupem značky Hamé. Pro vzorek Heinz byla koncentrace lykopenu stanovena na  $101,95 \pm 2,36 \text{ mg.kg}^{-1}$ , přičemž vzorek ze studie [L5] při stejném deklarovaném podílu rajčat (148 g/100 g kečupu) vykazoval koncentraci lykopenu  $56 \pm 5 \text{ mg.kg}^{-1}$ . Nižší koncentrace lykopenu, než v kečupu Heinz, je zřejmě způsobena méně bohatou odrůdou rajčat, popřípadě jinou metodou přípravy kečupu. U Extra kečupu od Otmy bylo naměřeno množství lykopenu  $238,84 \pm 21,42 \text{ mg.kg}^{-1}$ . V porovnání se vzorkem ze studie [80] (deklarovaný obsah 210 g/100 g kečupu), kdy byl stanoven obsah lykopenu na  $103 \pm 4 \text{ mg.kg}^{-1}$ , je množství lykopenu v Extra Otma víc jak dvakrát vyšší. Pravděpodobně je to taktéž způsobeno odlišným způsobem zpracování a odlišnou odrůdou rajčat.

#### **4.2.2.3 Stanovení draslíku**

Posledním markerem kvality kečupu byl draslík. Výsledné množství draslíku spolu s deklarovaným obsahem g/100 g kečupu jsou zaznamenány v Tabulce 15.

Z výsledků je patrné, že největší množství draslíku obsahoval kečup značky Otma Extra, konkrétně  $3,89 \text{ mg.g}^{-1}$ . Nejméně draslíku obsahoval vzorek Spak Gourmet (deklarovaný podíl rajčat 150 g/100 g kečupu), a to  $1,92 \text{ mg.g}^{-1}$ . Kečup značky Hamé, který má nejmenší deklarovaný obsah rajčat 140g/100g kečupu, měl srovnatelnou koncentraci draslíku jako kečup Hellmann's (podíl rajčat 151g/100g kečupu). Vzorek Hamé byl zřejmě připraven z rajčat, které měly vyšší obsah draslíku než rajčata, ze kterých byl připraven kečup Hellmann's.

Ve studii [88] byl zjištěn obsah draslíku v kečupech v rozmezí  $1,76\text{--}4,98 \text{ mg.g}^{-1}$ . Dle naměřených výsledků v této diplomové práci byl rozsah koncentrací draslíku  $1,92\text{--}3,89 \text{ mg.g}^{-1}$ . Vzorek značky Otma Extra obsahoval  $3,89 \text{ mg.g}^{-1}$  draslíku. V porovnání se vzorkem se stejným podílem rajčat ve studii [88] kde bylo množství draslíku stanoveno na  $4,39 \pm 0,07 \text{ mg.g}^{-1}$ , byl obsah draslíku v kečupu Otma Extra nižší. Zatímco v analyzovaném vzorku Hamé bylo množství stanoveného draslíku srovnatelné jako ve vzorku ze studie [L5] kdy byl obsah draslíku v kečupu se stejným podílem rajčat stanoven na  $2,48 \pm 0,08 \text{ mg.g}^{-1}$ . Pro kečupy Heinz a Hellmann's byly stanovené koncentrace draslíku oproti kečupům s totožným deklarovaným podílem rajčat analyzovaným v práci [88] vyšší.

**Tabulka 15** Výsledné hodnoty draslíku v zakoupených kečupech

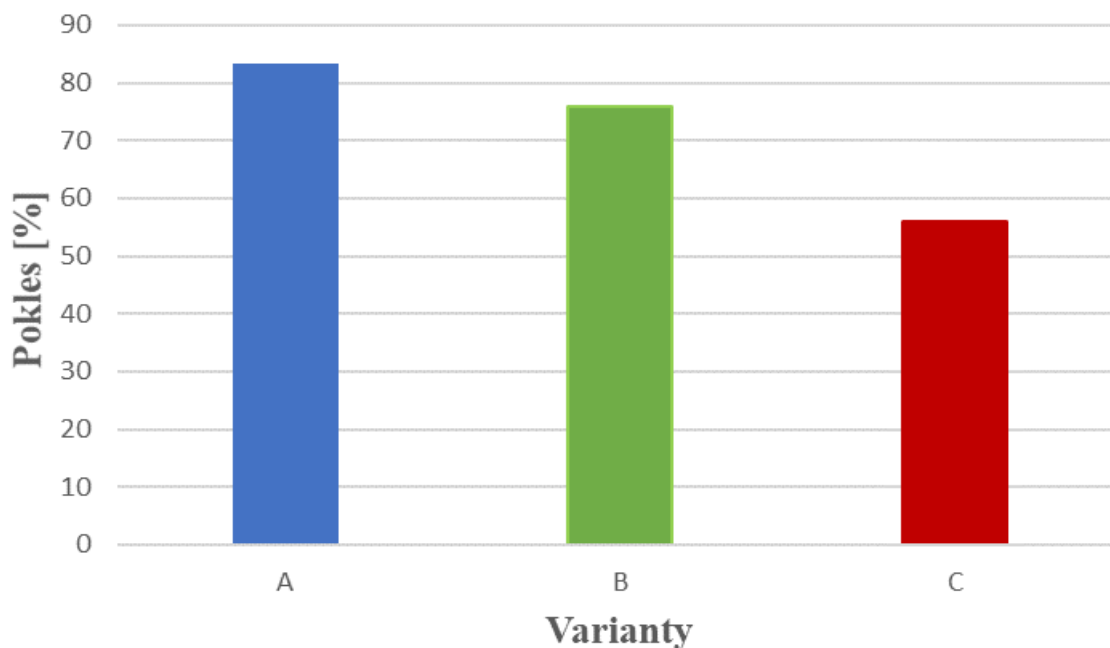
Značka kečupu	ck [mg.g <sup>-1</sup> ]	Deklarovaný obsah rajčat g/100 g kečupu
Hamé	2,53	140
Heinz	2,28	148
Spak Gourmet	1,92	150
Hellmann´s	2,54	151
Hellmann´s Farmářský	2,78	184
Otma Extra	3,89	210

### 4.3 Vytvoření modelu pro ověření obsahu použitých rajčat pro výrobu kečupu

Pro odhad podílu rajčat v kečupu je nutné zvolit vhodné markery, které budou korelovat s množstvím přidaných rajčat do výrobku, a které zároveň budou stabilní po celou dobu skladování a nebudou ovlivňovány recepturou a použitou technologií pro výrobu kečupu. Jako potenciálně využitelné markery charakteristické pro rajčata byly zvoleny lykopen a draslík.

