

Vliv zinku a mědi na chemické složení zeleniny

Bc. Jana Čepelová

Diplomová práce
2008



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav potravinářského inženýrství
akademický rok: 2007/2008

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Jana ČEPELOVÁ**
Studijní program: **N 2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor: **Technologie, hygiena a ekonomika výroby potravin**

Téma práce: **Vliv zinku a mědi na chemické složení zeleniny**

Zásady pro vypracování:

- 1. V literární části charakterizujte plodovou zeleninu, zejména rajčata.**
- 2. Popište chemické a biochemické vlastnosti zinku a mědi. Zabývejte se i ekologickými aspekty výskytu obou prvků v životním prostředí.**
- 3. V experimentální části sledujte vliv stupňovaných dávek půdního zinku a mědi na jakostní ukazatele plodů rajčat.**
- 4. Založte a vedte nádobový pokus se stupňovanými dávkami zinku a mědi v půdě.**
- 5. U rajčat vypěstovaných v nádobovém pokusu sledujte distribuci zkoumaných kovů a dále jejich vliv na obsah sušiny, kyselin, dusíku a fosforu.**

Rozsah práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

Dle doporučení vedoucího diplomové práce.

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Otakar Rop, Ph.D.

Ústav potravinářského inženýrství

Datum zadání diplomové práce:

6. listopadu 2007

Termín odevzdání diplomové práce:

31. května 2008

Ve Zlíně dne 8. července 2008



doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.
děkan



prof. Ing. Ignác Hoza, CSc.
vedoucí katedry

ABSTRAKT

Cílem diplomové práce bylo sledování vlivu půdního zinku a mědi na vybrané ukazatele jakosti plodů rajčat. Byla zvolena odrůda rajčat Domino F1, jejíž rostliny byly vypěstovány v plastových vegetačních nádobách. Plody byly sklizeny v konzumní zralosti a byl v nich stanoven obsah sušiny, organických kyselin, fosforu a dusíku. Součástí diplomové práce je rozsáhlý literární přehled týkající se chemického složení zeleniny, především rajčat, a nutričního významu zeleniny a rajčat v lidské stravě. Dále je pojednáno o mikroelementech v rostlinách zejména o mědi a zinku.

Klíčová slova: zelenina, plodová zelenina, rajčata, mikroelementy, zinek, měď, sušina, organické kyseliny, fosfor, dusík.

ABSTRACT

This diploma thesis deals with a research of the influence of zinc and copper onto the chosen indicators of quality of tomato berries. For this purpose, the Domino F1 variety was chosen. The plants were grown in plastic vegetation vessels. The berries were harvested when consumer ripe and the content of dry matter, organic acids, phosphorus and nitrogen was identified. Part of this thesis is represented by an extensive list focusing on the chemical content of vegetables, especially tomatoes, and their nutrition importance within human food. Besides, the thesis deals with the microelements of plants with emphasis placed upon zinc and copper.

Keywords: vegetables, fruits vegetable, tomatoes, microelements, zinc, copper, dry matter, organic acids, phosphorus, nitrogen.

Děkuji Ing. Otakaru Ropovi, PhD. za vstřícný přístup, cenné rady, ochotu a metodické vedení při řešení diplomové práce.

Dále děkuji Ing. Martě Severové, Ing. Evě Okénkové, Ivoně Turečkové a pracovníkům Ústavu potravinářského inženýrství a chemie za pomoc v laboratořích a velmi dobré pracovní podmínky.

Rovněž děkuji své rodině a přátelům za umožnění studia na Univerzitě Tomáše Bati ve Zlíně, jejich podporu, pochopení a povzbuzení během studia.

Prohlašuji, že jsem na diplomové práci pracovala samostatně a použitou literaturu jsem citovala. V případě publikace výsledků, je-li to uvolněno na základě licenční smlouvy, budu uvedena jako spoluautorka.

Ve Zlíně

.....

Podpis diplomanta

OBSAH

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| ÚVOD | 9 |
| I TEORETICKÁ ČÁST | 10 |
| 1 ZELENINA | 11 |
| 1.1 POZITIVNÍ VLIV ZELENINY NA ČLOVĚKA..... | 11 |
| 1.2 ZDRAVOTNÍ RIZIKA ZELENINY PRO ČLOVĚKA | 12 |
| 1.3 VÝVOJ SPOTŘEBY ZELENINY V ČESKÉ REPUBLICE..... | 14 |
| 1.4 BOTANICKÉ DĚLENÍ ZELENINY | 15 |
| 1.5 CHEMICKÉ SLOŽENÍ ZELENINY | 17 |
| 1.5.1 Voda | 17 |
| 1.5.2 Sušina | 18 |
| 1.5.3 Bílkoviny a látky dusíkaté povahy | 18 |
| 1.5.4 Tuky | 18 |
| 1.5.5 Sacharidy..... | 19 |
| 1.5.6 Vitamíny a vitageny | 20 |
| 1.5.7 Minerální látky | 21 |
| 1.5.8 Enzymy | 22 |
| 1.5.9 Organické kyseliny..... | 23 |
| 1.5.10 Aromatické látky | 23 |
| 1.5.11 Barviva | 24 |
| 1.5.12 Třísloviny | 25 |
| 1.5.13 Saponiny..... | 25 |
| 1.5.14 Gibereliny..... | 25 |
| 2 PLODOVÁ ZELENINA | 26 |
| 2.1 BIOLOGICKÉ DĚLENÍ PLODOVÉ ZELENINY | 26 |
| 2.1.1 Cuketa (<i>Cucurbita pepo</i> , L.) | 26 |
| 2.1.2 Dýně (<i>Cucurbita maxima</i> , L.) | 27 |
| 2.1.3 Tykev (<i>Cucurbita pepo</i> , L., <i>Cucurbita maxima</i> Duchesne)..... | 27 |
| 2.1.4 Okurka (<i>Cucumis sativus</i> , L.)..... | 27 |
| 2.1.5 Lilek – baklažán (<i>Solanum melongena</i> , L.) | 27 |
| 2.1.6 Meloun cukrový (<i>Cucumis melo</i> , L.) a vodní (<i>Citrullus lanatus</i> , Thunb.) | 28 |
| 2.1.7 Cukrová kukuřice (<i>Zea mays</i> var. <i>saccharate</i> , L.)..... | 28 |
| 2.1.8 Paprika (<i>Capsicum annuum</i> , L.)..... | 28 |
| 2.1.9 Rajče (<i>Lycopersicon esculentum</i> , MILL., <i>Solanum lycopersicum</i> , L.)..... | 29 |
| 2.2 RAJČATA | 29 |
| 2.2.1 Původ a historie..... | 29 |
| 2.2.2 Produkce rajčat ve světě a v ČR..... | 30 |
| 2.2.3 Biologická charakteristika..... | 31 |
| 2.2.4 Odrůdy..... | 33 |
| 2.2.5 Podmínky pro pěstování..... | 34 |
| 2.2.6 Choroby, vady, škůdci..... | 34 |
| 2.2.7 Chemické složení | 36 |
| 2.2.7.1 Sacharidy | 36 |

| | | |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.2.7.2 | Organické kyseliny | 36 |
| 2.2.7.3 | Minerální látky..... | 37 |
| 2.2.7.4 | Vitamíny | 37 |
| 2.2.7.5 | Glykoalkaloidy..... | 37 |
| 2.2.7.6 | Další složky rajčete..... | 38 |
| 2.2.8 | Nutriční význam..... | 38 |
| 3 | MINERÁLNÍ LÁTKY | 40 |
| 3.1 | OBCENÁ CHARAKTERISTIKA A DĚLENÍ | 40 |
| 3.1.1 | Dělení minerálních látek dle množství..... | 40 |
| 3.1.2 | Dělení minerálních látek dle fyziologického významu..... | 41 |
| 3.2 | PRVKY V POTRAVINÁCH | 41 |
| 3.3 | STOPOVÉ PRVKY VE VÝŽIVĚ ROSTLIN | 42 |
| 3.4 | STOPOVÉ PRVKY VE VÝŽIVĚ ZVÍŘAT A ČLOVĚKA..... | 43 |
| 3.5 | VZÁJEMNÉ PŮSOBNÍ MĚDI A ZINKU S JINÝMI PRVKY –ANTAGONISMUS A SYNERGISMUS..... | 44 |
| 4 | MĚĎ..... | 46 |
| 4.1 | HISTORIE MĚDI | 46 |
| 4.2 | VÝSKYT A ROZŠÍŘENÍ MĚDI NA ZEMI..... | 46 |
| 4.3 | VÝROBA MĚDI A JEJÍ VYUŽITÍ | 47 |
| 4.4 | VLASTNOSTI MĚDI..... | 47 |
| 4.4.1 | Fyzikální vlastnosti mědi | 47 |
| 4.4.2 | Chemické vlastnosti mědi | 48 |
| 4.5 | VÝSKYT MĚDI V LIDSKÉM TĚLE | 49 |
| 4.5.1 | Metabolismus mědi | 49 |
| 4.5.2 | Biochemické funkce mědi..... | 50 |
| 4.6 | VÝSKYT MĚDI V POTRAVINÁCH A VÝŽIVA..... | 50 |
| 4.6.1 | Výskyt mědi v potravinách | 50 |
| 4.6.2 | Měď ve výživě člověka a zvířat | 50 |
| 4.7 | MĚĎ V PŮDĚ A ROSTLINÁCH..... | 52 |
| 4.7.1 | Měď v půdě | 52 |
| 4.7.2 | Měď v rostlinách | 52 |
| 4.7.3 | Nedostatek mědi v půdě a rostlinách | 53 |
| 4.7.4 | Nadbytek mědi v půdě a rostlinách..... | 54 |
| 4.7.5 | Odstranění nedostatku mědi u rostlin..... | 55 |
| 5 | ZINEK..... | 56 |
| 5.1 | HISTORIE ZINKU | 56 |
| 5.2 | VÝSKYT A ROZŠÍŘENÍ NA ZEMI..... | 56 |
| 5.3 | VÝROBA ZINKU A JEHO VYUŽITÍ | 57 |
| 5.4 | VLASTNOSTI ZINKU | 58 |
| 5.4.1 | Fyzikální vlastnosti zinku | 58 |
| 5.4.2 | Chemické vlastnosti zinku | 58 |

| | | |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 5.5 | VÝSKYT ZINKU V LIDSKÉM TĚLE | 59 |
| 5.5.1 | Metabolismus zinku | 60 |
| 5.5.2 | Biochemické funkce zinku | 60 |
| 5.6 | VÝSKYT V ZINKU V POTRAVINÁCH A VÝŽIVA | 61 |
| 5.6.1 | Výskyt zinku v potravinách | 61 |
| 5.6.2 | Zinek ve výživě člověka a zvířat | 61 |
| 5.7 | ZINEK V PŮDĚ A ROSTLINÁCH | 62 |
| 5.7.1 | Zinek v půdě | 62 |
| 5.7.2 | Zinek v rostlinách | 63 |
| 5.7.3 | Nedostatek zinku v půdě a rostlinách | 64 |
| 5.7.4 | Nadbytek zinku v půdě a rostlinách | 65 |
| 5.7.5 | Odstranění nedostatku zinku u rostlin | 65 |
| II | PRAKTICKÁ ČÁST | 66 |
| 6 | CÍL DIPLOMOVÉ PRÁCE | 67 |
| 7 | METODIKA | 68 |
| 7.1 | STANOVENÍ SUŠINY | 69 |
| 7.2 | STANOVENÍ TITRAČNÍ KYSELOSTI | 70 |
| 7.3 | MINERALIZACE ORGANICKÉ HMOTY | 71 |
| 7.4 | STANOVENÍ FOSFORU KOLORIMETRICKY VANADIČNANOVOU METODOU | 71 |
| 7.5 | STANOVENÍ HRUBÉ BÍLKOVINY | 72 |
| 8 | VÝSLEDKY | 74 |
| 8.1 | VLIV STUPŇOVANÝCH DÁVEK CU A ZN V PŮDĚ NA OBSAH SUŠINY V PLODECH RAJČAT | 74 |
| 8.2 | VLIV STUPŇOVANÝCH DÁVEK CU A ZN V PŮDĚ NA OBSAH ORGANICKÝCH KYSELIN V PLODECH RAJČAT | 75 |
| 8.3 | VLIV STUPŇOVANÝCH DÁVEK CU A ZN V PŮDĚ NA OBSAH FOSFORU V PLODECH RAJČAT | 77 |
| 8.4 | VLIV STUPŇOVANÝCH DÁVEK CU A ZN V PŮDĚ NA OBSAH HRUBÉ BÍLKOVINY V PLODECH RAJČAT | 79 |
| 8.5 | VLIV PŮDNÍ MĚDI A ZINKU NA OBSAH CU A ZN V PLODECH RAJČAT | 80 |
| | DISKUZE | 83 |
| | ZÁVĚR..... | 86 |
| | SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY | 88 |
| | SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK | 98 |
| | SEZNAM OBRÁZKŮ | 100 |
| | SEZNAM TABULEK..... | 101 |
| | SEZNAM PŘÍLOH..... | 102 |

ÚVOD

Zelenina patří k jedné z nejdůležitějších složek potravy pro člověka. Je dobrým zdrojem vitamínů, vlákniny a dalších ochranných látek, které lidskému tělu prospívají, proto se doporučuje jíst zeleninu 3 – 5 x denně. Nutriční hodnota každého druhu zeleniny je jiná, proto se musí zajistit její různorodost jak při konzumaci, tak při zpracování.

Spotřeba zeleniny v ČR je 80 kg/os/rok, což je o 10 – 50 kg méně, než se doporučuje a o 10 – 30 kg méně, než je průměrná spotřeba v EU. Nízká spotřeba zeleniny v ČR je způsobena stravovacími návyky, sezónností jednotlivých druhů zeleniny, nízkým podílem zeleniny na trhu v zimním období, nedostatečnou nabídkou v malých městech, nízkým podílem zeleniny ve veřejném stravování (zejména ve školních jídelnách), ale i její vysokou cenou.

Tím, že zelenina obsahuje zásadotvorné látky, upravuje acidobazickou rovnováhu v těle. Dále zelenina lidskému organismu dodává velké množství vody a podporuje její vylučování, čímž upravuje i krevní tlak. Obsahem hrubé vlákniny podporuje zelenina střevní peristaltiku, upravuje střevní mikroflóru a snižuje vstřebávání škodlivin sliznicí střev. Zelenina má nízkou energetickou hodnotu, potlačuje pocit hladu, proto je vhodná při redukci váhy a předcházení různým nemocem. Jednou z významných nutričních složek zeleniny jsou mikroelementy. Ty jsou pro lidský organismus nepostradatelné, lze je přijímat potravou a nápoji (někdy i vdechovaným vzduchem a přes kůži), a proto je složení živočišné i rostlinné stravy velmi důležité. Při nedostatku či nadbytku některého prvku se objevují různá onemocnění. Jejich biologická úloha je velmi mnohostranná. Cílem mé práce bylo sledování obsahu a vlivu půdního zinku a mědi na obsah sušiny, organických kyselin, fosforu a hrubé bílkoviny v plodech rajčat, která byla vypěstována v nádobovém pokusu.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 ZELENINA

Čerstvou zeleninou se rozumí jedlé části, zejména kořeny, bulvy, listy, nat', květenství, plody jednoletých nebo víceletých rostlin uváděné do oběhu hned po sklizni nebo určité době skladování v syrovém stavu. Zpracovaná zelenina je pak zelenina upravená konzervováním [1]. Nezahrnuje zeleninové nealkoholické nápoje, dresinky, studené omáčky a mraženou zeleninu [2].

Zelenina je odedávna důležitou součástí lidské výživy. Člověk sbíral a pojídal již planě rostoucí druhy zeleniny a když se kočovní lovci začali usazovat, určité druhy na jejich polích zdomácněly. Velice dávno se začalo s pěstováním zeleniny v Číně, na Středním východě a v Jižní Americe a právě z těchto oblastí pochází většina u nás známých druhů. Dostaly se k nám po křižáckých výpravách, dobytelských válkách nebo s obchodními karavanami. Postupně se zelenina začala pěstovat ve velkém a v mnoha zemích se stala dokonce důležitým obchodním artiklem [3].