#### 4.3.1 Vytvoření modelu na základě obsahu lykopenu

Obsah lykopenu byl stanoven jak u vstupní suroviny, vyrobených kečupů, tak u kečupů zakoupených v obchodní síti. Je zřejmé, že velký vliv na obsah lykopenu má zralost plodu, ale také použitá technologie. Při přepočtu koncentrace lykopenu, která by teoreticky měla být stanovena v připravených kečupech na základě obsahu použitých rajčat lze pozorovat, že ve finálním produktu byla koncentrace lykopenu nižší než teoreticky vypočtená (Tabulka 16). Jak je znázorněno na Obrázku 12, v průměru došlo k degradaci až 70 % lykopenu ze vstupní suroviny. Degradace lykopenu během výroby modelových kečupů může být způsobena oxidací vzdušným kyslíkem a použitou teplotou.

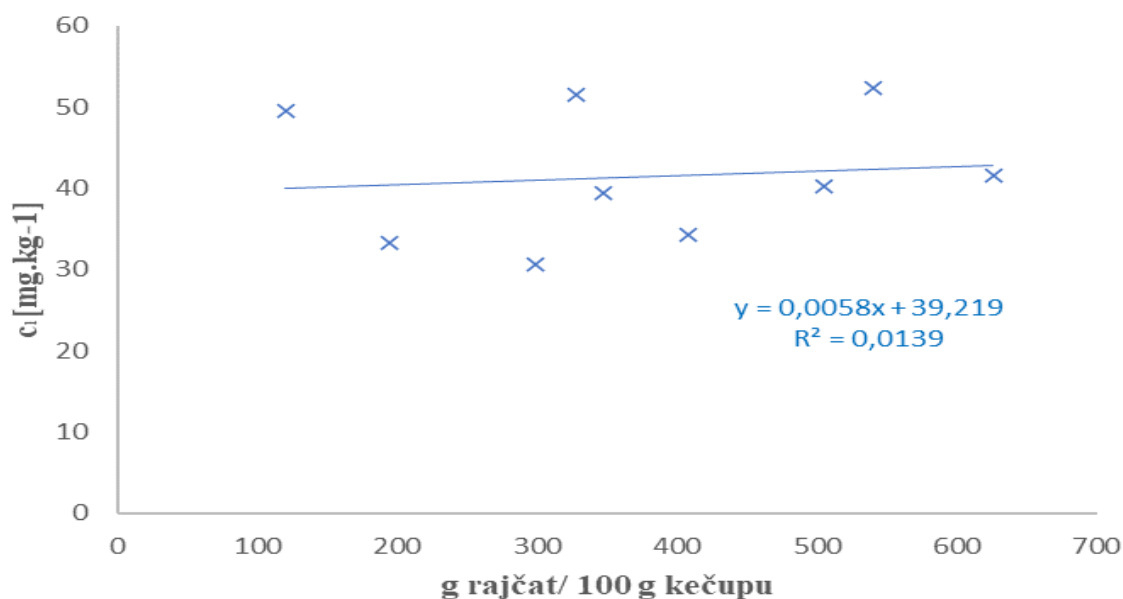


**Obrázek 12** Graf poklesu obsahu lykopenu

**Tabulka 16** Výsledné a teoretické koncentrace lykopenu v rajčatech a kečucech

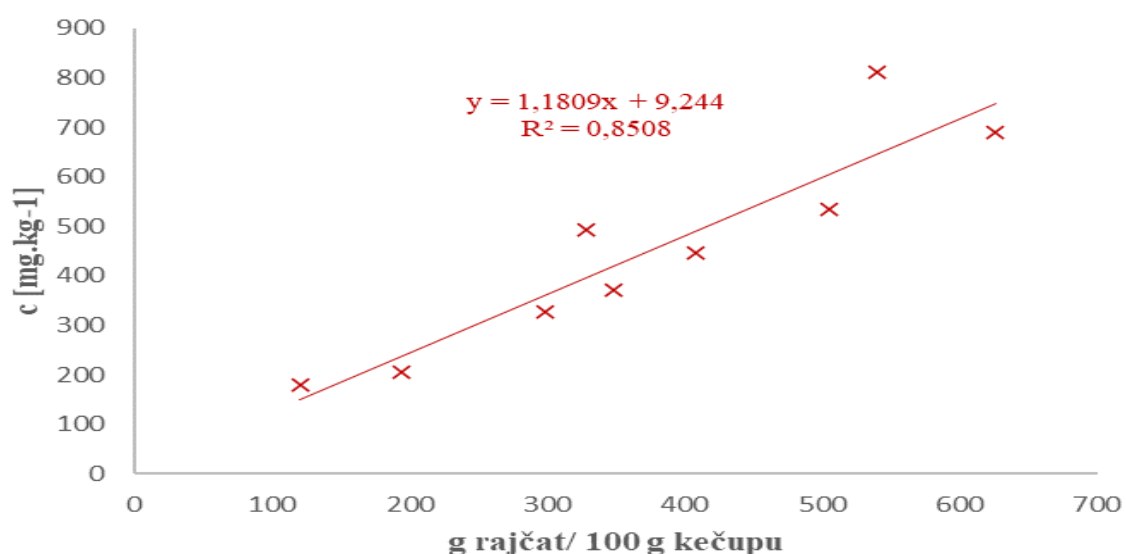
Várka	Varianta	Stanovený obsah rajčat na g/100 g kečupu	Teoretická [mg.kg <sup>-1</sup> ]	Lykopenu [mg.kg <sup>-1</sup> ]	Crajčata [mg.kg <sup>-1</sup> ]
1.	A	540	325,03	54,36	60,19
	B	328	197,42	51,51	
	C	120	72,23	49,46	
2.	A	505	214,47	40,25	42,48
	B	349	147,79	39,41	
	C	194	82,39	33,24	
3.	A	626	275,82	41,52	44,07
	B	408	179,32	34,32	
	C	298	131,29	30,71	

Závislost koncentrace lykopenu v modelových rajčatech na obsahu rajčat použitých k výrobě modelového kečupu je znázorněna na Obrázku 13.