1.1 Pozitivní vliv zeleniny na člověka

Zelenina má důležité místo ve výživě člověka, je významným zdrojem nejen vitamínů, ale i dalších, nutričně cenných složek [4]. Dnes roste význam její konzumace i z pohledu vysokého obsahu hrubé vlákniny, tedy podílu, který není v trávicím traktu využitelný, zlepšuje však trávení i celkový biorytmus člověka [5].

Zelenina neobsahuje jen živiny a nutričně významné látky, ale i složky se specifickými léčivými účinky. V mnohých zeleninách je soubor látek (fytoncidy) se silnými antimikrobiálními účinky, které příznivě ovlivňují ústní a střevní mikroflóru. Jednou z těchto látek je hořčicová silice, obsahující sinigrin a sinalbin, přítomná v hořčici a v křenu, dále alicin a garlicin v cibuli a česneku, rafanin v ředkvi a ředkvičce. Tomatin v rajčatech má kromě antimikrobiálních účinků i účinek antialergický a protizánětlivý. Látky s protimikrobiálním účinkem se našly i v kapustě, hlávkovém zelí, paprice a jiné zelenině [6].

Farmaceutický význam některých složek zeleniny se využívá při léčení některých chorob. Petržel je oficiální léčivou rostlinou. Jsou známy diuretické účinky pastináku, petržele, celeru a mrkve. Mrkev a cibule působí proti zácpě, rajčata snižují krevní tlak a působí proti hemeroidům, protizánětlivý účinek má šťáva z česneku, cibule a křenu [7]. Na posílení žaludeční sekrece je vhodné zelí, červená řepa, mrkev, ředkev, brukev a křen. Účinné složky

česneku mírní otravu nikotinem, dále zvyšují vylučování žluče a napomáhají trávení. Též působí proti kornatění cév a vysokému krevnímu tlaku. Paprika, květák a zelí podporují oxidační procesy v těle, čímž se neutralizují některé škodlivé látky z masitých pokrmů. Hořké látky obsažené v okurkách a salátech mají protirakovinotvorný účinek [6].

V zelenině jsou i složky, které samy o sobě nemají specifický léčivý účinek, působí však komplexně s ostatními. Proto pravidelné, stálé konzumování zeleniny chrání lidský organismus před různými poruchami a chorobami a má pozoruhodný účinek při upevňování zdraví [7]. Všestranné působení zeleniny je možné shrnout do několika bodů:

- Svou chutí a vůní podporuje vylučování žaludečních šťáv a zvyšuje chuť k jídlu
- Upravuje látkovou výměnu, přívod vitamínů a minerálních látek
- Převahou zásadotvorných látek upravuje acidobazickou rovnováhu v lidském těle
- Vysokým obsahem vody zahání pocit žízně
- Podporuje tvorbu krve
- Podporuje vylučování vody, čímž snižuje krevní tlak
- Výrazně zlepšuje střevní peristaltiku, urychluje přechod tráveniny zažívací soustavou a snižuje tak vstřebávání škodlivin sliznicí střev
- Upravuje mikroflóru střev, podporuje užitečné mikroby
- Některé zeleniny podporují vylučování žluče
- Svojí nízkou energetickou hodnotou působí na snižování tělesné hmotnosti, přičemž potlačuje pocit hladu [6], [8].

Možno tedy říci, že zelenina umožňuje modernímu člověku udržet si tělesnou i duševní svěžest, zabezpečuje jeho odolnost proti chorobám, pomáhá mu zachovat si štíhlou postavu a zdravý chrup a přitom uspokojuje nejen fyziologickou, ale i psychickou potřebu jídla [6].

1.2 Zdravotní rizika zeleniny pro člověka

Někdy se při propagaci konzumace zeleniny lze setkat s námitkou, že je zelenina škodlivá, že obsahuje i látky ohrožující zdraví. Zdravým lidem při našich stravovacích návycích nehrozí nebezpečí z nadměrné konzumace zeleniny. Nežádoucí vliv může mít pro nemocné

lidi mechanické dráždění, které je způsobeno buničinou syrové zeleniny. Proto se nedoporučuje syrová zelenina při zánětech žaludku a žlučníku, infekční žloutence, vředové chorobě apod. Vařením a rozmixováním se tento dráždivý účinek zmírní [6].

Potraviny mohou být pro některé citlivé lidi příčinou alergie. Alergie je forma přecitlivělosti na některé složky (alergeny) potravin. Projevuje se změnami tělesné teploty a krevního tlaku, vyrážkami, kopřivkou, ekzémem, poruchou trávení, průjmem. Ne každý je alergický, závisí to též na způsobu života, povolání, zdravotním stavu. Jen ve výjimečných případech je alergenem i zelenina. Na citlivý organismus může alergicky působit křen, syrová rajčata, cibule, špenát, celer, pór, okurky a červená řepa [9].

V rebarboře, mangoldu, špenátu a v některých dalších druzích je přítomna kyselina šťavelová v množství, které při nedostatku vápníku v potravě může nepříznivě působit při tvorbě kostí (omezuje využití vápníku) [9]. Kyselina šťavelová se zároveň tvoří i v těle, které má schopnost ji vázat s vápníkem na neškodný šťavelan vápenatý. Proto je třeba uvedené druhy zeleniny připravovat s mlékem nebo s jinou potravinou bohatou na vápník, abychom neutralizovali její škodlivý účinek. Mezi škodlivé látky zeleniny zařazujeme i tzv. *brassica-faktor*. Je to soubor látek, který je přítomný v brukvovité zelenině, a který brzdí činnost štítné žlázy. Jejich nepříznivý účinek se však projevuje u zdravých lidí až tehdy, když konzumují více jak 0,5 kg zelí denně [6].

V zelenině se též vyskytují látky snižující stravitelnost. Patří sem některé složky vlákniny, lignin, třísloviny, některé organické kyseliny. Tanin snižuje využitelnost bílkovin, thiaminu a železa. Kyselina fytová snižuje využití minerálií – váže dvoj a trojmocné těžké kovy jako je zinek, vápník a mangan a vyskytuje se v zeleném hrášku, fazolce, mrkvi [9].

Zefektivnění zelinářské produkce vedla v některých případech ke změnám v látkovém složení zelenin. Vysoké dávky dusíkatých hnojiv zvyšují sice úrodu špenátu až pětkrát, ale obsah nežádoucích dusičnanů v něm stoupá až dvacetkrát. V zažívacím traktu se mohou dusičnany měnit na dusitany, které vedou ke tvorbě karcinogenních nitrosaminů. Nadbytek dusičnanů v potravě vede k chorobě, která se nazývá alimentární methemoglobinémie a projevuje se modrofialovým zabarvením sliznic a kůže. Je nebezpečná hlavně u malých dětí. Při dodržování dávkování hnojiv dle norem (nejvyšší přípustné množství) se toto nebezpečí snižuje na minimum [6]. Plodová zelenina, hrášek, fazolka, cibule a česnek obsahují velmi malé množství dusičnanů. Náchylná ke kumulaci dusičnanů je listová zelenina, zejména rychlená, dále mrkev, červená řepa a tykve [9].

Kromě přirozených látek se v zelenině mohou vyskytnout i cizorodé látky přijaté z prostředí, jako jsou například rezidua chemických ochranných přípravků. Jestliže se dávky a předepsané lhůty aplikace před sběrem dodržují, je chemická ochrana dostatečně účinná a zároveň pro člověka neškodná [6]. Ale některá zelenina dovezená především z jižní Evropy, severní Afriky a dalších zemí třetího světa bývá značně znehodnocena chemickými prostředky, neboť v těchto oblastech bývají pesticidy používány ještě v mnohem větší míře než u nás [3]. Závažným problémem je znečišťování zeleniny škodlivinami z ovzduší, protože jej pěstitel může jen těžko ovlivnit. Byly zaznamenány případy zvýšeného obsahu olova v zelenině z výfukových plynů v blízkosti dálnic. Z ovzduší se do zeleniny dostávají i některé karcinogenní látky, které jsou součástí výfukových plynů, např. fenantren, pyren, benzpyren [6].

Nežádoucí účinek může mít mikrobiální kontaminace zeleniny. Na jejím povrchu je vždy velké množství mikrobů a jejich spor [9]. Většinou jsou neškodné, některé z nich jsou součástí užitečné střevní mikroflóry. Při nedovoleném hnojení fekáliemi se mohou na zelenině vyskytnout i choroboplodné bakterie. Toto zdravotní riziko se sníží důkladným umýváním zeleniny pod tekoucí pitnou vodou. I vařením se usmrtí vegetativní formy mikrobů a částečně i jejich spory. Nebezpečí otravy ze zkažené zeleniny prakticky nehrozí, protože její mikrobiální rozklad se obvykle vyznačuje změnou chuti a vůně ještě dříve, než mohou vzniknout toxické zplodiny [6].

1.3 Vývoj spotřeby zeleniny v České republice

Ve spotřebě zeleniny byly rokem 1990 nastartovány odborníky pozitivně hodnocené trendy. Důvodem bylo především rozšíření sortimentu zeleniny na našem trhu [1]. Již v první polovině 90. let se zvyšovala jejich konzumace, jak dokazují údaje v tabulce číslo 1. V uplynulých pěti letech lze ale u zeleniny pozorovat stagnaci spotřeby kolem 80 kg na osobu a rok. Ani konzumace této komodity se v roce 1952 množstvím 75,5 kg na osobu a rok od té dnešní příliš nelišila [10].

Význam zeleniny pro správnou a zdravou výživu člověka stále stoupá a je doprovázen vzrůstající spotřebou. V zemích EU již přesáhla roční spotřeba zeleniny množství 130 kg na 1 obyvatele, v ČR vzrostla v 90. letech z 66 kg na 80 kg. Předpokládá se, že do roku 2010 se spotřeba zeleniny u nás bude přibližovat spotřebě v EU [11].

Tabulka č. 1: Spotřeba zeleniny v ČR v hodnotě čerstvé hmoty (kg/os/rok)

| | | | | | | | | | | | |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| rok | 1952 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 |
| spotřeba | 75,5 | 66,6 | 67,8 | 69,7 | 74,2 | 75,8 | 78,0 | 79,5 | 81,1 | 82,2 | 85,3 |
| rok | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | | | | | |
| spotřeba | 82,9 | 82,1 | 78,7 | 80,0 | 79,8 | 80,5 | | | | | |

Pramen: ČSÚ

V ČR došlo během posledních 10 let k výrazným změnám ve spotřebě zeleniny. Při celkovém nárůstu její spotřeby klesá spotřeba zeleninových konzerv na úkor čerstvé konzumní zeleniny. Na celkovém nárůstu se nejvíce podílejí plodové zeleniny (rajčata, okurky, paprika). Stagnuje spotřeba košťálové zeleniny, poklesla spotřeba kedluben, špenátu a luskové zeleniny. Naprosto neuspokojivá je spotřeba salátové a listové zeleniny. Prokazatelně klesá zájem o ty druhy zeleniny, u kterých je nutná dlouhá doba úpravy. Konzum se kloní k zelenině čerstvé. K významným změnám dochází uvnitř jednotlivých skupin zeleniny, např. u košťálovin k nárůstu produkce a spotřeby brokolice, pekingského zelí. Příliš pomalu však pokračuje diferenciací nabídky v zařízeních společného stravování a v cateringových společnostech, kde je stále nabídka zeleninových jídel a salátů velmi skromná. Podíl upravené zeleniny na českém trhu je malý. Jeho rozšiřování brání jak nedostatek moderních zpracovatelských kapacit, tak řada technologických, hygienických, ale i marketingových bariér [11].

1.4 Botanické dělení zeleniny

Zelenina se dělí z botanicko – pěstitelského hlediska do následujících skupin:

a) Cibulová zelenina

Všechny druhy patří do čeledi liliovitých a vyznačují se vysokým obsahem silic, které brzdí růst bakterií, případně je ničí. Vytvářejí cibule složené ze zdužnatělých listů, či souboru zdužnatělých listů se zásobními látkami. Patří sem cibule kuchyňská (*Allium cepa*, L.), cibule šalotka (*Allium scalonicum*, Strand), česnek kuchyňský (*Allium sativum*), pažitka (*Allium schoenoprasum*), pór zahradní (*Allium porrum*).

b) Listová zelenina

Zužitkovávají se pouze zelené listy a jeho části (řapík). Do této skupiny patří celer řapíkatý (*Apium graveolens* L. var. *dulce*), čekanka salátová (*Cichorium intybus*), čínské zelí (*Brassica chinensis*), mangold (*Beta vulgaris*, var. *Cicla*), pekingské zelí (*Brassica pekinensis*), polníček (*Valerianella locusta*), reveň (*Rheum rhabarbarum*), řeřicha zahradní (*Leppidium gativum*), hořčice bílá (*Sinapis alba*), potočnice lékařská (*Nasturtium officinale*), salát hlávkový (*Lactuca sativa* L. var. *Capitata*, L.), salát římský (*Lactuca sativa* var. *Romana*), salát ledový (*Lactuca sativa* L. var. *Capitata*, L.), špenát setý (*Spinacia sativa*), štěrbák zimní (*Cichorium endivia*).

c) Lusková zelenina

Tvoří ji nezralé a málo škrobnaté plody nebo lusky některých vikvovitých rostlin. Vyzrálá semena se používají jako luštěniny. Patří sem především fazolové lusky (*Phaseolus vulgaris*, L.), hrachové lusky (*Pisum sativum*, L.), které se sklízají ve stádiu mléčné zralosti k průmyslovému zpracování.

d) Kořenová zelenina

Zužitkovávají se z nich kořeny různě zdužnatělé a u některých i nať. Kořenová zelenina zahrnuje několik čeledí – mrkvovitá, brukvovitá, merlíkovitá, hvězdicovitá. Patří sem celer (*Apium graveolens*, L.), černý kořen (*Scorzonera hispanica*, L.), červená řepa (*Beta vulgaris* var. *crassa*), mrkev obecná (*Daucus carota*), křen selský (*Armoracia rusticana*), ovesný kořen (*Tragopogon*), pastinák setý (*Pastinaca sativa*), petržel zahradní (*Petroselinum crispum*), ředkev (*Raphanus sativus* var. *Major*), ředkvička (*Raphanus sativus* var. *Radicula*), vodnice (*Brassica rapa*), tuřín (*Brassica napus*, L.).

e) Košťálová zelenina

U všech košťálovin se jako zelenina používají nadzemní části rostlin, zpravidla různě utvářené listy, zveličené pupeny, zdužnatělé hypokotyly a květenství. Do této skupiny se řadí brokolice (*Brassica oleracea* convar. *Cymosa* Duch.), brukev zelná (*Brassica oleracea* L.), kapusta kadeřavá (*Brassica oleracea* var. *Sabellica*), kapusta hlávková (*Brassica oleracea* convar. *Sabauda*), kapusta růžičková (*Brassica oleracea* convar. *Gemmifera*), květák (*Brassica oleracea* convar. *Botrytis*), zelí hlávkové (*Brassica oleracea* convar. *Capitata*).

f) Plodová zelenina

Jedlé plody zeleniny se dělí na pravé bobule rostlin čeledi lilkovitých a nepravé bobule zeleniny tykvovité. Náleží sem cuketa (*Cucurbita pepo*, L.), lilek baklažán (*Solanum melongena*, L.), meloun cukrový (*Cucumis melo*, L.) a vodní (*Citrullus lanatus*, Thunb.), mochně (*Physalis alkekengi*), okurky nakládačky a salátové (*Cucumis sativus*, L.), paprika zeleninová (*Capsicum annuum*, L.), pfeferony, patisony (*Cucurbita pepo* var. *Patissoniana*), rajčata (*Solanum lycopersicum*, L.), tykev obecná (*Cucurbita pepo*), tykev velkoplodá (*Cucurbita maxima*, Duch.), tykev zimní (*Cucurbita ficifolia*, Bouché), tykev muškátová (*Cucurbita moschata*, Duch.).

g) Ostatní zelenina

Do této skupiny se řadí chřest (*Asparagus officinalis*), kukuřice cukrová (*Zea mays* var. *Saccharate* L.), kopr vonný (*Anethum graveolens* L.), fenykl sladký (*Foeniculum vulgare* var. *Azoricum*), artyčok (*Cynara scolymus*), topinambur (*Helianthus tuberosus*), ibišek jedlý (*Hibiscus esculentus*) [9], [12].