**Obrázek 13** Závislost koncentrace lykopenu v modelových rajčatech na obsahu rajčat

Vzhledem k degradaci lykopenu při přípravě modelových kečupů nebylo možné použít marker obsah lykopenu a vytvořený model pro ověření obsahu použitých rajčat v kečupech zakoupených v obchodní síti. V praxi se kečupy vyrábí ve speciálních varnách za sníženého tlaku, což umožňuje použít nižší teploty při výrobě kečupu a zároveň je zamezeno přístupu vzduchu při výrobě kečupu, což eliminuje proces oxidace lykopenu. Za předpokladu, že nedochází k degradaci lykopenu během výroby kečupu a zároveň jsou k výrobě kečupu použita zralá rajčata s obsahem lykopenu  $120 \text{ mg.kg}^{-1}$  [81], je možné vytvořený model přepočítat a výsledky přepočtu jsou znázorněny na Obrázku 14.



**Obrázek 14** Graf závislost optimal. množství lykopenu na obsahu rajčat g/100 g kečupu

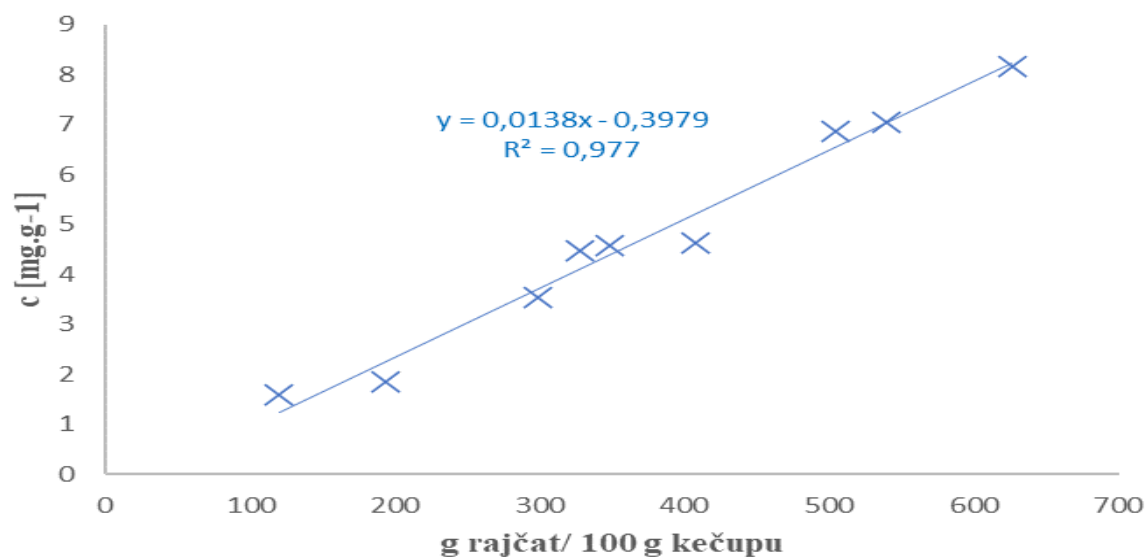
Pomocí rovnice regrese z optimalizovaného modelu byla dopočítána množství použitých rajčat v zakoupených kečupech. Výsledky jsou uvedeny v Tabulce 17. Obsah rajčat vypočítaný z optimalizovaného modelu poměrně dobře souhlasí s deklarovaným podílem použitých rajčat pro výrobu kečupu u kečupů s podílem rajčat 151 až 210 g/100g kečupu. U kečupů s nižším deklarovaným podílem použitých rajčat je přesnost modelu výrazně nižší, což může být způsobeno jiným složením kečupů, případně použitím rajčat o nižší kvalitě pro výrobu těchto kečupů.

Tabulka 16 Obsah rajčat g/100 g kečupu

<b>Kečupy značky</b>	<b>Deklarovaný obsah rajčat g/100 g kečupu</b>	<b>Stanovený obsah rajčat g/100 g kečupu</b>
<b>Hamé</b>	<b>140</b>	84
<b>Heinz</b>	<b>148</b>	79
<b>Spak Gourmet</b>	<b>150</b>	118
<b>Hellmann´s</b>	<b>151</b>	173
<b>Hellmann´s farmářský</b>	<b>184</b>	171
<b>Otma Extra</b>	<b>210</b>	239

#### 4.3.2 Vytvoření modelu na základě obsahu draslíku

Dalším stanovovaným markerem byla koncentrace draslíku. Množství draslíku bylo sledováno ve vstupní surovině, připravených a zakoupených kečupech v obchodní síti. Draslík se jeví jako jeden z nejlepších ukazatelů autenticity kečupů, protože koncentrace draslíku se během výroby kečupu nemění a teoreticky závisí pouze na kvalitě použité vstupní suroviny. Na Obrázku 15 je znázorněna závislost koncentrace draslíku na množství použitých rajčat pro výrobu kečupu. Tato závislost vykazuje velmi dobrou korelaci těchto parametrů ( $r=0,9884$ ). Vytvořený model byl použit pro ověření obsahu použitých rajčat v kečupech zakoupených v obchodní síti. Výsledky jsou shrnuty v Tabulce 18.



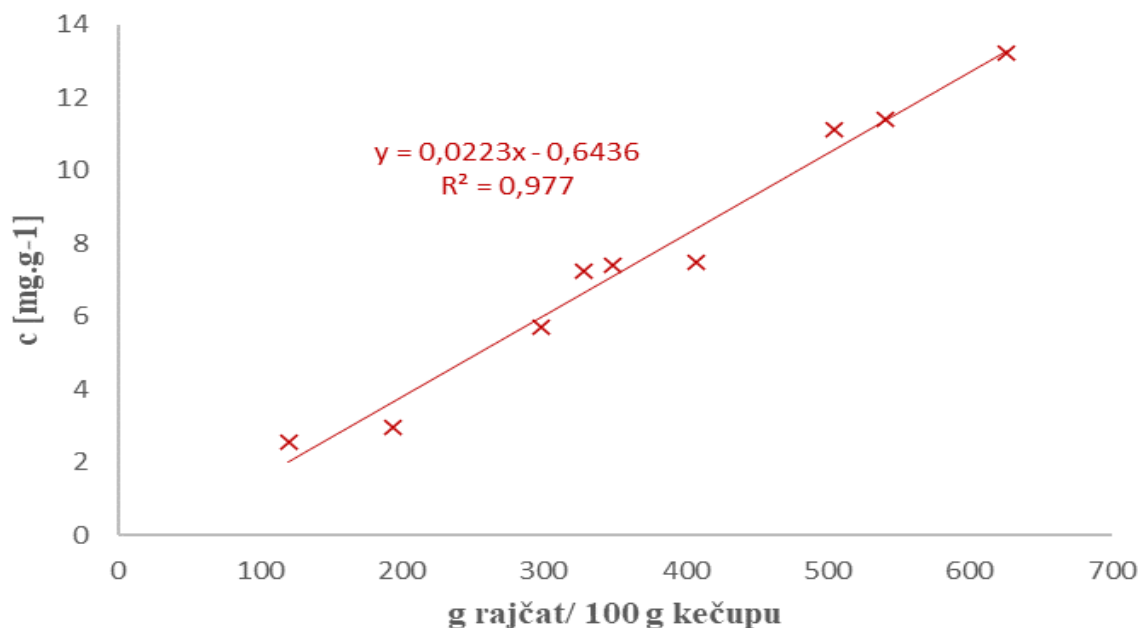
**Obrázek 15** Závislost koncentrace draslíku na množství použitých rajčat pro výrobu kečupu

**Tabulka 18** Obsah rajčat g/100 g kečupu

Kečupy značky	Deklarovaný obsah rajčat na g/100 g kečupu	Stanovený obsah rajčat na g/100 g kečupu
Hamé	140	212
Heinz	148	194
Spak Gourmet	150	168
Hellmann's	151	213
Hellmann's farmářský	184	230
Otma Extra	210	311

Ačkoliv koncentrace draslíku a množství použitých rajčat pro výrobu kečupu vykazovala dobrou korelaci, nebyl vytvořený model použitelný pro kečupy zakoupené v obchodní síti. Důvodem je pravděpodobně fakt, že pro výrobu modelových kečupů byla použita rajčata o nižším stupni zralosti (viz kap. 4.1.2.) Při přepočítání modelu s ohledem na koncentraci draslíku ve zralých rajčatech ( $2,2 \text{ mg.g}^{-1}$ ) [76] však bylo dosaženo poměrně dobré přesnosti modelu. Odchytky stanoveného a deklarovaného obsahu rajčat v kečupech se pohybovaly od 1,4-23,3 %. Nejvyšší odchylka 23,3 % byla zjištěna u kečupu značky Spak Gourmet. U ostatních kečupů je odchylka menší než 15 %, což lze považovat za velmi dobrý výsledek. Odchytky mohou být způsobeny použitím odlišné odrůdy rajčete při výrobě kečupu. Na Obrázku 16 je znázorněna závislost přepočítané koncentrace draslíku na množství použitých rajčat pro výrobu kečupu. Vytvořený model byl použit pro ověření

obsahu použitých rajčat v kečupech zakoupených v obchodní síti. Výsledky jsou shrnuty v Tabulce 19.



**Obrázek 16** Graf závislost optimal. množství draslíku na obsahu rajčat g/100 g kečupu

**Tabulka 19** Obsah rajčat g/100 g kečupu

Kečupy značky	Deklarovaný obsah rajčat na g/100 g kečupu	Stanovený obsah rajčat na g/100 g kečupu
Hamé	140	142
Heinz	148	131
Spak Gourmet	150	115
Hellmann´s	151	143
Hellmann´s farmářský	184	154
Otma Extra	210	203

## 5. ZÁVĚR

Hlavním cílem této diplomové práce bylo ověření použitelnosti technik elementární analýzy a molekulové spektrometrie pro zkoumání autenticity kečupu. K falšování kečupu dochází především z důvodu vysoké ceny vstupní suroviny-rajčatového protlaku. Nejčastěji bývá rajčatový podíl nahrazován přídavkem sacharózy a modifikovaných škrobů. Legislativa deklaruje požadovaný obsah rajčatové sušiny ve výrobcích z rajčat, ale už nepředepisuje, jak dodržování tohoto požadavku kontrolovat. Pro odhad podílu rajčat v kečupu je nutné zvolit vhodné parametry, které by korelovaly s množstvím přidávaných rajčat do výrobku, a které by současně nebyly například ovlivňovány recepturou a použitou technologií.

V experimentální části této diplomové práce byly nejprve ze zakoupených rajčat odrůdy Roma zakoupených v různém období v obchodní síti připraveny kečupy s různým obsahem rajčat (102-626 g rajčat/100 g kečupu). Následně byl v použitých rajčatech i v připravených kečupech stanoven obsah lykopenu a obsah draslíku a byly sestrojeny kalibrační modely. V poslední fázi byl stanoven obsah lykopenu a draslíku v kečupech zakoupených v obchodní síti.