1.5 Chemické složení zeleniny

Zelenina je energeticky málo bohatou komoditou. Její hlavní složkou je voda, jejíž podíl u většiny druhů je 85 – 98 % [5]. Obsah tuků a cukrů je s výjimkou rajčat, melounů, mrkve, černého kořene, cibule a póru většinou tak malý, že z energetického hlediska nehraje žádnou roli. Obsah bílkovin je též nízký. V zelenině jsou dále obsaženy organické kyseliny, minerální látky, vitamíny, polysacharidy, aromatické látky, fytoncidy, silice, barviva [13].

1.5.1 Voda

Voda je hlavní složkou zeleniny, její podíl je u většiny druhů 85 – 98 % [5]. Množství vody, obsažené v zelenině, závisí zejména na stáří, odrůdě, druhu a vegetačních podmínkách zeleniny [13]. Voda se v zelenině vyskytuje jako volná, která je obsažena ve šťávě buněk zeleniny, i vázaná, která je vázaná na koloidy [14].

1.5.2 Sušina

Sušinu zeleniny získáme vysušením při dané teplotě do konstantní hmotnosti či v určitém čase. Sušina obsahuje řadu důležitých látek, jako jsou např. sacharidy, tuky, minerální látky apod. [15].

1.5.3 Bílkoviny a látky dusíkaté povahy

Dusíkaté látky jsou jen částečně tvořeny bílkovinami. 20 – 65 % dusíkatých látek připadá na nebílkovinné složky, jako jsou volné aminokyseliny, amidy, aj. Zelenina s intenzivně zelenými listy, jako je třeba špenát a kapusta, se vyznačují vyšším obsahem bílkovin a esenciálních aminokyselin [16].

Obsah bílkovin v zelenině se pohybuje v rozmezí 0,5 – 5 % a řadí se mezi neplnohodnotné, protože zde chybí některé z esenciálních aminokyselin, které si živočišný organismus nedovede sám syntetizovat a musí být přijímány potravou [1]. Mezi esenciální aminokyseliny patří Leucin, Izileucin, Valin, Methionin, Fenylylalanin, Threonin, Tryptofan [17]. Větší množství bílkovin obsahuje sója, hrách, fazole, kapusta růžičková, kadeřávek, česnek a petržel [1].

Zvláštní význam má v zelenině obsah dusičnanů. U některých druhů dochází k hromadění dusičnanů, zejména při nadměrném hnojení dusíkatými hnojivy. Mezi tyto druhy patří listová zelenina (špenát, zelí, hlávkový salát) a kořenová zelenina (mrkev) [18]. Redukcí dusičnanů vznikají dusitany, které oxidují hemoglobin na methemoglobin a vzniká nebezpečí alimentární methemoglobinémie, která je nebezpečná hlavně pro kojence [2]. V zažívacím traktu se mohou dusičnany měnit na dusitany, které vedou ke tvorbě karcinogenních nitrosaminů [6] a též po vstřebání do krve reagují s krevním barvivem hemoglobinem. Ten se mění na methemoglobin, který pevně váže kyslík. Kyslík není následně uvolňován ve tkáňích a vzniká cyanóza, dušnost až šokový stav [19].

1.5.4 Tuky

V zelenině je obsah tuků velmi malý (0,1 %) a s výjimkou rajčat a mrkve zcela zanedbatelný [5]. Podílejí se však na vytváření chuti a vůně zeleniny tím, že jsou součástí některých aromatických látek [1].

1.5.5 Sacharidy

Množství sacharidů v zelenině je kolísavé, pohybuje se od 3 do 7 % a jsou jejich nejvýznamnější energetickou složkou [5]. Jednoduché cukry glukóza a fruktóza jsou obsaženy téměř ve všech druzích zeleniny. Oligosacharid sacharóza je jen v některých druzích, např. v melounech, tykvích a rajčatech. Obsah cukrů velmi závisí na podmínkách pěstování a také na stupni zralosti sklizeného produktu [15].

Z polysacharidů je významný inulin, který působí jako rozpustná vláknina a je obsažen např. v černém kořeni, artyčoku a čekance. V tenkém střevě se neštěpí, ale je využíván jako zdroj živin pro „přátelské“ bakterie v tlustém střevě (např. *Lactobacillus bifidus*). Inulin podporuje růst i dělení těchto bakterií a nepřímo tak brání nežádoucímu pomnožení ostatních „nepřátelských“ bakterií [14]. Inulin je látka podobná škrobu, liší se pouze tím, že je tvořen fruktózou a právě pro dobrou snášenlivost tohoto cukru je použitelný při onemocnění *diabetes mellitus* [20].

Nejrozšířenějším polysacharidem je škrob, který je obsažen hlavně v semenech zrajících luskovin jako je např. hrách, fazole, boby, a v kořenech a hlízách [21]. Polysacharidy celulóza, hemicelulóza a lignin tvoří tzv. hrubou vlákninu a jsou stravitelné jen do určitého množství [22]. Vláknina má schopnost absorbovat vodu, zvětšuje střevní obsah a tím urychluje postup tráveniny trávicím ústrojím [14]. Dle rozpustnosti ve vodě se dělí potravinová vláknina na rozpustnou (pektin, část hemicelulóz, rostlinné slizy, polysacharidy mořských řas) a nerozpustnou (celulóza, část hemicelulóz, škrob, lignin) [2]. Vláknina je v korelaci s řadou texturních znaků (tvrdost, pevnost, pružnost, lámavost, viskozita, křehkost, gumovitost, žvýkatelnost, vláknitost, dřevnatost, kožovitost, zrnitost, pórovitost) [9]. Doporučený poměr rozpustné a nerozpustné vlákniny je 3:1. Doporučený příjem vlákniny je stanoven v rozmezí 25 až 30 g za den, avšak dosavadní konzumace vlákniny je jen 10 až 15 g za den i když jsou její účinky na lidský organismus příznivé. Vláknina poskytuje živiny pro mikroby tlustého střeva, udržuje druhovou pestrost střevních bakterií, podporuje růst sliznice na vnitřním povrchu střeva, působí na udržování vodní a elektrolytické rovnováhy v trávicím ústrojí, je zdrojem antioxidantů [20]. Vysoký obsah vlákniny je obsažen zejména v košťálové a kořenové zelenině [15].

Dalším polysacharidem obsaženým v zelenině je pektin, který je též důležitý ke správnému zažívání [12]. Je obsažen v tykvi, lilku, česneku, červené řepě, mrkvi, ale větší množství je obsaženo v ovoci (jablka, citrusy, meruňky) [14]. Pektin se využívá jako želírující látka,

stabilizátor, emulgátor a zahušťovadlo do zavařenin, džemů, lesklých polev, cukrovinek, zmrzlin, ovocných nápojů. Pektin je přirozená složka lidské stravy a považuje se tedy za bezpečnou přídatnou látku. Jeho vysoké dávky však mohou způsobovat přechodné nadýmání či střevní potíže [16].

1.5.6 Vitamíny a vitageny

Zelenina je i významným zdrojem vitamínů, a to zvláště skupiny A, B a C [5]. Vitamíny patří mezi látky, které se zúčastňují biologických procesů v živých organismech a to zejména tím, že vstupují do jejich metabolických drah. Chemicky jde o velmi různorodé látky, jejichž účinky jsou do určité míry společné a často se řadí mezi tzv. biokatalyzátory. Dle rozpustnosti se vitamíny dělí na rozpustné ve vodě (vitamíny skupiny B, vitamín C, biotin) a rozpustné v tucích (vitamín A, D, E, K, F – esenciální mastné kyseliny) [23].

Komplex vitamínů zeleniny chrání lidský organismus v mnoha směrech, zejména působí proti hypovitaminózám a avitaminózám. Často dochází k synergismu, kdy se účinek jednotlivých složek znásobuje. Některé vitamíny mají další ochranné účinky, např. proti nádorovým onemocněním (tokoferol, kyselina askorbová, β -karoten), chrání před agresivními volnými radikály, jejichž nadbytek může způsobit poškození buněk a tzv. oxidativní stres [9].

V zelenině je zejména zastoupen vitamín C (kyselina askorbová). Mimo svých antiskorbucitických účinků je aktivátorem celkového metabolismu lidského těla, preventivně působí proti ateroskleróze a onkogenezi. Zvyšuje resorpci železa, zmírňuje účinky některých škodlivin (dusičnanů, nikotinu). Potřeba tohoto vitamínu se zvyšuje při mimořádných situacích, jako je těhotenství, období laktace, při úraze, po operaci, při zvýšené námaze nebo sportu. Tento vitamín se snadno slučuje s kyslíkem a ztrácí tím svoji účinnost. Oxidaci podporuje přítomnost dvojmocného železa, mědi a enzymů uvolněných z narušeného pleťtva, kdy oxidující faktory okolí získají převahu. Rozkladné reakce rovněž urychluje zvýšená teplota a světlo [9]. Zelenina jako zdroj vitamínu C se uplatňuje především v zimních měsících, kdy se konzumuje kysané zelí, mražený špenát, zeleninové směsi a saláty [5]. Bohatou na tento vitamín je listová zelenina. Dále se hojně vyskytuje v paprice, kde je vůbec jeho nejvyšší množství ze všech druhů zeleniny, růžičkové kapustě, petrželi, pažitce, kopru, v listech celeru a v naťové cibuli [21].

Vitamín B1 (thiamin) je obsažen zejména v hrachu, cibuli, mrkvi, rajčatech a špenátu [6]. Vitamín B2 (riboflavin) je přítomen hlavně ve špenátu, v zelených luskovinách, kvěťáku

a salátu [13]. Vitamín B5 (kyselina pantotenová) je obsažen ve velkém množství v chřestu [6]. Vitamín B6 (pyridoxin) je přítomen hlavně v salátu, hrachu, kapustě a rajčatech [21]. Vitamín B7 (vitamín PP = niacin) je nejvíce obsažen v hrachu [13]. Vitamín B9 (kyselina listová) se nachází především ve špenátu, červené řepě, petrželi a tykvích [6].

Vitamín A (retinol) je v zelenině obsažen jen ve formě provitaminů (karotenoidů). Hlavním provitaminem je β -karoten, dále α -karoten a γ -karoten. Teprve v lidském organismu z nich vzniká vitamín A [9]. Nejvíce karotenoidů obsahuje mrkev, rajčata, růžičková kapusta, špenát a jiná listová zelenina [20].

Vitamín D (kalciferol) se v zelenině téměř nevyskytuje, jen v malém množství jej nalezneme v petrželové a celerové nati [9].

Vitamín E (tokoferol) působí jako antioxidant, který se vyskytuje v salátu, špenátu, chřestu, v petrželové nati a hrachu [24].

Vitamín K (fylochinon) je přítomen hlavně ve špenátu a kapustě [6].

Někdy se k vitamínům připojují látky s podobnými účinky, které však nemají všechny znaky vitamínů, s názvem vitageny. Do této skupiny patří např. S-methylmethionin, který byl původně označován jako vitamín U. Jde o biologicky aktivní formu methioninu, která v lidském organismu zabraňuje vředovému onemocnění žaludku, snižuje hladinu tuků v krvi, snižuje produkci serotoninu a histaminu. Hlavním zdrojem je hlávkové zelí a kedlubny [9].

1.5.7 Minerální látky

Minerální látky jsou pro lidský organismus nepostradatelné. Regulují fyziologické a biochemické funkce, stavbu kostí, zubů, tvorbu enzymů a hormonů [25]. Zelenina přináší do výživy také vlastní obsah jinak nedostatkových minerálních látek, především draslíku, hořčíku, vápníku, fosforu, ale i mědi a manganu [5]. V nepatrném množství je v zelenině obsažen také křemík, bór, brom, hliník, lithium, molybden, kobalt a fluor [24].

Z minerálních látek je v zelenině nejvíce obsažen draslík (K). Je důležitý pro vylučování vody z lidského těla, správnou činnost srdce a ledvin, pro regeneraci svalů a nervů [25]. Nejvíce je zastoupen v semenech fazolu, hrachu, v petrželové nati, špenátu, křenu, brokolici [26].

Sodík (Na) působí antagonisticky vůči draslíku, podílí se v lidském těle na udržení osmotického tlaku a vodní rovnováhy v tkáních [6]. Ve vyšším množství je sodík obsažen v mangoldu, salátové řepě, celeru, špenátu a mrkvi [27].

Vápník (Ca) je hlavní stavební složkou kostních a zubních tkání, snižuje krevní tlak, je důležitý pro správnou činnost nervů a ovlivňuje pružnost buněčných stěn a srážení krve [9]. Značné množství vápníku je obsaženo v petrželové nati, křenu, brokolici, mangoldu, póru, špenátu a semenech fazolu [28].

Hořčík (Mg) má doplňkovou funkci při stavbě kostí a tvorbě enzymů, podílí se na přeměně sacharidů a syntéze bílkovin. Jeho nedostatek zpomaluje růst a způsobuje vypadávání vlasů [9]. Ve vyšším množství je obsažen v semenech luskovin, v kukuřičných palicích, ve špenátu, petrželové nati a v kedlubnách [24].

Fosfor (P) je v těle přítomen jako součást kostí a enzymů, zabezpečuje přenos energie [9]. Nejvíce je obsažen v semenech luskovin, v petrželové nati, špenátu, brokolici, černém kořeni a kapustě [26].

Železo (Fe) je nepostradatelné pro tvorbu červeného krevního barviva – hemoglobinu a oxidačních enzymů. Využitelnost železa závisí na formě, v níž se nachází a na složení potravy. Železo ze zeleniny je v důsledku působení přítomného vitamínu C v těle využíváno až z 80 %, zatímco železo masa, vajec a chleba pouze z 20 až 40 %. Pokud se konzumuje např. maso se zeleninou, využitelnost železa se zvyšuje [6]. Je obsaženo zejména v pažitce, petrželové nati, v semenech luskovin, v černém kořeni, špenátu, mangoldu, kukuřici a tykvi [26].

Zinek (Zn) je nezbytný pro funkci enzymů, ovlivňuje energetický metabolismus, účastní se procesu tvorby inzulínu [9]. Relativně bohatou zeleninou na zinek je cibule, špenát, chřest, květák, rajčata a listová zelenina [6].

1.5.8 Enzymy

Enzymy jsou biokatalyzátory na bílkovinné bázi urychlující chemické reakce [23]. Činnost enzymů umožňuje vývoj, zrání a rozklad plodů. Nejaktivnější jsou během zrání, kdy probíhá v plodech nejvíce biochemických a fyzikálně-chemických procesů. Enzymy hrají důležitou roli hlavně při skladování a zpracování zeleniny, poněvadž mohou měnit nejrůznější substráty. Z hydroláz se uplatňují především různé glukooxidázy a proteázy. Významné jsou

i oxidoreduktázy a z nich hlavně lipoxygenázy, polyfenoloxidázy, proti tepelným záhřevům jsou velmi odolné peroxidázy a askorbat oxidáza, které jsou přítomné v okurkách a tykvích. Neenzymové hnědnutí hraje úlohu hlavně při sušení zeleniny, může se však projevit i při výrobě sterilované zeleniny a při zmrazování. Reakce hnědnutí probíhá zejména za přítomnosti kyslíku a je ovlivněna dobou a výší teploty při skladování. Zmírnění nežádoucích účinků lze dosáhnout omezením doby působení teploty, sířením a vyloučením kyslíku. Na této reakci se podílejí redukující cukry, organické kyseliny, aminokyseliny, aminy a jiné látky [2].

1.5.9 Organické kyseliny

Zelenina obsahuje s výjimkou rajčat a reвенě poměrně malé množství (0,2 – 0,4 %) volných kyselin. Větší část je vázána ve formě solí. pH zeleniny se pohybuje v rozmezí 5,5 – 6,6, proto se řadí k potravinám, které jsou v technologickém smyslu málo kyselé, popř. neokyselé [2], výjimkou jsou rajčata, která mají pH i pod 4,3 [9]. Příčinou kyselosti zeleniny jsou kyselé soli nebo malá množství neprchavých organických kyselin. Jsou tu zastoupeny kyselina jablečná, citrónová, vinná, v rebarboře a špenátu i kyselina šťavelová a v rajčatech nalezneme i malé množství kyseliny mravenčí [6].