Model pracující s obsahem lykopenu nebylo možné pro ověření množství rajčatové sušiny vnesené do kečupu použít, protože při výrobě kečupů docházelo k výrazné degradaci lykopenu. Model pracující s obsahem draslíku vykazoval lepších výsledků, neboť koncentrace draslíku v kečupu výrazně korelovala s množstvím rajčat použitých pro výrobu kečupu. Při využití modelu pro ověření autenticity kečupů zakoupených v obchodní síti však docházelo k velké chybě při výpočtu množství rajčatové sušiny vnesené do kečupu. Tato chybovost modelu byla způsobena tím, že rajčata odrůdy Roma použité pro výrobu modelových kečupů nebyla dostatečně zralá a obsah draslíku v použitých rajčatech byl téměř o 2/3 nižší než je průměrný obsah draslíku v rajčatech udávaný v nutričních tabulkách. Po provedení korekce na zralost rajčat model vykazoval velmi dobré výsledky. Chyba stanovení podílu rajčat (vzhledem k deklarovanému množství na obalech kečupů) s pomocí modelu byla nižší než 10 %. Vyšších odchylek do 20 % bylo dosahováno u kečupů s nejnižším povoleným obsahem rajčat. Tyto vyšší odchylky mohly být způsobeny faktem, že do kečupů s nízkým obsahem rajčat je často přidávána jiná nerajčatová složka, např. česnek, cibule, mrkev apod. Přídavek těchto surovin do kečupu má potom vliv na stanovenou koncentraci draslíku v kečupu.

Výsledky této práce ukázaly, že pomocí obsahu draslíku v kečupech lze s přijatelnou mírou nejistoty získat informaci o množství použitých rajčat pro výrobu kečupu. Množství lykopenu by pravděpodobně bylo možné také pro tyto účely použít, ale při výrobě modelových kečupů by se muselo zabránit degradaci lykopenu. V rámci ověření funkčnosti modelu by bylo dobré připravit nový model z kvalitních, vyzrálých rajčat. Toto ověření bohužel vzhledem k probíhající pandemii covid-19 a s tím souvisejících omezení nebylo možné v rámci této diplomové práce provést.



## 6. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] MULUGETA, Tewodros, Jean-Baptiste MUHINYUZA, Reinet GOUWS-MEYER, Lerato MATSAUNYANE, Erik ANDREASSON a Erik ALEXANDERSSON. Botanicals and plant strengtheners for potato and tomato cultivation in Africa. *Journal of Integrative Agriculture*. 2020, 19(2), 406-427. ISSN 20953119. Dostupné z: doi:10.1016/S2095-3119(19)62703-6
- [2] SALIM, M. Mahbubar Rahman, M. Harunur RASHID, M. Mofazzal HOSSAIN a Mohammad ZAKARIA. Morphological characterization of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) genotypes. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*. 2020, 19(3), 233-240. ISSN 1658077X. Dostupné z: doi:10.1016/j.jssas.2018.11.001
- [3] *Britannica, The Editors of Encyclopaedia. "Tomato." Encyclopedia Britannica*, [online]. 20 Nov. 2019 [cit. 2021-7-23]. Dostupné z: <https://www.britannica.com/plant/tomato>
- [4] VALŠÍKOVÁ, M. a kol. *Papriky, rajčičky a baklažány*. 1. vyd. Bratislava: Příroda. 1987. 155 s. Bez ISBN.
- [5] PEKÁRKOVÁ, Eva. *Nejnovější směry ve šlechtění zelenin* [online]. [cit. 2021-7-23]. Dostupné z: <https://ziva.avcr.cz/files/ziva/pdf/nejnovejsi-smery-ve-slechteni-zelenin-8-plodove-ze.pdf>
- [6] PETŘÍKOVÁ, Kristína. *Zelenina: pěstování, ekonomika, prodej*. Praha: Profi Press, 2006. ISBN 80-867-2620-7.
- [7] PEKÁRKOVÁ, Eva. *Pěstujeme rajčata, papriky a další plodové zeleniny: pěstování, ekonomika, prodej*. Praha: Grada, 2001. Česká zahrada. ISBN 80-247-0170-7.
- [8] MALÝ, Ivan. *Polní zelinářství: pěstování, ekonomika, prodej*. Praha: Agrospoj, 1998. Česká zahrada. ISBN 80-239-4232-8.
- [9] TRONÍČKOVÁ, Eva. *Zelenina*. Praha: Artia, 1995. ISBN 37-012-85
- [10] *Rajčata keřík* [online]. [cit. 2021-7-23]. Dostupné z: <https://titbit.cz/produkt/rajcata-kerik/>
- [11] PETŘÍKOVÁ, Kristína a Ivan MALÝ. *Základy pěstování plodové zeleniny*. Praha: Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství ČR, 1998. Rostlinná výroba (Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství ČR). ISBN 80-710-5165-9.
- [12] *Taxonomy and Nomenclature Solanum lycopersicum* [online]. [cit. 2021-7-23]. Dostupné z: [https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search\\_topic=TSN&search\\_value=521671#null](https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=521671#null)
- [13] DOLEJŠÍ, Antonín. *Zelenina na zahrádce*. Praha: SZN - Státní zemědělské nakladatelství, 1982. ISBN 07-060-83.
- [14] RYCHLÍK, A. *Rajčata: rady, nápady, recepty*. Vizovice: Lípa, 1997. ISBN 80-86093-06-9.

- [15] ZAKOPAL, Jaroslav a Josef ŠEDIVÝ. *Chemie na zahrádce: rady, nápady, recepty*. 4., dopl. vyd. Praha: SZN, 1990. Zahrádka (Státní zemědělské nakladatelství). ISBN 80-209-0140-X.
- [16] ŠROT, Radoslav. *88 rad pěstitelům zeleniny*. Praha: Aventinum, 1996. 88 rad. ISBN 80-715-1852-2.
- [17] RED CHERRY [online]. [cit. 2021-7-23]. Dostupné z: <https://permaseminka.cz/tyckova-rajcata/160-red-cherry.html>
- [18] Rajče keříčkové Šejk [online]. [cit. 2021-7-23]. Dostupné z: <https://www.semo.cz/eshop/rajce-kerickove-sejk-p3146/>
- [19] GMO tomatoes: a common misconception [online]. [cit. 2021-7-23]. Dostupné z: <https://gmoanswers.com/current-gmos-crops-dont-include-tomatoes>
- [20] Co jsou a nejsou geneticky modifikované organismy [online]. [cit. 2021-7-23]. Dostupné z: <https://www.em.muni.cz/vite/4580-jak-je-to-s-geneticky-modifikovanymi-organismy-dil-prvni>
- [21] Gwénaëlle Le Gall, Ian J. Colquhoun, Adrienne L. Davis, Geoff J. Collins, and Martine E. Verhoeven *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 2003 51 (9), 2447-2456 DOI: 10.1021/jf0259967
- [22] Ali, Arfan & Muzaffar, Adnan & Awan, Mudassar & Din, Salah & Nasir, Idrees & Husnain, Tayyab. (2014). Genetically Modified Foods: Engineered tomato with extra advantages. *Adv. life sci.* 1. 139-152.
- [23] PETŘÍKOVÁ, Kristína a Ivan MALÝ. *Základy pěstování plodové zeleniny*. 2. vyd. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 2003, c2004. ISBN 80-727-1141-5.
- [24] PETŘÍKOVÁ, Kristína a Jaroslav HLUŠEK. *Zelenina: pěstování, výživa, ochrana a ekonomika*. Praha: Profi Press, 2012. ISBN 978-80-86726-50-2.
- [25] POKLUDA, Robert. *Pěstujeme zeleninu: kapesní příručka pro zahrádkáře*. Velké Bílovice: TeMi CZ, 2009. ISBN 978-80-87156-36-0.
- [26] KADLEC, Pavel. *Technologie potravin: kapesní příručka pro zahrádkáře*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 2002. ISBN 80-708-0509-9.
- [27] TOOR, Ramandeep K. a Geoffrey P. SAVAGE. Changes in major antioxidant components of tomatoes during post-harvest storage. *Food Chemistry* [online]. 2006, 99(4), 724-727 [cit. 2021-7-23]. ISSN 03088146. Dostupné z: doi:10.1016/j.foodchem.2005.08.049
- [28] Godana, Esa & Satheesh, Neela & Taye, Addisalem. (2015). EFFECT OF STORAGE METHODS AND RIPENING STAGES ON POSTHARVEST QUALITY OF TOMATO (LYCOPERSICON ESCULENTUM MILL) CV. CHALI. 16. BEZ DOI
- [29] Fuentes, Alvaro & Lee, Yujeong & Hong, Youngki & Yoon, Sook & Park, Dong. (2016). Characteristics of Tomato Plant Diseases - A study for tomato plant disease identification. BEZ DOI

- [30] *Tomato Pests, Diseases & Physiological Disorders* [online]. [cit. 2021-7-23]. Dostupné z: <https://www.johnnyseeds.com/growers-library/vegetables/common-tomato-pests-diseases-disorders-overview.html>
- [31] *DISEASES: PICTURES* [online]. [cit. 2021-7-23]. Dostupné z: <https://www.invasive.org>
- [32] KYZLINK, Vladimír. Teoretické základy konzervace potravin. Praha: SNTL, 1988, 512 s.
- [33] KOPEC, Karel. *Tabulky nutričních hodnot ovoce a zeleniny*. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 1998. ISBN 80-861-5364-9.
- [34] ROP, Otakar, Pavel VALÁŠEK a Ignác HOZA. *Teoretické principy konzervace potravin I*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati, 2005. ISBN 80-731-8339-0.
- [35] AGIUS, Carlos, Sabine VON TUCHER, Brigitte POPPENBERGER a Wilfried ROZHON. Quantification of sugars and organic acids in tomato fruits. *MethodsX* [online]. 2018, 5, 537-550 [cit. 2021-7-23]. ISSN 22150161. Dostupné z: doi:10.1016/j.mex.2018.05.014
- [36] DUDA, M., STŘELEČEK, V. Lahodková zelenina. 1. vyd. Bratislava: Příroda, 1986. 217 s. Bez ISBN
- [37] CEREVITINOV, F. V. Chemické složení a fyzikální vlastnosti ovoce a zeleniny. 1. vyd. Praha: Průmyslové vydavatelství, 1952. 322 s. Bez ISBN.
- [38] RAIOLA, Assunta, Maria Manuela RIGANO, Roberta CALAFIORE, Luigi FRUSCIANTE a Amalia BARONE. Enhancing the Health-Promoting Effects of Tomato Fruit for Biofortified Food. *Mediators of Inflammation*. 2014, 2014, 1-16. ISSN 0962-9351. Dostupné z: doi:10.1155/2014/139873
- [39] VELÍŠEK, Jan a Jana HAJŠLOVÁ. *Chemie potravin*. Rozš. a přeprac. 3. vyd. Tábor: OSSIS, 2009. ISBN 978-80-86659-17-6.
- [40] *Lycopene: Chemický vzorec* [online]. [cit. 2021-7-23]. Dostupné z: <http://cz.gmp-factory.com/herbal-medicine/anti-tumor/lycopene.html>
- [41] HRABĚ, J., ROP, O., HOZA, I. Technologie výroby potravin rostlinného původu. 1. vyd. Zlín: UTB, 2006. 178 s. ISBN 80-7318-372-2
- [42] FRIEDMAN, Mendel. Tomato Glycoalkaloids: Role in the Plant and in the Diet. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* [online]. 2002, 50(21), 5751-5780 [cit. 2021-7-23]. ISSN 0021-8561. Dostupné z: doi:10.1021/jf020560c
- [43] *Tomatin: Chemický vzorec* [online]. [cit. 2021-7-23]. Dostupné z: [https://www.p-lab.cz/tomatin?v=R%2056761\\_V\\_10166](https://www.p-lab.cz/tomatin?v=R%2056761_V_10166)
- [44] MIRMOHAMMAD-MAKKI, Fatemehsadat a Parisa ZIARATI. Nitrate and Nitrite in Fresh Tomato and Tomato derived Products. *Biomedical and Pharmacology Journal* [online]. 2015, 8(1), 115-122 [cit. 2021-7-23]. ISSN 0974-6242. Dostupné z: doi:10.13005/bpj/589