1.5.10 Aromatické látky

Žádná jiná potravinová skupina nemá takovou bohatou paletu vůní jako zelenina [9]. Celkový obsah vonných látek v zelenině je malý (10 až 400 mg na 1 kg čerstvé hmoty), jsou to však množství, která vysoko převyšují prahové hodnoty smyslového vnímání člověka [29].

Aromatické látky nemají významnou úlohu v látkové přeměně lidského organismu, patří však k doplňujícím látkám, které ovlivňují psychofyziologii trávení. Hlavní živiny, bílkoviny, tuky a škroby, nemají významnou chuť a nevzbuzují chuť k jídlu. Proto je třeba, aby potrava obsahovala kromě živin a chuťových látek i složky aromatické, které ještě před konzumací vyvolávají přímou senzickou cestou touhu po přijímání potravy a nepřímo působí na zvýšení vylučování trávicích šťáv v ústech a v žaludku [6].

Aromatické látky jsou těkavé a v zelenině jich rozeznáváme až 200. Jsou to většinou aldehydy, ketony, laktony, merkaptany, aminy, alifatické alkoholy, estery, terpeny aj. a dodávají surovinám a výrobkům charakteristickou vůni a ovlivňují i jejich chuť [17]. Jiné, např. fytoncidy, mají antimikrobiální účinky a vyskytují se v cibuli a česneku (alicin, garlicin),

ředkvi a ředkvičce (rafanin), křenu (sinalbin), rajčatech (tomatin), kapustě, hlávkovém zelí, paprice a jiné zelenině. K aromatickým látkám patří též éterické oleje obsahující síru, které mají zároveň i léčebné účinky a vyskytují se v ředkvi, cibuli, česneku a křenu [6].

Skutečnost, že aromatické a vonné látky zvyšují požitek z jídla, vedla k tomu, že přirozená chuť a vůně zeleniny je při konzervování obohacována octem, solí, cukrem, kořením, případně kombinací s jinými druhy zeleniny [6].

1.5.11 Barviva

Barviva, obsažená v zelenině, ovlivňují její barevnost. Forma, v jaké se nacházejí v buňkách (rozpuštěné ve šťávě, v pevném stavu) a jejich rozmístění v částech pletiv rozhoduje často o celkovém vjemu barevnosti zeleniny [9]. Z dusíkatých barviv se v zelenině vyskytuje chlorofyl a betanin a z bezdusíkatých barviv anthokyany, flavonoidy a karotenoidy [6].

Chlorofyl – listová zeleň – je typické barvivo zelených částí rostlin. Je to látka nerozpustná ve vodě, obsahující dusík a hořčík. Skládá se ze dvou forem – *chlorofylu a* (modrozelený) a *chlorofylu b* (žlutozelený) [6]. Chlorofylové barvivo, typické pro zelenou barvu listů a nezralých plodů, podléhá při stárnutí a zrání změnám, rozkladu nebo se mění na olivově zelený feofytin, na světlezelený chlorofylin, případně na hnědý feoforbin. Z chlorofylu vznikají posléze bezbarvé produkty [9]. Chlorofyl se vyskytuje nejvíce u fazolí a špenátu, nejvýraznější změny nastávají při sterilaci v mírně kyselém prostředí u hrášku, fazolí, špenátu a kapusty [2].

Betanin je červené dusíkaté barvivo, které je ve vodě rozpustné a vyskytuje se v červené řepě. Při běžných konzervářských zákrocích je tohle barvivo poměrně stálé [30].

Anthokyany jsou barviva rozpustná ve vodě a dodávají rostlinným pletivům červené, červenofialové až modrofialové zbarvení v závislosti na pH. Chemicky jde o heteroglykosidy a jejich množství závisí na rostlinném druhu [9]. Vyskytují se ve slupce baklažánu, ve vodních melounech, červené kapustě, načervenalých listech salátů [6], červeném zelí, ředkvičkách, chřestu a cibuli [31].

Flavonoidy jsou ve vodě rozpustná žlutá barviva, která mají schopnost vázat ionty těžkých kovů, čímž působí jako přirozené antioxidační látky [23]. Nejznámější kvercetin dodává slupce cibule zlatohnědé zbarvení. Tato barviva jsou často překryta jinými barvivy, např. ve slupce červených odrůd cibule [9].

Karotenoidy jsou ve vodě nerozpustné žluté až červeně oranžové barevné látky [9]. V zelenině jsou zastoupeny především karoteny, a to α -karotenem, β -karotenem, γ -karotenem. Jsou to základní barviva mrkve, rajčat, papriky, oranžových tykví, ale jsou přítomny i v zelených listech [6]. Beta-karoten je důležitý z nutričního hlediska jako provitamin A [15]. V rajčatech je zároveň přítomný chemicky příbuzný lykopen, který má intenzivnější barvu [32]. V paprice se navíc nachází kapsanthin, který jí dodává cihlově červenou barvu [6].

1.5.12 Třísloviny

Třísloviny jsou rostlinné polyfenoly a většina z nich vykazuje trpkou až svíravou chuť [17]. U zeleniny, kromě rajčat a mrkve, se téměř nevyskytují [33].

1.5.13 Saponiny

Saponiny jsou glykosidy izoprenoidního původu, jejichž typickou vlastností je snižovat povrchové napětí vody, ve které jsou rozpuštěny a při třepání dávají stabilní pěny. Nacházejí se u špenátu, mangoldu, červené řepy, chřestu, artyčoků a rajčat [2].

1.5.14 Gibereliny

Gibereliny jsou přirozené růstové látky rostlin, tzv. fytohormony [34]. Setkáváme se s nimi především u okurek, fazolí a hrachu [2].

2 PLODOVÁ ZELENINA

Plody nejsou nic jiného než schránky pro semena rostlin. Mnohé, jako rajčata a lilek, musí být zralé, aby byly chutné. Jiné jsou nejlepší, dokud jsou ještě mladé a jemné, jako například cukety a sladká kukuřice [35]. Všechny plodové zeleniny jsou velmi náročné na teplo. Mráz je ničí a déletrvajících teploty pod 10°C zpomalují nebo zastavují jejich růst. Vyžadují slunečnou, chráněnou polohu, dobře vyhnojenou půdu a dostatek vláhy. Oceňují přímé organické hnojení, ale nesnášejí přebytek dusíku. Klíčí jen při vyšších teplotách. U nás se pěstují většinou z předpěstované sadby, aby se urychlil jejich vývoj. Plody se vyvíjejí a sklízí postupně po celou vegetační dobu. Daří se jim ve volné půdě, ale hodí se i pro využití skleníků, fóliovníků či pařenišť. Dobře reagují na dočasnou jarní ochranu fólií a netkanou textilií a na mulčování půdy [36].

Plodová zelenina obsahuje množství vitamínů a minerálních látek a rovněž cukr, i když není sladká. Přesto je vyloženě chudá na energetickou hodnotu, což je přesně to pravé pro zdravou a lehkou kuchyni [35].

2.1 Biologické dělení plodové zeleniny

Mezi plodovou zeleninu zařazujeme cukety, dýně, tykve, okurky, lilek, meloun, cukrovou kukuřici, papriku a rajče [35]. Z technologického hlediska jde o skupinu značně nesoudnou a jednotlivé druhy jsou charakteristické jak podmínkami pěstování, tak i způsobem a možnostmi zpracování [5].

2.1.1 Cuketa (*Cucurbita pepo*, L.)

Původ cuket je přisuzován Mexiku a Západní Indii, odkud byla dovezena do Středomoří [7]. Rostlina je velmi náročná na výživu. Cukety jsou jednoleté bylinné rostliny vyznačují se velkými listy, velkými žlutými květy a jejich plody jsou zelené, žluté či proužkované ve tvaru okurky. Dosahují váhy až 5 kg [37]. Plody cukety jsou válcovité, šestiboké, dužnina plodů je světle žlutá s drobnými měkkými semeny [7]. Půda pro pěstování musí být bohatá na výživné látky a z tohoto důvodu se doporučuje pěstování na kompostu. Mělo by se ale zamezit položení plodu přímo na kompost či zeminu, neboť může dojít k jejich hnití. Důležité je i zalévání [38]. Je to nízkoenergetická zelenina s příznivým obsahem vitamínů B, C, dále vápníku a fosforu. Má uplatnění při přípravě salátů, dále se smaží, dusí, přidává do polévek [7].

2.1.2 Dýně (*Cucurbita maxima*, L.)

Rostlina je velmi náročná na výživu. Má velké listy, vyrůstající z lodyhy, která je až metr dlouhá a rozvětvená. Květy mají žlutou barvu a plody mohou dosahovat hmotnosti až 50 kg [19]. Půda pro pěstování dýně musí být velmi bohatá na výživné látky, pěstuje se většinou na kompostu. Rostlina se musí dostatečně zalévat [35]. I když je dýně výborná jako celek, přece jen jejím hlavním přínosem jsou její semena, která jsou v našich podmínkách jedním z větších zdrojů zinku (až 200 mg na 100 g semen) [26].

2.1.3 Tykev (*Cucurbita pepo*, L., *Cucurbita maxima* Duchesne)

Tykev je prastará jednoletá bylina pocházející z amerického kontinentu, po Evropě se rozšířila po objevení Ameriky. Vytváří dlouhé šlahounovité výhony, plody tykve mají různé rozměry i hmotnost. Bývají kulatého, válcovitého, hruškovitého a turbanovitého tvaru. Do tykvovitých plodů patří i patisony, které se vyznačují diskovými tvary a smetanově bílou barvou. Dužina tykví má různé zabarvení - bílou, nazelenalou, žlutou nebo oranžovou. Tykve obsahují asi 90 % vody, 4 – 5 % cukru, mají vysoký obsah provitamínu A a vitamínu C. Lze je použít k přípravě různých pokrmů, do polévek nebo jako kompot [7].

2.1.4 Okurka (*Cucumis sativus*, L.)

Domovem okurek je tropická a subtropická Asie [20]. Okurka patří k jedné z nejrozšířenějších zelenin. Rostlina je jednoletá bylina a je velmi náročná na výživu, závlahu a teplotu [21]. Okurky se pěstují ve dvou základních druzích, a to jako nakládačky a salátovky [5]. Rostlina má buď plazivé (nakládačky) nebo pnoucí (salátovky) výhonky, žlutě barvené květy a zelené, podlouhlé plody [1]. Plody okurek obsahují velké množství vody (92 – 96 %), proto mají nízkou energetickou hodnotu. Obsahují také malé množství vitamínu C a minerálních látek. Hlavně v letním období jsou zeleninou občerstvující, kdy se z nich připravují osvěžující zeleninové saláty. Konzervované kvašením a sterilací se většinou podávají jako příloha k jídlům [7].

2.1.5 Lilek – baklažán (*Solanum melongena*, L.)

Lilek patří k méně známé zelenině, pocházející z Indie [3]. Rostlina je jednoletá, keříčkovitá a rozvětvená, listy má jednoduché a pevné. Plodem je převislá bobule různých velikostí a barev. Bobule bývá většinou tmavě fialová se světle zelenou dužninou. Barva bobule

může být však dle odrůdy bílá, žlutá, hnědá, purpurová až černá. Semena jsou světle hnědá [38]. Lilek obsahuje cukry, bílkoviny a tuky. Minerální látky jsou zde zastoupeny minimálně. Lilek snižuje obsah cholesterolu v krvi a podporuje vylučování žluče [20]. Lilek vyžaduje teplé prostředí s vysokým obsahem živin [37].

2.1.6 Meloun cukrový (*Cucumis melo*, L.) a vodní (*Citrullus lanatus*, Thunb.)

Botanicky se meloun zařazuje do zeleniny [7]. Rostlina melounu cukrového je velmi podobná rostlině okurky, listy jsou však pevnější a méně laločnaté [13]. Květy jsou žluté barvy, plodem je bobule, která obsahuje dužninu zelené, žluté či oranžové barvy. Plody obsahují hodně vody, vitamín C, kyselinu citrónovou a jablečnou, 5 – 8 % cukru a má vynikající dietetické účinky [21]. Půda pro jeho pěstování musí být bohatá na výživné látky, vítr a déšť mu neprospívá. Pro velké nároky na teplo se pěstuje na jižní Moravě a jižním Slovensku [37]. Za jejich pravlast je pokládána tropická Afrika, odkud se rozšířily do mnoha zemí [7].

Meloun vodní vytváří mohutnější rostliny s kulovitými, vejčitými nebo oválnými plody, které dorůstají hmotnosti 10 – 15 kg [38]. Dužnina melounu vodního obsahuje vitamín C, 3 – 5 % cukru a má výborné dietetické účinky. Nároky na pěstování jsou stejné jako u melounu cukrového [1].

2.1.7 Cukrová kukuřice (*Zea mays var. saccharate*, L.)

Kukuřice pochází z amerických And a do Evropy ji přivezli Španělé. Za zeleninu se považují mladé kukuřičné klasy (palice) [7]. Rostlina je náročná na výživu, dorůstá až 2 metrů a vytváří jeden až dva klasy. Existují odrůdy s bílými nebo se žlutými zrny. Typický je obsah cukru. Půda musí být bohatá na výživné látky a musí být kyprá. Klasy se sklízí polozralé, chomáč vláken se na konci zbarví dohněda [35].

2.1.8 Paprika (*Capsicum annuum*, L.)

Původ papriky se přisuzuje Brazílii a jihoamerickým státům. Do Evropy ji přivezli Španělé, od nichž se dostala do ostatních zemí převážně jako koření [7]. Paprika patří mezi hodnotné a oblíbené druhy zeleniny. Paprika je jednoletá rostlina [20]. Lodyha papriky je vzpřímená a rozvětvená. Rostlina má dlouhé řapíkaté listy a květy jsou bílé či nažloutlé barvy [13]. Plodem je bobule různých tvarů i barev. V tržní zralosti mohou mít plody bílou, žlutou, oranžovou, červenou a zelenou barvu. Chuť může být sladká nebo pálivá [19]. Z celé škůlky

druhů zeleniny má paprika nejvyšší obsah vitamínu C, v nedozrálých plodech je jeho obsah 200 i více mg ve 100 g čerstvé hmoty [8]. Dozrálé plody obsahují vysoké množství provitamínu A. Paprika podporuje trávení a chuť k jídlu. Výraznou ostrost papriky ovlivňuje silice kapsaicin. Z pěstitelského hlediska a dle použití plodů se paprika dělí na zeleninovou a kořeninovou [21]. V kuchyni má pestré uplatnění při přípravě salátů, omáček, jako dušená, plněná i nakládaná a sterilovaná [7].

2.1.9 Rajče (*Lycopersicon esculentum*, MILL., *Solanum lycopersicum*, L.)

Rajčata pocházejí z Jižní Ameriky. A v dnešní době patří k nejvýznamnějším druhům zeleniny [7]. Rajče je rostlinou náročnou na výživu. Rostlina je pevná, rozvětvená, květy mají žlutou barvu, plody jsou bobule různých tvarů i barev s různým počtem semenných komor [35]. Mají vysoký obsah provitamínu A a vitamínu C, menší množství vitamínů skupiny B. Z minerálních látek obsahují nejvíce železo, draslík, sodík a hořčík. Rajčata působí močopudně [26]. V kuchyni mají rajčata mnohostranné využití, zejména v čerstvém stavu na přípravu chutných a pestrých salátů v mnoha kombinacích [7]. Připravují se z nich i polévky, omáčky, zapékané pokrmy, protlaky, kečupy, sterilují se, apod. [5].

2.2 Rajčata

2.2.1 Původ a historie

Pěstování rajčat se od začátku novověku postupně rozšiřovalo po celém světě. Rajče pochází ze Střední a Jižní Ameriky [6]. Původní obyvatelé Peru ho pěstovali už v 5. století před našim letopočtem. Staří Aztékové mu dali název *tomati*. Podle některých údajů ho do Evropy přinesl už Kryštof Kolumbus ze své druhé cesty do Ameriky, podle jiných zdrojů ho přivezli Španělé z Peru po podmanění říše Inků v letech 1532 až 1533. Nasvědčoval by tomu i tehdejší název rajčete „*pomidel Peru*“ [39].