- [45] VELÍŠEK, Jan. *Chemie potravin*. Vyd. 2. upr. Tábor: OSSIS, 2002. ISBN 80-866-5900-3.
- [46] TAUFEROVÁ, Alexandra, Martina OŠŤÁDALOVÁ, Zdeňka JAVŮRKOVÁ, Michaela PETRÁŠOVÁ a Petra ČÁSLAVKOVÁ. *TECHNOLOGIE A HYGIENA POTRAVIN ROSTLINNÉHO PŮVODU I., II.: skripta* [online]. [cit. 2021-7-23]. Dostupné z: [https://fvhe.vfu.cz/files/rostliny-technologie\\_a\\_hyg.\\_potravin,skripta.pdf](https://fvhe.vfu.cz/files/rostliny-technologie_a_hyg._potravin,skripta.pdf)
- [47] Vyhláška č. 153/2013 Sb., kterou se mění vyhláška č. 157/2003 Sb., kterou se stanoví požadavky pro čerstvé ovoce a čerstvou zeleninu, zpracované ovoce a zpracovanou zeleninu, suché skořápkové plody, houby, brambory a výrobky z nich, jakož i další 51 způsoby jejich označování, ve znění pozdějších předpisů. In: *Sbírka zákonů*. 2013, ročník 2013, částka 69, 153/2013 Sb.
- [48] SMITH, A. F. *Pure Ketchup a History of Americas national condiment*. Columbia: University of South Carolina, 1996. ISBN 1-57003-139-8
- [49] *Lykopen a tomatin v rajčatech* [online]. [cit. 2021-7-23]. Dostupné z: <https://www.bezpecnostpotravin.cz/lykopen-a-tomatin-v-rajcatech.aspx>
- [50] RAJCHL, Aleš, Michal VOLDŘICH, Helena ČÍŽKOVÁ, Michaela HRONOVÁ, Rudolf ŠEVČÍK, Jaroslav DOBIÁŠ a Jan PIVOŇKA. Stability of nutritionally important compounds and shelf life prediction of tomato ketchup. *Journal of Food Engineering* [online]. 2010, 99(4), 465-470 [cit. 2021-7-23]. ISSN 02608774. Dostupné z: doi:10.1016/j.jfoodeng.2010.01.035
- [51] PÁNEK, Jan. *Základy výživy*. Praha: Svoboda Servis, 2002. ISBN 80-863-2023-5.
- [52] *Falšování potravin* [online]. [cit. 2021-7-23]. Dostupné z: <https://ukp.vscht.cz/files/uzel/0007181/Fal%C5%A1ov%C3%A1n%C3%AD+potravin.pdf?redirected>
- [53] VITALIS, Flora, John-Lewis Zinia ZAUKUU, Zsanett BODOR, et al. Detection and Quantification of Tomato Paste Adulteration Using Conventional and Rapid Analytical Methods. *Sensors* [online]. 2020, 20(21) [cit. 2021-7-23]. ISSN 1424-8220. Dostupné z: doi:10.3390/s20216059
- [54] Zákon č. 258/2000 Sb. - o ochraně veřejného zdraví a související předpisy. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 2001, částka 130/1992 Sb.
- [55] Vyhláška č. 148/2015 Sb. Vyhláška, kterou se mění vyhláška č. 76/2003 Sb., kterou se stanoví požadavky pro přírodní sladidla, med, cukrovinky, kakaový prášek a směsi kakaa s cukrem, čokoládu a čokoládové bonbony, ve znění vyhlášky č. 43/2005 Sb.
- [56] KADLEC, Pavel, Karel MELZOCH a Michal VOLDŘICH. *Co byste měli vědět o výrobě potravin?: technologie potravin*. Ostrava: Key Publishing, 2009. Monografie (Key Publishing). ISBN 978-80-7418-051-4.
- [57] VRBOVÁ, Tereza. *Víme, co jíme?, aneb.; Průvodce "Ěčky" v potravinách*. Praha: EcoHouse, 2001. ISBN 80-238-7504-3.

- [58] KUBAČKOVÁ, Jana. *Chemie a toxikologie potravin*. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě, 2014. ISBN 978-80-7464-598-3.
- [59] KLESCHT, Vladimír, Iva HRNČIŘÍKOVÁ a Lucie MANDELOVÁ. *Éčka v potravinách*. Brno: Computer Press, 2006. Zdraví pro každého (Computer Press). ISBN 80-251-1292-6.
- [60] Sukralóza. Informační centrum bezpečnosti potravin [online]. Praha, ©2012 [cit. 2021-07-23]. Dostupné z: <http://www.bezpecnostpotravin.cz/az/termin/92137.aspx>
- [61] Steviol-glykosidy. Informační centrum bezpečnosti potravin [online]. Praha, ©2012 [cit. 2021-07-23]. Dostupné z: <http://www.bezpecnostpotravin.cz/az/termin/92497.aspx>
- [62] DOBIÁŠ, Jaroslav. *Technologie zpracování ovoce a zeleniny II: Syllabus textů k přednáškám*. Praha: VŠCHT, 2004, 226 s.
- [63] SHARMA, Minaxi, Zeba USMANI, Vijai Kumar GUPTA a Rajeev BHAT. Valorization of fruits and vegetable wastes and by-products to produce natural pigments. *Critical Reviews in Biotechnology* [online]. 2021, 41(4), 535-563 [cit. 2021-7-23]. ISSN 0738-8551. Dostupné z: doi:10.1080/07388551.2021.1873240
- [64] ŠILHÁNKOVÁ, Ludmila, Libuše VLACHOVÁ a Eduard NĚMEC. *Mikrobiologie pro potravináře a biotechnology*. Vyd. 3., opr. a dopl., v nakl. Academia 1. vyd. Praha: Academia, 2002. ISBN 80-200-1024-6.
- [65] THAKUR, Nitika, Monika THAKUR, Gaurav THAKUR a Sohan LAL. Increased Shelf Life and Safety of Ketchup Prepared from Organically Raised Tomato (cv. Solan Lalima). *Journal of Pure and Applied Microbiology* [online]. 2018, 12(3), 1351-1354 [cit. 2021-7-23]. ISSN 09737510. Dostupné z: doi:10.22207/JPAM.12.3.37
- [66] BJORKROTH, K. JOHANNA a HANNU J. KORKEALA. Lactobacillus fructivorans Spoilage of Tomato Ketchup. *Journal of Food Protection* [online]. 1997, 60(5), 505-509 [cit. 2021-7-23]. ISSN 0362-028X. Dostupné z: doi:10.4315/0362-028X-60.5.505
- [67] GÖRNER, Fridrich a L. VALÍK. *Aplikovaná mikrobiológia požívatin*. Bratislava: Malé Centrum, 2004. ISBN 80-967-0649-7.
- [68] BJORKROTH, K. JOHANNA a HANNU J. KORKEALA. Lactobacillus fructivorans Spoilage of Tomato Ketchup. *Journal of Food Protection* [online]. 1997, 60(5), 505-509 [cit. 2021-7-24]. ISSN 0362-028X. Dostupné z: doi:10.4315/0362-028X-60.5.505
- [69] KADLEC, Pavel, Iva HRNČIŘÍKOVÁ a Lucie MANDELOVÁ. *Procesy potravinářských a biochemických výrob*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2003. Zdraví pro každého (Computer Press). ISBN 80-708-0527-7.
- [70] SUKOVÁ, Irena, Iva HRNČIŘÍKOVÁ a Lucie MANDELOVÁ. *Označování potravin: průvodce pro spotřebitele*. Praha: Ministerstvo zemědělství, Odbor bezpečnosti potravin, 2014. Zdraví pro každého (Computer Press). ISBN 978-80-7434-169-4.
- [71] HOSTAŠOVÁ, Božena, Libuše VLACHOVÁ a Eduard NĚMEC. *Domácí konzervování ovoce a zeleniny*. 3. vyd. Praha: Avicenum, 1987. ISBN 80-730-9001-5.

- [72] HRSTKA, Miroslav a SOMROVÁ Lenka. Praktikum z analytické chemie potravin. Brno, 2013.
- [73] JONGEN, Wim, ed. Fruit and vegetable processing: improving quality. Boca Raton, FL: CRC Press, 2002. ISBN 18-557-3548-2.
- [74] BRANDT, Sára, Zoltán PÉK, Éva BARNA, Andrea LUGASI a Lajos HELYES. Lycopene content and colour of ripening tomatoes as affected by environmental conditions. *Journal of the Science of Food and Agriculture* [online]. 2006, 86(4), 568-572 [cit. 2021-7-27]. ISSN 0022-5142. Dostupné z: doi:10.1002/jsfa.2390
- [75] Alda, Liana & Gogoșă, I & Bordean, Despina-Maria & Gergen, Iosif & Alda, S & Moldovan, Camelia & Niță, L. (2009). Lycopene content of tomatoes and tomato products. *J. Agroalimentary Processes Technol.* 15. BEZ DOI
- [76] COSTA, Francelina, Maria DE LURDES BAETA, David SARAIVA, Manuel Teixeira VERISSIMO a Fernando RAMOS. Evolution of Mineral Contents in Tomato Fruits During the Ripening Process After Harvest. *Food Analytical Methods* [online]. 2011, 4(3), 410-415 [cit. 2021-7-27]. ISSN 1936-9751. Dostupné z: doi:10.1007/s12161-010-9179-8
- [77] FoodData Central Search Results [online]. [cit. 2021-7-27]. Dostupné z: <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/321360/nutrients>
- [78] MARKOVIĆ, Ksenija, Mirjana HRUŠKAR a Nada VAHČIĆ. Lycopene content of tomato products and their contribution to the lycopene intake of Croatians. *Nutrition Research*. 2006, 26(11), 556-560. ISSN 02715317. Dostupné z: doi:10.1016/j.nutres.2006.09.010
- [79] SINGH, Meenu, Suneeta CHANDORKAR a Nada VAHČIĆ. Is sodium and potassium content of commonly consumed processed packaged foods a cause of concern? *Food Chemistry*. 2018, 238(11), 117-124. ISSN 03088146. Dostupné z: doi:10.1016/j.foodchem.2016.11.108
- [80] DIVIŠ, Pavel, Jiří SMILEK, Jaromír POŘÍZKA a Václav ŠTURSA. The quality of ketchups from the Czech Republic's market in terms of their physico-chemical properties. *Potravinářstvo*. 2018, 12(1), 233-240. ISSN 1337-0960. Dostupné z: doi:10.5219/898
- [81] BARRETT, D.M. a G. ANTHON. LYCOPENE CONTENT OF CALIFORNIA-GROWN TOMATO VARIETIES. *Acta Horticulturae* [online]. 2001, (542), 165-174 [cit. 2021-7-28]. ISSN 0567-7572. Dostupné z: doi:10.17660/ActaHortic.2001.542.20

## 7. SEZNAM ZKRATEK

CMV	virus mozaiky okurek
CP	ceruloplasmin
GAP	správné zemědělské postupy
GHP	správné hygienické postupy
GMO	geneticky modifikované organismy
GMP	správné výrobní postupy
ICP-OES	optická emisní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem
PE	polyethylen
PP	polypropylen
PVC	polyvinylchlorid
TMV	virus tabákové mozaiky
ToMV	virus mozaiky rajčat
TSWV	virus rajčatové skvrnitosti
TYLCV	virus žlutého zvlnění rajčete
UV-VIS	ultrafialovo-viditelná spektroskopie