V Itálii pěstovali v roce 1554 dva druhy rajčat, a to červené a žluté. V Evropě se rajče pěstovalo nejdříve jen jako okrasná rostlina, protože se věřilo, že je jedovaté [40]. Ještě v 17. století se rajče nepokládalo za zeleninu. V některých zemích se využívalo jako léčivá rostlina proti svrabu a při očních a žaludečních onemocněních [41].

Jako potravina se rajčata začala pěstovat o mnoho později. Na pařížském trhu se objevují v roce 1793. Z tohoto období se také zachovala zpráva, že v Astrachánu v Gruzii znali

rajčata a konzumovali je podobně jako okurky s octem. Nedůvěra k rajčatům se prolomila až v 19. století, kdy byla zveřejněna jejich nutriční hodnota. Zdomácněla v Itálii, Španělsku, Anglii a Holandsku [39].

Rajčata můžeme po právu označit jako zeleninu 20. století. Běžnou součástí lidové stravy se stala mezi dvěma světovými válkami, kdy vzrostla jejich pěstitelská plocha více jak desetkrát. Jejich pěstování souviselo s rozvojem konzervářského průmyslu a intenzivně pokračovalo po druhé světové válce [39]. I v současné době se pěstování rajčat stále více rozšiřuje. Vyšlechtilo se mnoho nových kultivarů vhodných pro konzum a nebo pro průmyslové zpracování. Dnes patří rajčata k nejdůležitějším druhům zeleniny na světě [40].

2.2.2 Produkce rajčat ve světě a v ČR

V roce 1995 činila celosvětová produkce rajčat 78,28 mil.t, pěstitelská plocha 2,89 mil.ha a průměrný výnos byl 27 t . ha⁻¹. V tomto roce (1995) se podílela na světové sklizni zelenin z 16 %. Za posledních 25 let se produkce rajčat zvýšila o 133 %, plochy vzrostly o 55 %, výnosy o 50 %. Zvýšení je ze všech druhů zelenin největší, je dlouhodobé a pravidelné [40].

Rajčata se pěstují ve značném rozsahu téměř ve všech zemích. Nejvíce se jich vypěstuje v Asii – 36 % z jejich světové produkce (28,55 mil.t, plocha 1,22 mil.ha, výnosy 23 t . ha⁻¹), v Evropě – 19 % světové produkce (14,80 mil.t, 378 tis. ha, 39 t . ha⁻¹) a Střední a Severní Americe – 18 % (13,90 mil.t, 319 tis. ha, 43 t . ha⁻¹) [40]. K největším producentům patří USA, Čína, Turecko, Egypt, Itálie, Indie, Brazílie, Španělsko, ale nejvyšší výnosy dosahuje Nizozemí, Izrael a Portugalsko [6]. Na růstu produkce se podílejí vyšší výnosy dosažované zavedením výkonných hybridů, větší zastoupení průmyslových rajčat, zlepšená výživa a ochrana rostlin, růst světového obchodu s rajčaty a možnost celoročního zásobování pěstováním rajčat v různých oblastech světa. Jejich současná celosvětová spotřeba je 13,7 kg na osobu za rok [40].

V ČR se v průběhu 90. let pěstovala rajčata na ploše 2090 ha, výnos dosahoval 19,17 t . ha⁻¹ a produkce činila 39 410 t. V 90. letech se v průměru dováželo 38 524 t čerstvých rajčat a 2458 t rajčatové šťávy a kečupů. Spotřeba byla v polovině 90. let 8 kg na osobu za rok [40].

2.2.3 Biologická charakteristika

Rajče patří do čeledi lilkovitých (*Solanaceae*). Rajče je jednoletou rostlinou [42]. Jeho taxonomickou klasifikaci uvádí Tabulka č. 2.

Tabulka č. 2: Taxonomická klasifikace rajčete [43]

| | |
|----------|-------------------------------------------|
| Říše | Rostliny (<i>Plantae</i>) |
| Podříše | Vyšší rostliny (<i>Cormobionta</i>) |
| Oddělení | Krytosemenné (<i>Magnoliophyta</i>) |
| Třída | Vyšší dvouděložné (<i>Rosopsida</i>) |
| Řád | Krtičníkotvaré (<i>Scrophulariales</i>) |
| Čeleď | Lilkovité (<i>Solanaceae</i>) |
| Rod | Lilek (<i>Solanum</i>) |

Větší část kořenové soustavy se rozkládá ve vrchní části půdy a sahá do hloubky 25 cm. Při přesazování se poškodí hlavní kořeny a víc se pak rozvíjejí adventní kořeny. Čtyři až pět týdnů po výsadbě dosahují jednotlivé kořeny délky až 1,5 metru. Kořenová soustava rajčete za optimálních podmínek proroste jeden metr krychlový půdy. Velmi často se vyvíjejí i kořínky na dolní části stonku [39].

Stonk rajčete je na počátku vývoje přímý, později poléhá. Je světle zelený, později tmavě zelený a pokrytý drobnými chloupky. V druhé polovině vegetace stonk do výšky asi 20 cm zdřevnatí. Jednotlivé kultivary dorůstají výšky 0,5 – 2,2 metru [40].

Dle vzrůstu se rajčata rozdělují na indeterminantní a determinantní. Indeterminantní se vyznačují neukončeným růstem, pěstují se s oporami a boční výhonky se musí odlamovat. První soubor květů se vytvoří za 9. – 12. listem v závislosti na kultivaru [44]. Determinantní kultivary jsou všechny nízké s ukončeným růstem. První soubor květů se vytvoří za 6. – 8. listem. Pěstují se bez opory a nevytlamují se žádné listy [39].

Listy rajčete jsou důležitým znakem při rozlišování jednotlivých odrůd. Lístky jsou bohatě členěné a zubaté a jsou porostlé drobnými chloupky [40].

Květy jsou v květenstvích. Počet květů závisí na odrůdě a na vytvoření pěstebních podmínek. Nejčastěji se vyskytuje v květenství 5 – 7 květů. Květy jsou žluté, květenství může být jednoduché nebo složené [45]. Rajče je samosprašné. Velmi zřídka se stává, že se pyl přenese pomocí hmyzu [39].

Plody rajčat jsou bobule různých velikostí a tvarů. Mají kulatý, oválný, hranatý, hruškovitý, srdcovitý, vejčitý tvar a hladký povrch [40]. Velikost plodů se pohybuje od drobných velikostí třešně a hmotností několika gramů až do velkých s průměrem 10 cm a hmotností 400 g i více [42]. Plody jsou tmavě červené, světle červené, oranžové, žluté barvy [6]. Plod obsahuje značné množství plochých semen kapkovitého tvaru [40].



Obr. č. 1: Květenství rajčete [47]



Obr. č. 2: Žluté plody rajčat hruškovitého tvaru [36]

Rostlina rajčete s nezralými plody, zralé i nezralé plody rajčat a plod rajčete jsou uvedeny v příloze P IV jako obrázek 3 – 5 [43], [50].

2.2.4 Odrůdy

Odrůd existuje na světě několik tisíc a jejich identifikace není vždy možná. Kromě morfologických a vzrůstových znaků se dnešní obchodní odrůdy liší především raností, vhodností pro různé termíny a různé způsoby pěstování, vhodnosti k čerstvému konzumu nebo k různým způsobům manipulace a zpracování a také genetickými rezistencemi [40]. Dle typu vzrůstu rostliny se rozdělují na kultivary s neukončeným růstem (indeterminantní), pěstované u opory a kultivary s ukončeným růstem (determinantní), které jsou nízké a oporu nepotřebují [39].

– Indeterminantní (Tyčková) – u nás jsou povolena např. tato:

Bonset F1, Counter F1, Dario F1, Domino F1, Harzfeuer F1, Hellperle, Luca F1, Lucy F1, Marica 15 F1, Prestige F1, Sláva Porýní, Start S F1, Stupické polní rané, Stupické skleníkové, Tamina 8, Tornádo F1, Vemone F1, Venica F1, Vivia F1 [46].

– Determinantní (Keříčková) – u nás jsou povolena např. tato:

Aneta, Akord F1, Denár, Dulcia, Edelrot, GS – 10 F1, GS – X F1, Hana, Imun, Istria, Julia, Kecskeméti 262, Kecskeméti 549, Loni F1, Mecanico F1, Odeon, Opál, Orbit, Peto 95, Prisca F1, Proton, Red Hunter, Robura, Salus, Tanzimech, Titan [46].

Rychlené hybridní odrůdy s označením F1 jsou určeny pro zimní a rané rychlení, jsou odolné vůči kolísavým venkovním podmínkám, některým chorobám, škůdcům, jsou odolné vůči praskání plodů [40].

2.2.5 Podmínky pro pěstování

Pěstování rajčat ovlivňují jak klimatické, tak i půdní podmínky. Mezi klimatické podmínky patří teplota, světlo a vláha, mezi půdní podmínky se řadí hnojení, zařazení v osevním postupu a příprava půdy [39].

Rajče patří mezi teplomilnou zeleninu, ale na teplotu je méně náročné než paprika a baklažán [47]. Pro svůj vývin potřebuje optimální denní teploty 22 – 25°C a noční teploty 14 – 17°C. Vyšší či nižší teploty zastavují růst celé rostliny. Rajče patří mezi světlo milné rostliny a daří se mu jen při dobrém osvětlení. Také je rostlinou, která dobře přijímá vodu a dobře s ní hospodaří. Dle stavby kořenové soustavy je možné rajčata považovat za poměrně odolné proti suchu i přes to, že mají vysokou spotřebu vody [48].

Rajčata potřebují dobrou zásobu živin v půdě. Hnojí se chlévskou mrvou, ale dobře reagují i na hnojení dalšími organickými hnojivy. Rajčata se zařazují v osevním postupu dle místních podmínek, správně se pěstují po 4 – 5 letech na jednom stanovišti. Opakované pěstování na tom samém místě snižuje úrodu asi o 30 % [40].

Rajčata se pěstují buď z přímé setby nebo z předpěstované sadby. Výsev do venkovní půdy se provádí počátkem dubna. Výsev ve skleníku se provádí na konci ledna a výsadba přísad se provádí od poloviny dubna do poloviny května. Po čas vegetace se zaměřujeme na provzdušňování půdy, zajištění potřebného množství živin a vláhy a na boj proti škůdcům, chorobám a plevelům [39].

2.2.6 Choroby, vady, škůdci

Plodová zelenina, zejména rajče, je jedna z nejčastěji pěstovaných zelenin ve skleníku. Tato zelenina je však napadána četnými škůdci [49]. Mezi hlavní škůdce rajčat patří vlnovník

(*Aceria*), krtonožka obecná (*Gryllotalpa Gryllotalpa*), mšice broskvoňová (*Myzus Persicae*), drátovci (*Elateriforma*), potemníci a jejich larvy (*Tenebrio Molitor*), molice skleníková (*Trialeudores Vaporarium*), třásněnka zahradní (*Thrips Tabaci*), sviluška chmelová (*Tetranychus Urticae*), aj. [1]. Z chorob bývá rajče nejčastěji napadeno padlím (*Oidium Lycopersicum*), plísní (*Phytophthora Infestans*), bronzovitostí (*Tomato Spoffed*), černí (*Cladosporium Fulva*), virovou mozaikou (*Tomato Mosaic Virus*), aj. [49].

– Padlí rajčete (*Oidium Lycopersicum*)

Na rostlinách se objevují typické bělavé, moučnaté skvrny, které jsou zpočátku samostatné. Později dochází k jejich rychlému rozrůstání a splnutí a brzy pokrývají celý povrch rostliny [39].

– Plíseň bramborová (*Phytophthora Infestans*)

Od července se objevují na rajčatech vodnaté skvrny, které se rychle šíří a později hnědnou [36]. Za vlhkého počasí se na spodní straně napadeného listu může objevit bílý povlak [19].

– Bronzovitost rajčete (*Tomato Spoffed*)

U rajčete se tato choroba projevuje malými, oranžovými skvrnami na listech, které se posléze zbarvují do bronzova. Na zelených plodech se objevují žluté skvrny [49]. Virus může napadnout i papriku, napadené rostliny nelze vyléčit [50].

– Čerň rajčatová (*Cladosporium Fulva*)

Na horní straně listů nalezneme zřetelně žluté skvrny a na rubové straně se objevuje typický sametově olivově hnědý povlak. Listy schnou a opadávají [37].

– Bakteriální vadnutí rajčete (*Corynebacterium Michiganense*)

Příznakem je náhlé vadnutí jednotlivých lístků na jedné straně lichožpeřených listů, které následně usychají a hnědnou. Poté vadnou a usychají celé listy, jednotlivé lodyhy a nakonec celé rostliny [36].

– Hnědá skvrnitost rajčete (*Alternaria Solarii*)

Způsobuje na listech velké, nepravidelné, tmavohnědé skvrny s typickými kruhy [22]. Napadení stonku je příčinou jeho lámání. Houba, na rozdíl od septoriové skvrnitosti, napadá také plody, kde způsobuje tmavé skvrny [21].

- Molice skleníková (*Trialeudores Vaporarium*)

Okřídlený hmyz, který vysává spodní stranu listů [44].

- Krtonožka obecná (*Gryllotalpa Gryllotalpa*)

Nejvíce poškozují sadbu a rané zeleniny ve sklenících. Živí se kořínky mladých rostlin [49].

- Mšice broskvoňová (*Myzus Persicae*)

Živí se šťávou rostlin, vyvolává zkadeření listů, při silném napadení i odumírání celých rostlin [49].

- Drátovci (*Elateriforma*)

Podhryzávají nebo překusují podzemní části stonků rostlin [49].

2.2.7 Chemické složení

Rajčata patří mezi nutričně hodnotné zeleniny. Plody rajčat obsahují v průměru 93 % vody a 7 % sušiny. Největší část sušiny tvoří sacharidy a organické kyseliny. Dále se zde nacházejí i bílkoviny a lipidy [31]. Energetická hodnota rajčat není příliš vysoká, na 100 g rajčat připadá pouze kolem 100 kJ [36]. Chemické složení rajčete je uvedeno v příloze P I [39], [51].

2.2.7.1 Sacharidy

Chuť rajčat vytváří především přítomné cukry. V rajčeti je obsah lehce stravitelných jednoduchých cukrů kolem 1 %. 60 % tvoří glukóza, 30 % fruktóza a 10 % sacharóza. Škrob se v rajčatech nachází jen v nepatrném množství. Celulóza je přítomna jen v zelených plodech a její obsah se s dozríváním snižuje [14]. Obsah vlákniny v rajčatech je nízký, což umožňuje jejich stravitelnost [52].

2.2.7.2 Organické kyseliny

Obsah organických kyselin v rajčeti se pohybuje od 0,3 do 0,5 %, pH dužniny plodů se pohybuje kolem hodnoty 4,3 [17]. Malé množství organických kyselin, jako je kyselina citrónová (tvoří asi 60 % všech kyselin), jablečná, vinná, jantarová, mléčná, mravenčí a oxalová, dodávají spolu se sacharidy rajčatům charakteristickou sladkokyselou chuť. Tyto kyseliny podporují trávení a v trávicím traktu člověka působí inhibičně na mikroorganismy [39].

2.2.7.3 Minerální látky

Z minerálních látek obsahuje rajče nejvíce draslíku, který svým močopudným účinkem zlepšuje látkovou výměnu v lidském organismu. Dále obsahuje fosfor, vápník a hořčík a to v množstvích do 10 do 50 mg ve 100 g čerstvých plodů. Rajče obsahuje i malé množství železa, manganu, jódu, mědi, fluóru a zinku, které jsou v lidské stravě nedostatkovými minerálními látkami [39] a mají příznivý vliv na lidský organismus [21].

2.2.7.4 Vitamíny

Vitamínovou hodnotu tvoří provitamin A (β -karoten) a vitamín C (kyselina askorbová). Vitamínu C je v povrchové vrstvě třikrát více než ve vnitřní dužině a šťávě [39]. Ve 100 g rajčatové šťávy je jeho obsah 10 až 12 mg [14]. Množství β -karotenu (který spolu s lykopenem dodává rajčeti barvu) závisí na stupni zralosti plodů. U zralých plodů je jeho množství vyšší než u nezralých [52]. Rajčata obsahují také vysoký obsah vitamínu E, kyseliny nikotinové a pantotenové [14]. V rajčatech je přítomno i menší množství vitamínů skupiny B, dále vitamínu U (S-metylmethionin) a jiné cenné složky [39].

2.2.7.5 Glykoalkaloidy

Glykoalkaloidy jsou dusíkaté organické látky, které rostlina produkuje pro svoji ochranu a vyznačují se trpkou a hořkou chutí [21]. V rajčatech jsou obsaženy v různých částech rostliny, především ve slupce a semenech [2]. V zelených částech rostliny a v nezralých plodech [19].

V celé rostlině a v nezralých plodech je přítomný alkaloid solanin [36]. Vyznačuje se hořkou chutí a špatnou rozpustností ve vodě [14]. V našich klimatických podmínkách se hromadí v plodech rajčat 3 až 6 mg solaninu na 100 g čerstvé hmoty. Při dozrávání plodů a při tepelném zpracování se však rozkládá. Zralé plody obsahují méně jak 0,2 mg. Za zdraví škodlivou dávku solaninu se považuje 20 mg solaninu. Proto by se měly nezralé plody konzumovat v co nejmenším množství [39].

Rajčata obsahují tomatin v množství 1,4 až 3,4 mg na 100 g čerstvé hmoty [37], nejvíce je ho obsaženo v zelených plodech [39]. Tomatin je glykoalkaloid, který má antimikrobiální účinky. Tím se vysvětluje příznivý účinek rajčat na střevní mikroflóru člověka, kde potlačuje škodlivé bakterie [41].

2.2.7.6 Další složky rajčete

Plody rajčat dále obsahují flavonoly jako je rutin a kvercetin, které posilují kapiláry, působí protiskleroticky a protizánětlivě [31]. V plodech se dále nachází β -sitosterol, cholin a triterpenové saponiny, které mají profylaktický i léčivý účinek při ateroskleróze [22]. Cholin snižuje obsah cholesterolu v krvi, předchází tukové degeneraci jater a zvyšuje imunitu organismu. Léčivých vlastností cholinu se využívá při žloutence, zánětlivých procesech štítné žlázy a při ateroskleróze [28]. Z bioflavonoidů jsou v rajčatech v malém množství přítomny naringenin, naringenin a kyselina kumarová. Bioflavonoidy chrání lidský organismus před cévními chorobami srdce [39].

2.2.8 Nutriční význam

Rajče patří mezi nutričně hodnotné zeleniny a je velmi oblíbené. Svým složením podporuje chuť k jídlu a trávení. Plody se konzumují čerstvé nebo se konzumuje šťáva z rajčat, protlak, aj. konzervářské výrobky [21]. Zařazení do stravy se doporučuje zvláště lidem s chorobami srdce a cév a při poruchách látkové přeměny [37]. Rajčata mají mírný projímavý účinek, podporují peristaltiku střev [2]. Syrová rajčata mají schopnost mírně snižovat krevní tlak a snižovat úroveň cholesterolu v krvi. Syrová dužnina také brání rozvoji řadě mikroorganismů [52]. Rajčatová šťáva se u lidí používá zevně k léčbě infikovaných ran a vředů. Rajčata mají antibiotický účinek, brzdí vývoj některých plísní, které jsou původci chorob člověka, zvířat a rostlin [26].

Rajčata mají nízký obsah vlákniny, což zjednodušuje jejich stravitelnost a umožňuje tak zařadit rajčata do diet pro nemocné. U některých lidí může konzum syrových rajčat výjimečně vyvolat alergii. Ta se ztrácí s opakovaným konzumem rajčat nebo jí můžeme předehřít povařením, kdy se alergenní látky rozloží [39].

V celé rostlině a v nezralých plodech je přítomný solanin, který se při dozrávání plodů a tepelné úpravě rozkládá. Zralé plody ho obsahují méně jak 0,2 mg, za zdraví škodlivou dávku se považuje obsah až 20 mg solaninu. I přesto se doporučuje omezit konzumaci nezralých plodů. Rajčata také obsahují tomatin, který má antimikrobiální účinky a nejvíce je obsažen v zelených plodech [39].

Rajčata obsahují látky, sloužící jako antioxidanty [26]. Dále obsahují velké množství karotenoidů, zejména lykopenu [53]. Lykopen je nenasycený karotenoid s otevřeným řetězcem, který dodává jak rajčatům, tak spoustě dalších zelenin, červenou barvu a je účinným

antioxidantem [14]. Nejvyšší množství lykopenu nalezneme ve slupce. Lykopen chrání buňky před působením volných radikálů a může snižovat riziko onemocnění srdce a rakoviny [28]. Při vyšších teplotách se lykopen uvolňuje a v lidském organismu je lépe absorbován. Protože je lykopen rozpustný v tucích, zvyšuje se jeho rychlost vstřebávání vařením rajčat s olejem či jejich konzumací s jinými potravinami [54].

3 MINERÁLNÍ LÁTKY

3.1 Obecná charakteristika a dělení

Chemické složení potravin je možné sledovat buď jako látkové složení, tj. zastoupení jednotlivých sloučenin, nebo jako elementární složení, tj. obsah jednotlivých prvků. Pokud se pomine voda, pak převážnou část hmoty potravin tvoří organické látky [17]. Hlavními konstitučními prvky organických látek jsou uhlík, kyslík, vodík, dusík, fosfor a síra [55]. Těmto prvkům říkáme organogenní prvky. Další chemické prvky obsažené v potravinách označujeme jako minerální látky. Prvky fosfor a síra patří do obou skupin [17].

Minerální látky potravin jsou definovány jako prvky obsažené v popelu potraviny nebo přesněji jako prvky, které zůstávají ve vzorku potraviny po úplné oxidaci organického podílu na oxid uhličitý, vodu aj. [56]. Minerální podíl tvoří u většiny potravin 0,5 – 3 hmotnostních procent [17].

Minerální látky lze klasifikovat podle různých kritérií, například s ohledem na jejich množství, biologický a nutriční význam, účinky ve stravě a původ [17].

3.1.1 Dělení minerálních látek dle množství

Majoritní minerální prvky dříve nazývané makroelementy – vyskytují se v potravinách ve větším množství, obvykle v setinách až jednotkách hmotnostních procent (tj. ve stovkách až desetitisících $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) a patří k nim Na, K, Mg, Ca, Cl, P a S.

Minoritní minerální prvky – vyskytují se v potravinách v menším množství, obvykle několik desítek až stovek $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ a tvoří přechod mezi majoritními a stopovými prvky. Řadí se sem Fe, Zn.

Stopové prvky čili mikroelementy – jsou zastoupeny v potravinách v nízkých koncentracích, v desítkách $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ a méně. K potravinářsky důležitým stopovým prvkům patří Al, As, B, Cd, Co, Cr, Cu, F, (Fe), Hg, I, Mn, Mo, Ni, Pb, Se, Sn, (Zn) [57], [58].

Rozdělení minerálních látek v potravinách na majoritní, minoritní a stopové prvky zhruba odpovídá i zastoupení těchto prvků v lidském organismu [59].

Obsah minerálních látek v těle dospělého člověka (tělesná hmotnost 70 kg) je uveden v příloze P II [17].

3.1.2 Dělení minerálních látek dle fyziologického významu

Esenciální prvky jsou prvky nezbytné, které lidský organismus musí přijímat v potravě v určitém množství, aby byly zajištěny důležité biologické funkce. Mezi esenciální prvky patří všechny majoritní prvky (Na, K, Mg, Ca, Cl, P, S) a řada prvků stopových (Fe, Zn, Mn, Cu, Ni, Co, Mo, Cr, Se, I, F, B, Si).

Toxické prvky jsou prvky, které ve formě svých sloučenin nebo v elementární formě vykazují toxické účinky. K toxickým prvkům se řadí např. Pb, Cd, Hg, As.

Neesenciální prvky jsou prvky fyziologicky indiferentní, či prvky, u nichž není dosud známa biologická funkce a nejsou ani výrazně toxické. Do této skupiny patří chemické prvky v potravinách zastoupené obvykle ve stopách (Li, Rb, Cs, Ti, Au, Sn, Bi, Te, Br) [17], [60].

3.2 Prvky v potravinách

Některé prvky lze nalézt v charakteristických množstvích v tělech všech organismů (např. alkalické prvky, P, S, Cl, Fe, Zn, Cu, Mn) [61]. Říká se jim prvky invariabilní. Další prvky, označované jako variabilní, se vyskytují ve vyšších koncentracích pouze u některých organismů (např. vanad, který je obsažen v krevních buňkách pláštěnců nebo v plodnicích některých hub, zatímco u většiny ostatních organismů patří ke stopovým prvkům) [17].

Většina prvků patří mezi přirozené složky potravin. To znamená, že tyto prvky jsou v dané potravinové komoditě přítomny v určitém charakteristickém množství, které je důsledkem koloběhu prvků v přírodě a jejich přirozené distribuce v různých částech biosféry. Za přirozeně se vyskytující je možné považovat prvky esenciální a některé neesenciální [61].

Někdy je přítomnost určitého prvku v potravě ve vyšším množství důsledkem znečištění již v průběhu technologického zpracování nebo znečištění již ve fázi zemědělské produkce. Takové prvky jsou tedy cizorodé kontaminující látky, kontaminanty. Za kontaminanty se obvykle považují toxické prvky (např. Pb, Hg, Cd, As, Tl, Sb), ale také esenciální prvky (Fe, Cu, Ni), je-li jejich obsah v potravinách podstatně vyšší než charakteristické hladiny [17], [62].

Při nedostatečném příjmu některých esenciálních prvků potravou lze určité potraviny těmito prvky obohacovat. Pokud obohacení prvkem pouze vyrovnává jeho ztráty, ke kterým dochází při technologickém zpracování surovin, tak se tento proces nazývá restituce. Je-li však

zvýšena hladina prvku nad jeho přirozenou koncentraci v dané potravíně, jedná se o fortifikaci. V tomto případě lze daný prvek považovat za cizorodou aditivní látku [17].

Obsah minerálních látek se i mezi jednotlivými potravinami velmi liší a také uvnitř určité komodity může být velmi variabilní. To je dáno odlišnostmi metabolismu prvků u různých organismů, genetickými faktory a zejména podmínkami produkce potravinářských surovin. Rostlinná pletiva a živočišné tkáně totiž obsahují proměnlivá množství minerálních složek. U rostlin je obsah minerálních látek závislý na obsahu prvků v půdě, na vlastnostech půdy, způsobu a míře hnojení, na klimatických podmínkách, na stupni zralosti plodiny atd. U živočišných materiálů je rozhodující výživa, stáří a zdravotní stav zvířete [63].

3.3 Stopové prvky ve výživě rostlin

Důležitou složkou výživy rostlin kromě pěti makroelementů (dusík, fosfor, draslík, vápník, hořčík) [64] jsou i mikroelementy, jako je např. bor, zinek, mangan, molybden, měď a jiné [57]. Jejich specifické, ale i nspecifické biofunkce se pozitivně či negativně odrážejí na vnějších změnách fyziologického stavu rostliny [65]. Pozitivní vliv se v rostlinné výrobě projevuje zvýšením úrod obilnin, ovoce, případně i kvalitativními změnami v rostlinných produktech, jako je například zvýšení obsahu cukru v plodech, zvýšení a změna kvality bílkovin apod. [59].

Podmínky, za kterých rostliny přijímají mikroelementy, jsou velmi složité, příjem je nestejněměrný a je vlastně důsledkem mnoha vlivů prostředí v němž rostlina roste a biologicko-fyziologických dispozic rostliny samé [61]. Mikroelementy rostlina přijímá kořeny z půdního roztoku přednostně ve formě nejlépe přístupné. Pro přístupnost je důležitá především rozpustnost ve vodě, iontová forma, využitelnost v rostlinách [66]. Kořeny rostlin přijímají mikroelementy v hlubších půdních vrstvách převážně z minerálních sloučenin a v povrchových vrstvách z organické hmoty, kde jsou uvolňovány mikroorganismy. Po rozložení humusu přecházejí mikroelementy do půdního roztoku [61].

Esenciální charakter stopových prvků ve výživě rostlin se projeví zejména při nedostatku některého z nich v půdě nebo v prostředí, ve kterém rostlina roste [59]. Poruchy základních biochemických procesů v rostlinných buňkách se projeví na celkovém stavu rostliny a to zpomalením růstu, inhibicí fotosyntézy, snížením úrody [5], změnami v obsahu cukerných látek a bílkovin. To vše je výsledek nedostatku nebo nízké koncentrace přístupných forem mikroelementů v půdě. V těchto případech stačí obohatit půdu o chybějící stopový prvek,

aby se rostlina dostala do normálních optimálních podmínek. Někdy je třeba na odstranění deficitních příznaků v rostlině přidat dva a více prvků v určitém vzájemném poměru, tedy vyváženou směs stopových prvků [59]. Je proto důležité dobře znát působení a význam jednotlivých stopových prvků, jejich vzájemné vztahy a interakce se základními živinami [67].

Další porucha ve výživě rostlin stopovými prvky nastává v oblastech, kdy se v půdě vyskytuje, anebo se do půdy a rostlin dostávají lehce rozpustné a pro rostliny přístupné nadměrné koncentrace prvků. V takových případech se objeví toxikózy z nadbytku některého prvku, což se v rostlinách může projevit poklesem aktivity biochemických přeměn, růstu a končí až odumřením rostliny [59]. Nadbytek živin může způsobit i přehnojení [5]. Toxikózy se odstraňují potlačením účinku snížením obsahu mikroelementů na optimální koncentraci s použitím některých chelátotvorných organických sloučenin, anebo využitím antagonistického vlivu některého mikroelementu [59].

Není možné stanovit přesné dávky mikroelementů pro jednotlivé rostlinné druhy v různých oblastech hlavně proto, že to závisí hlavně na druhu rostliny, ale také na druhu a složení půdy. Významnou úlohu v určování množství mikroelementů ve výživě rostlin má také pH půdy, obsah vápníku a jiných makroprvků, přítomnost organických sloučenin [57].

Stopové prvky ve výživě rostlin zastávají rovnocenné místo s ostatními esenciálními složkami výživy jak dle funkcí v základních biochemických procesech, tak i ve výsledném fyziologickém efektu zvýšením úrod a kvality úrod [59].

3.4 Stopové prvky ve výživě zvířat a člověka

Jediným důležitým a hlavním faktorem ovlivňujícím konečný efekt živočišné výroby je krmivo. Jeho biologická hodnota závisí zejména na zastoupení všech esenciálních biologicky účinných látek v optimálním poměru a stravitelnosti a přístupnosti forem účinných látek. K určení biologické hodnoty krmiva přispívají také stopové prvky. O jejich důležitosti ve výživě vypovídají mnohé biochemické procesy, na kterých se účastní jako aktivátory nebo jsou součástí biokatalyzátorů a regulátorů životních procesů [59].

Obraz o optimálním či toxickém zastoupení mikroelementů ve výživě zvířat poskytují samy rostliny. Tzn., že pokud rostlinám v dané chybí některý prvek, ten samý prvek chybí i živočišnému organismu, pro který je rostlina krmivem. Tento nedostatek se odstraní obohacením výživy rostlin anebo obohacením výživy zvířat. Nadbytečné přijímání mikroele-

mentů může vyvolat různé toxikózy. Výsledné fyziologické změny, které jsou navenek pozorovatelné, jsou výsledkem vnitřních poruch v biochemických procesech v živočišném organismu. Někdy po přidání některého mikroelementu do krmiva, může tento prvek příznivě ovlivnit bez zjevných fyziologických příznaků váhový přírůstek, produkci mléka, snášku vajec aj. [59].

Příprava krmiv a krmných směsí s optimálně vyváženými koncentracemi mikroelementů může částečně řešit a upravit problém výživy a její doplnění o stopové prvky, které v dané oblasti chybí [57].

Lidské tělo se z 96 % skládá z pěti makrobiogenních prvků – O, H, N, C, S a jen 4 % tělesné hmoty tvoří makrominerály (Ca, Mg, P, K, Cl) a mikrominerály (Fe, Mn, Cr, F, As, Ge, Zn, Se, Mo, B, Cu, Co, J, Ni, Sn), které jsou velmi důležité a při nedostatku jednoho z nich je porušena funkce ostatních [61]. Potrava pro člověka složená z rostlinných a živočišných produktů, zaručuje téměř optimální zastoupení stopových prvků ve výživě [56]. K nadbytku stopových prvků, který je velmi škodlivý, může dojít hlavně velkými dávkami ve formě léčiv nebo konzumací potravin z přehnojených nebo chemicky nevhodně ošetřovaných půd [61].

3.5 Vzájemné působení mědi a zinku s jinými prvky –antagonismus a synergismus

Pro optimální vývoj rostliny je nutný příznivý vztah mezi jednotlivými prvky [68].

Erkama (1947) v práci o úkolech mědi a manganu ve vyšších rostlinách zjistil, že mezi oběma prvky je antagonismus, projevující se nižším obsahem manganu v rostlinách, které mají vyšší obsah mědi. V souvislosti s obsahem dusíku se zjistilo, že listy, které obsahují více dusíku, jsou bohatší na měď [59].

Je známo, že kadmium a zinek jsou antagonisty mědi [60]. Tzn., že se omezuje její vstřebávání [68]. Ale na druhou stranu měď a zinek spolu působí pozitivně na hodnoty cholesterolu. Optimální poměr zinku k mědi v lidském těle je 5:1 [69]. Mezi molybdenem a mědí existuje antagonistický vztah a oba prvky se navzájem ve svých funkcích inhibují [59]. Přítomnost dvojmocného železa v půdním roztoku zpomaluje příjem mědi [70], vysoká hladina mědi v rostlinách snižuje obsah železa v chloroplastech. Je ale i známý synergismus mědi a železa u rýžových sazenic [68].

Vzájemné působení mědi a kadmia při dodání těchto prvků do kořenového systému bývá antagonistické i synergické. Synergie může být druhotným efektem poškození membrán, ke kterému došlo nerovnovážným poměrem těchto prvků. Vysoké hladiny obsahů fosfátů v půdách snižuje absorpci mědi, naproti tomu nadbytek mědi inhibuje aktivitu fosfatázy, následkem čehož se zmenšuje dostupnost fosforu pro rostliny [17].

Vztah mezi zinkem a železem je antagonistický. Přebytek zinku vede ke zřetelnému snížení obsahu železa v rostlinách. Zinek daleko více než měď a mangan brání absorpci a přemístování železa. Na druhou stranu železo snižuje přístup zinku do rostlin. Je známo, že narušení vztahu fosforu a zinku, který vzniká při intenzivním nahromadění fosforu, vyvolává deficit zinku [68].

4 MĚĎ

4.1 Historie mědi

Pro své někdejší použití se měď označuje jako „mincovní kov“. Je to jeden z prvních kovů, které člověk ve své historii poznal. V přírodě se také vyskytuje jako ryzí, a proto pravděpodobně sloužil jako primitivní platidlo již dávno před zavedením zlatých mincí v Egyptě (asi 3400 let př. Kr.) [71].

Názory na to, kdy člověk poprvé použil měď, se rozcházejí. Všeobecně se však soudí, že to mohlo být asi kolem roku 5000 př. Kr. Měď se vyráběla přibližně 3500 let př. Kr. na Středním východě, redukcí rud dřevěným uhlím a kolem roku 3000 př. Kr. byla v Indii, Mezopotámii a v Řecku objevena její schopnost tvořit tvrdé bronzy. Tím začala „doba bronzová“ a od té doby je měď stále jedním z nejdůležitějších kovů, který se lidstvo naučilo používat [72].

Latinské pojmenování mědi i její symbol souvisejí s místem jeho výskytu. Jsou odvozovány od názvu ostrova Cypru, *aes cyprium* (později z toho vzniklo označení *cuprum*), kde získali Římané poprvé kovovou měď [71], [72].

4.2 Výskyt a rozšíření mědi na Zemi

Relativní obsah mědi v zemské kůře je 55 - 70 ppm [72]. Ryzí měď se v přírodě nachází, ale vzácně ve větším množství a vyskytuje se tedy převážně ve sloučeninách, nejčastěji v podobě sulfidu, oxidu a uhličitanu [65]. Jejimi hlavními rudami jsou chalkopyrit (křídlovitý) CuFeS_2 , který sám o sobě představuje 50 % veškerých rud obsahujících měď, dále chalkozin (leštěnec měděný) Cu_2S , kuprit Cu_2O , malachit $\text{Cu}_2\text{CO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$, azurit $2\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$, covellin CuS , bornit Cu_3FeS_3 [71], [73].

Značná množství měděných rud se nacházejí na různých místech Severní a Jižní Ameriky, Afriky a bývalého SSSR. Ve vysoce čisté formě se přírodní kov vyskytuje v okolí Velkého jezera. Naprostá většina současně produkované mědi však pochází z méně hodnotných rud obsahujících okolo 1 % mědi [71].

4.3 Výroba mědi a její využití

Výroba mědi je poměrně složitá a spojená s produkcí obrovského množství jemně zrnitého odpadu, který je velkým ekologickým problémem [71]. Získaná měď se dále čistí. Rafinace se provádí v elektrolyzáru, jehož anody jsou odlité ze surové (hutnické) mědi. Elektrolytem je okyselený roztok síranu měďnatého. Přečištěná měď se vylučuje na katodách tvořených čistou (elektrolytickou) mědí [73.] Při rozpouštění anod se uvolňují nečistoty, nazývané anodické kaly. Ty jsou významným zdrojem některých drahých kovů, jako je zlato a stříbro [74].

Přibližně jedna třetina používané mědi pochází z měděného šrotu. Roční výroba mědi z rud činí přibližně 8 miliónů tun. Hlavními světovými výrobci mědi (1980) jsou USA (15 %), bývalé SSSR (15 %), Chile (14 %), Kanada (9 %), Zambie (8 %) [71]. Čistá měď nachází hlavní použití při výrobě elektrických vodičů, kotlů a zařízení pro rychlý přenos tepla, chladičů, kuchyňského nádobí [69]. Je to materiál pro výrobu okapů a střešních doplňků. V menší míře slouží jako přísada do mincovních slitin (měď, nikl, zinek) [72], [75]. Dále se používá do běžných bronzí (měď, cín a malé množství niklu nebo manganu nebo olova či hliníku), které se využívají k výrobě kovových součástí čerpadel, součástí lodí a ponorek, protože velmi odolává působení mořské vody, dále pro výrobu soch, pamětních desek a medailí. Také se používá do mosazi (měď a zinek v různém procentuálním zastoupení), ze které se vyrábějí hudební nástroje, koupelnové doplňky a bižuterie jako tzv. kočičí zlato. Také se používá do speciálních slitin jako je například alpaka neboli Monelova slitina (měď, nikl, zinek), konstantan (měď, nikl, mangan), žlutá mosaz (měď, zinek), dural (měď, mangan, hořčík, hliník) [76], [77].

4.4 Vlastnosti mědi

4.4.1 Fyzikální vlastnosti mědi

Měď je měkký, houževnatý kov načervenalé barvy. Velmi dobře vede elektrický proud, proto se používá při výrobě elektrických vodičů. Velká množství mědi se spotřebují při výrobě celé řady slitin [71]. Měď se také přidává do mincovního stříbra, zlata a niklu [72].

Tabulka č. 3: Přehled vlastností mědi [73], [74]

| VLASTNOST | Cu |
|-----------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Atomové číslo | 29 |
| Počet přírodních izotopů | 2 |
| Atomová hmotnost | 63,546 ($\pm 0,003$) |
| Elektronová konfigurace | [Ar]3d ¹⁰ 4s ¹ |
| Elektronegativita | 1,9 |
| Telota tání (°C) | 1083 |
| Teplota varu (°C) | 2570 |
| Hustota /20°C/ (g . cm ⁻³) | 8,95 |
| Měrný elektrický odpor /20°C/ ($\mu\Omega\text{cm}$) | 1,673 |

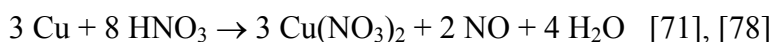
4.4.2 Chemické vlastnosti mědi

Měď je chemický prvek I.B skupiny periodické soustavy prvků. Velká množství mědi se spotřebují při výrobě celé řady slitin. K nejběžnějším patří různé mosazi – slitiny mědi a zinku, které někdy obsahují i malá množství dalších kovů [71]. Zahříváme-li měď do červeného žáru, přechází na Cu₂O. Snadno se slučuje se sírou a halogeny [55]. Vystavením účinku vlhkého vzduchu se měď pokrývá zelenou vrstvičkou hydrogenuhličitanů mědi – měděnkou [78], [79]. Měď patří mezi ušlechtilé kovy, proto reaguje pouze s kyselinami, které mají oxidační účinky. Měď se rozpouští v horké koncentrované H₂SO₄, ve zředěné i koncentrované HNO₃ a ve vodných roztocích alkalických kyanidů za současného zavádění vzduchu do roztoku nebo za přídavku H₂O₂. Produktem reakce jsou příslušné soli a oxidy, které vznikají redukcí kyseliny [71].

Reakce mědi s koncentrovanou kyselinou dusičnou a sírovou popisují následující rovnice:



Reakcí mědi se zředěnou kyselinou dusičnou nevznikne oxid dusičitý, ale dusnatý, který se tímto způsobem připravuje:



Měď se vyskytuje ve sloučeninách v oxidačních stupních Cu^+ (oxid měďný, sulfid měďný, chlorid měďný) [73] a Cu^{2+} (oxid měďnatý, sulfid měďnatý, chlorid měďnatý) [55], vzácně i Cu^{3+} a ve velmi nestabilních sloučeninách Cu^{4+} . Nejstabilnější je v oxidačním stupni Cu^{2+} . Tvoří i rozpustné a nerozpustné soli, z nichž nejvýznamnější je pentahydrát síranu měďnatého neboli modrá skalice $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{ H}_2\text{O}$, který má baktericidní účinky [71], [72].

4.5 Výskyt mědi v lidském těle

Tělo dospělého člověka obsahuje asi 100 – 180 mg mědi [17], což odpovídá průměrně koncentraci cca 1,7 mg · kg⁻¹ tělesné hmotnosti. Tímto obsahem se měď řadí mezi přechodnými prvky na třetí místo, hned za železo a zinek [71]. Koncentrace mědi v tělech novorozenců je podstatně vyšší, asi 4,7 mg · kg⁻¹ tělesné hmotnosti. Tato vysoká koncentrace slouží pro vyrovnání nedostatku mědi v mléku, které novorozenec přijímá, než přejde na smíšenou stravu [63]. Průměrná koncentrace prvku v játrech je 15 mg · kg⁻¹, v ledvinách 2,1 mg · kg⁻¹, ve svalstvu 0,7 mg · kg⁻¹, v mozku 5,6 mg · kg⁻¹. V mozkové tkáni je obsažen metaloprotein cerebropuprein [69]. Průměrná koncentrace mědi v krvi je u mužů 1,10 mg · dm⁻³ a u žen 1,23 mg · dm⁻³ [80]. Více než 90 % mědi v krvi je obsaženo v plazmě [81], kde je hlavní vazebnou látkou metaloprotein ceruloplasmin obsahující v molekule 8 atomů mědi. V erythrocytech je měď obsažena v proteinu erythrokupreinu [82].

4.5.1 Metabolismus mědi

Měď se vstřebává především v duodenální části trávicího ústrojí člověka. Stupeň resorpce se odhaduje v rozmezí 25 – 70 % [17]. Na příjmu mědi buňkami střevního epitelu se pravděpodobně podílí metalothionein jako vazebná látka. Ke vstřebávání mědi dochází dvěma mechanismy: aktivním transportem, který převažuje při nedostatku mědi v organismu, a prostou difúzí [83]. Měď je z těla vylučována stolicí a žlučí [84].

4.5.2 Biochemické funkce mědi

Měď je esenciálním stopovým prvkem pro člověka i pro ostatní živočichy [81]. Měďnaté ionty jsou součástí aktivních center řady enzymů [63]. Jsou to zejména cytochrom-*c*-oxidasa [80], superoxidodismutasa, různé aminoxidasy, hydroxylasy, oxidoreduktasy [17].

U některých bezobratlých živočichů (měkkýšů a některých členovců) je kyslík v krvi přenášen měďnatým metaloproteinem hemokyaninem, podobně jako u savců hemoglobinem [59]. Monoaminoxidasy obsahující měď pravděpodobně ovlivňují pigmentaci kůže a vlasů a lisyloxidasa je nezbytná pro integritu pojivové tkáně [72].

Měď je nezbytná také pro efektivní využití železa [60] a pro biosyntézu některých fyziologicky významných sloučenin, jako je ceruloplasmin (Cu-proteid) [59]. Ten má katalytickou aktivitu ferroxidasy, což znamená, že katalyzuje oxidaci vstřebaných iontů Fe^{2+} v krevní plasmě na Fe^{3+} , a tím umožňuje fixaci železa v molekule transferrinu [83]. Nedostatek mědi proto vede podobně jako nedostatek železa k anémii [82].

4.6 Výskyt mědi v potravinách a výživa

4.6.1 Výskyt mědi v potravinách

Většina potravin obsahuje méně než $10 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ mědi. Zvláště chudé na měď je mléko, ale na druhou stranu je jeho biologická využitelnost z mateřského mléka velmi vysoká [72]. Vyšší koncentrace mědi se nacházejí v játrech, kakau, ořechách, pohance, luštěninách a některých houbách [26]. Obsah mědi v některých potravinových surovinách a potravinách uvádí příloha P III.

Obsah mědi v potravinách může být ve výjimečných případech zvýšen kontaminací. Týká se to plodin, které byly ošetřeny některými pesticidy na bázi měďnatých sloučenin. Další možnost kontaminace mědí je při používání měděných nádob pro zpracování potravinářských surovin, dříve například v pivovarnictví. Ionty mědi působí v potravinách jako katalyzátor oxidace labilních složek, kterou je například kyselina L-askorbová a lipidy [17], [83].

4.6.2 Měď ve výživě člověka a zvířat

Doporučené denní dávky mědi jsou pro děti do 1 roku $0,4 - 0,7 \text{ mg}$, pro děti od 1 roku do 10 let $0,7 - 2,0 \text{ mg}$, pro adolescenty $1,5 - 2,5 \text{ mg}$, pro dospělé $1,5 - 3,0 \text{ mg}$ [69].

Resorpce mědi a její retence v těle závisí na chemické formě, ve které je tento prvek přítomen v potravě [17].

Využitelnost mědi zvyšuje přítomnost bílkovin a aminokyselin v dietě, přičemž komplexy mědi s L-aminokyselinami jsou lépe využitelné než komplexy s D-aminokyselinami. Rovněž karboxylové a hydroxykarboxylové kyseliny stimulují resorpci tohoto prvku. Naproti tomu vyšší dávky askorbové kyseliny, fruktosy, molybdenu sirných sloučenin a zinku výrazně snižují jeho resorpci. O zinku a molybdenu je známo, že jsou antagonisty mědi, takže vysoké dietární dávky těchto prvků mohou vyvolat příznaky deficitu mědi. V případě vysokých dávek molybdenu je to dáno sníženou resorpcí mědi a zvýšeným vylučováním mědi z organismu močí [17].

Deficit mědi u člověka je velmi vzácný. Při dlouhodobém nižším příjmu tohoto prvku, hlavně při příjmu jednostranné potravy, se objevují vyšší hladiny cholesterolu v krvi, anémie, změny srdečního rytmu, kornatění cév [69], snižuje se glukózová tolerance, dochází ke ztrátě pigmentů a k vypadávání vlasů [84].

Toxicita mědi pro savce je poměrně nízká, hodnota LD_{50} pro perorální podání $CuSO_4 \cdot 5 H_2O$ u krys je stanovena na $300 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ tělesné hmotnosti [72]. Vysoce toxické jsou měďnaté ionty pro ryby [81]. Přebytek mědi je u zdravých osob možný pouze po požití minimálně 250 mg mědi současně. Při požití tohoto množství se měď začíná chovat jako jed a působí, stejně jako těžké kovy olovo či rtuť, jako nevratný inhibitor enzymů. Při požití tohoto prvku v množství mezi 0,25 – 2 gramy, může měď způsobit vážné zdravotní problémy a vyvolat vážná onemocnění. Při požití většího množství jak 2 gramy může nastat akutní otrava mědí a smrt. Otravy mědí jsou však velmi vzácné, protože prvek má v potravě nepříjemnou chuť, která ji činí nepoživatelnou [17].

Existuje také vzácná dědičná Wilsonova choroba, při níž tělo nedokáže měď správně zpracovat a ta se pak ukládá v játrech, mozku, očích a ledvinách [69]. Tato nemoc z akumulace mědi vede k tvrdnutí jater a narušení jejich funkce [80], k šedohnědému zbarvení kůže a poruchám v hospodaření se sacharidy [83], [85].

4.7 Měď v půdě a rostlinách

4.7.1 Měď v půdě

V půdě se měď vyskytuje v anorganických i organických sloučeninách převážně jako Cu^{2+} [59]. Jako Cu^+ se někdy vyskytuje v organických vazbách [86]. Celkový obsah v půdě se pohybuje v hodnotách několika desítek ppm Cu (průměrně okolo 30 ppm), minima jsou v písčných půdách [68]. V minerální formě je měď přítomna v krystalové mřížce minerálů [57] a dále v nerozpustných solích (fosforečnany, uhličitany a sulfidy). S organickými sloučeninami vytváří komplexy, které vykazují také malou rozpustnost, ale přesto zřejmě sehrávají významnou úlohu v pohyblivosti mědi v půdě. Charakteristické je, že měď je v půdě velmi silně vázána, a to na sorpční komplex i chemicky do nerozpustných sloučenin [87]. Je proto velmi málo pohyblivá, větší část je soustředěna v povrchovém horizontu [88]. Ve většině půd je mědi dostatek. Na měď jsou nejvíce bohaté zásadité a humusové půdy [59]. Obsah mědi v půdě roste s nárůstem obsahu jílu [89]. Ani při vysokém obsahu mědi v půdě (nejčastěji po dlouhodobém užívání Cu přípravků k ochraně rostlin – vinice, chmelnice, pozemky s častým pěstováním brambor) není přijímána rostlinami v nadměrném množství. V důsledku vysoké sorpce je obtížně uvolnitelná, zvláště v půdách s vysokým obsahem organických látek. Poněkud lépe je uvolnitelná na půdách s nižší hodnotou pH [87]. Půdy bohaté na měď jsou většinou zásadité. Zjistilo se, že se zvyšujícím se pH se snižuje množství resorbované mědi v půdě [59]. Ukazuje se, že podobně jako u železa a manganu hraje významnou úlohu v příjmu mědi rozpustnost a transport organických komplexů. Tvorba organických komplexů s mědí má velký praktický význam pro řízení biologické dostupnosti a migrace mědi v půdách [68].

Mikrobiologická fixace hraje důležitou roli ve slučování mědi v některých druzích půd. Množství mědi spojené s biomasou mikroorganismů se mění v širokých rozmezech a závisí na mnohých faktorech, jako jsou koncentrace mědi v půdě, vlastnosti půdy, roční období [68].

4.7.2 Měď v rostlinách

V rostlinách i v živočišném organismu je obsah mědi známý už od počátku 19. století, ale až o celé století později se v pracích různých autorů potvrzuje nevyhnutelnost mědi pro rostliny [59]. Pro nižší organismy typu plísní, bakterií a nižších hub je měď toxická a z tohoto důvodu se používá hlavně modrá skalice jako fungicidní prostředek v zemědělství [60].

Měď je přijímána rostlinami jako Cu^{2+} . Její příjem není výrazněji ovlivněn jinými ionty. Rostliny nemají velké nároky na měď, v sušině rostlin se její obsah pohybuje v rozmezí 2 – 20 ppm. V pletivech se výrazněji nehromadí, ani při vyšším obsahu v prostředí. Je pevně vázána v kořenech – kořeny mají většinou nejvyšší obsah [87]. Měď v rostlinách je dále koncentrována v listech, generativních orgánech, plodech a semenech [82]. Větší část mědi zůstává v tkáních kořenů a listů pokud neodemřou a jenom malá množství se mohou přemístit do mladých orgánů. Následkem toho se zvláště u mladých orgánů rostliny rozvíjejí symptom deficitu mědi [68].

V rostlinách je málo pohyblivá, je vázána na komplexní a organické sloučeniny. Velká část mědi (asi 70 %) je lokalizována v chloroplastech [90]. Vysoké nároky na měď mají oves, ječmen, pšenice, středně náročné je žito, konopí, len, bavlna a červený jetel. Malé nároky mají brambory [64].

Fyziologické působení mědi je založeno na změně Cu^{2+} a Cu^+ , tedy oxidačně – redukčních procesů. Aktivuje oxidaci difenolů na chinony. Nejčastěji se tyto reakce týkají oxidací tyrosinu a taninu – tmavých látek, které vznikají po poranění rostlinných pletiv [87]. Asi nejvýznamnější je oxidačně – redukční ovlivnění kyseliny askorbové (askorbatoxidas) a účast mědi a železa v cytochromoxidase [90]. Měď se účastní některých enzymových dějů přeměny dusíku (například fixace vzdušného dusíku). Také v rostlinách jsou zřejmé souvislosti mezi mědí a metabolismem dusíku. Při nedostatku mědi se snižuje využití dusíku, u obilnin se tvoří méně zrna jako důsledek narušení tvorby generativních orgánů. Měď ovlivňuje příznivě stabilitu chlorofylu, který je pozvolněji odbouráván, a proto jsou rostliny při dostatečném množství mědi déle zelené a intenzita fotosyntézy je vyšší [87].

4.7.3 Nedostatek mědi v půdě a rostlinách

Nedostatek mědi se může projevit v lehkých, kyselých půdách, dále na půdách s vysokým obsahem organické hmoty (rašelinných stanovištích) [64], případně na kyselých rekultivovaných půdách po silném vápnění. Ve většině našich půd je však obsah mědi dostatečný. I když přijatelnost mědi není tak výrazně ovlivňována hodnotou pH půdy, je možné po radikálním vápnění silně kyselých půd očekávat snížený příjem tohoto prvku [87]. Nižší příjem mědi nepříznivě ovlivňuje především obilniny a dále ovocné stromy [59]. Je omezena tvorba generativních orgánů, u obilnin je nižší výnos zrna [64], a protože se většinou nemění výnos slámy, rozšiřuje se poměr mezi hmotností slámy a zrna. Zjevné příznaky

nedostatku mědi se objevují na obilninách již po odnožení [87]. Špičky listů zesvětlí a zasychají, listy jsou úzké a stáčeji se, později je omezen růst internodií. Vážně je zasažena tvorba generativních částí [56]. Při mírnějším nedostatku mědi je část kvítka neplodná, takže části klasů a lat, nejčastěji vrcholové partie jsou hluché, při silném nedostatku klasy nemetají nebo jsou velmi slabé a hluché [82].

U ovocných stromů při nedostatku mědi odumírají letorosty [59], na okraji listů se objevují chlorózy a nekrózy, listy jsou deformované [87]. Oddaluje se plodnost stromů po výsadbě, je značně omezena násada květů, a tím i výnos ovoce [57]. Může se také objevit chloróza na listech, vadnutí, slabá tvorba semen. Nedostatky jsou nejvíce viditelné na mladých částech rostlin. Nedostatek mědi zesiluje nadměrné hnojení dusíkem [70].

4.7.4 Nadbytek mědi v půdě a rostlinách

Nadbytek mědi je u rostlin ojedinělý. Je to způsobeno jednak tím, že měď je v půdě velmi silně sorbována, takže nepřechází ani při jejím velkém přísunu do půdy do půdního roztočů, a dále okolností, že není transportována do nadzemních orgánů ve větším množství. Pokud je zvýšená koncentrace mědi v prostředí, zůstává většinou lokalizována v kořenech. Rostlina má schopnost při zvýšeném příjmu tohoto prvku řadou mechanismů snížit mobilitu prvku v rostlině – pevnou vazbou v bláně buněčné, omezením průchodu membránou, aktivním výdejem z cytoplasmy, uložením ve vakuole a chelatizací v membráně a cytoplasmě. Tím většinou není nebezpečí většího průniku mědi do potravního řetězce [87]. Zvýšený příjem mědi je možné očekávat po jednostranném a velmi častém hnojení kaly z čistíren, použití kompostů vyrobených z komunálních odpadů, hnojení hnojiv obsahující měď, průmyslové zdroje [68]. Citlivé na vysoký obsah tohoto prvku jsou bobovité rostliny. Vyšší obsah mědi v rostlinách je nežádoucí v krmivech [87].

Nadbytek mědi se projevuje téměř u všech rostlin podobně jako nedostatek železa, kdy vyvolává příznaky chlorózy. Při tom je vývoj rostlin zpomalen. Nadbytek také může způsobit u rostlin omezené odnožování, abnormálně tmavé zbarvení kořínků [70], vady vývoje kořenového systému [68].

4.7.5 Odstranění nedostatku mědi u rostlin

K odstranění nedostatku mědi je nejčastěji používán síran měďnatý (obsahuje okolo 25 % mědi) [91]. Běžná dávka této technické soli je 15 – 20 kg . ha⁻¹ k obilninám. Také pro přihnojování během vegetace se používá asi 0,1 %tní roztok síranu měďnatého. Je vhodné postřiky realizovat ráno nebo večer [87]. Dále se používá měď ve formě chelátů ve speciálních hnojivech Kuprocit, Kuprohum [30].

5 ZINEK

5.1 Historie zinku

Zinek se získává redukcí ZnO dřevěným uhlím při teplotě 1000°C nebo i vyšší. Za takové teploty se však páry kovu snadno znovu oxidují a jejich kondenzace se tedy musí provádět za nepřístupu vzduchu. Poprvé se to pravděpodobně podařilo ve 13. století v Indii a tato znalost se převedla do Číny, kde se používaly zinkové mince v období dynastie Ming (1368 – 1644). Příprava slitin zinku tavením směsi rud vyžaduje izolaci čistého zinku a je daleko snadnější. Malá množství zinku přítomná ve vzorcích rané egyptské mědi jsou zřejmě důsledkem složení místních rud, naopak palestinské mosazi, pocházející z let 1400 – 1000 před Kristem a obsahující kolem 23 % zinku, musely být vyráběny úmyslným smícháváním měděných a zinkových rud. Obdobně byla mosaz vyráběna Římany na Kypru a později v oblasti Kolína nad Rýnem [71].

Ve středověké Evropě se zinek nevyráběl, i když malá množství tohoto kovu se získávala náhodnou kondenzací při výrobě olova, stříbra a mosazi. Asi od roku 1605 jej dovážela z Číny Východoindická společnost. V Anglii začala výroba zinku v oblasti Bristolu začátkem 18. století, rychle následovala výroba ve Slezsku a v Belgii [71].

Původ jeho názvu je nejasný, ale lze přijmout domněnku, že byl odvozen od slova *Zinke* (německy bodec nebo zub) podle vzhledu kovu [71], [92].

5.2 Výskyt a rozšíření na Zemi

Obsah zinku v zemské kůře je 76 ppm [71]. Patří mezi chalkofilní prvky. V redukční atmosféře, která převládala při tuhnutí zemské kůry, se vyloučil v sulfidové fázi a jeho nejdůležitější rudou je tedy sulfid [65]. Vlivem povětrnostních podmínek docházelo později k vyluhování zinku a k jeho srážení ve formě uhličitanu, křemičitanu nebo fosforečnanu [71].

Hlavními rudami zinku jsou ZnS (blejno zinkové, sfalerit) a ZnCO₃ (kalamín, smithsonit). Velká naleziště těchto rud jsou v Kanadě, USA a Austrálii [71]. Méně významné rudy jsou hemimorfit Zn₄Si₂O₇(OH)₂.H₂O, franklinit (Zn, Fe)O.Fe₂O₃, zinkit neboli červená ruda zinková ZnO, troosit (Zn, Mn)₂SiO₄. Vzácně se v přírodě můžeme setkat i s elementárním, kovovým zinkem [71], [92].

5.3 Výroba zinku a jeho využití

Téměř 90 % zinku se vyrábí ze sulfidických rud. Sulfidické rudy se nejprve převedou pražením na oxid zinečnatý. Vedlejším produktem reakce je oxid siřičitý, který je výchozí surovinou pro výrobu kyseliny sírové [71]. Elementární zinek se z oxidu zinečnatého získává elektrolyticky nebo redukcí koksem. Při elektrolytickém způsobu výroby se oxid zinečnatý reakcí se zředěnou kyselinou sírovou převede na síran, jehož roztok se elektrolyzuje [93]. Výsledkem procesu je zinek o čistotě 99,95 %. Redukce oxidu zinečnatého koksem se provádí při teplotě odpovídající varu zinku. Získaný kov se dále čistí vakuovou destilací a jeho čistota se tak zvyšuje na 99,99 % [73].

Světová produkce zinku je poměrně stálá a činí kolem 6 miliónů tun ročně. Nejvíce rudy se těží v Kanadě, většina z ní se však zpracovává jinde [71], [92]. Elementární zinek nachází významné uplatnění jako antikorozi ochranný materiál především pro železo a jeho slitiny [75]. Pozinkovaný železný plech se vyrábí řadou postupů, nejčastější je to galvanické pokovování, postřikování, napařování nebo žárové nanášení tenkého povlaku zinku. Na antikorozi povlaky se spotřebuje 35 až 40 % celé produkce [71]. Zinek má velmi dobré vlastnosti pro výrobu odlitků. Díky své dobré zatékavosti vyplňuje roztavený zinek dokonale odlévací formu. Vyrábí se tak kovové součástky, které jsou dobře odolné vůči atmosférickým vlivům (nekorodují), ale nemusejí snášet výrazné mechanické namáhání, protože zinek je mechanicky velmi málo odolný. Příkladem mohou být některé části motorových karburátorů, kovové ozdoby, okenní kliky, konve, vědra, vany, střešní okapy, střechy, obkládání nádrží a skříní. Poměrně významné místo patřilo zinku ve výrobě galvanických článků a jejich baterií. Dodnes je běžně užíván zinko – uhlíkový článek. V této oblasti je zinek nahrazován jinými kovy, zejména niklem a lithiem. Ze slitin zinku je nejvýznamnější slitina s mědí – bílá a červená mosaz. Prakticky se využívá řady různých mosazí s odlišným poměrem obou kovů, které se liší jak barvou, tak mechanickými vlastnostmi – tvrdostí, kujností, tažností i odolností vůči vlivům okolního prostředí. Bílá mosaz se skládá z 85 % zinku, 10 % mědi a 5 % hliníku. Dalšími významnými slitinami jsou různé druhy bronzu. Zinek se i v menší míře používá při výrobě klenotnických slitin se zlatem, stříbrem, mědí a niklem. Mnoho ze sloučenin zinku se využívá jako nátěrové barvy. K nejvýznamnějším patří lithopon, což je směs sulfidu zinečnatého a síranu barnatého, nebo zinková běloba, což je jemně práškový oxid zinečnatý [92]. Další sloučeninou je sulfid zinečnatý, který se používá do luminiscenčních nátěrů [75], [79].

5.4 Vlastnosti zinku

5.4.1 Fyzikální vlastnosti zinku

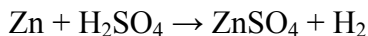
Zinek je modrobílý kovový prvek se silným leskem [94], který však na vlhkém vzduchu ztrácí. Za normální teploty je křehký, v rozmezí teplot 100 – 150 °C je tažný a dá se válcovat na plech a vytahovat na dráty, nad 200 °C je opět křehký a dá se rozetřít na prach. Zinek je snadno tavitelný, je tepelně i elektricky vodivý [71], [92].

Tabulka č.4: Přehled vlastností zinku [73], [74]

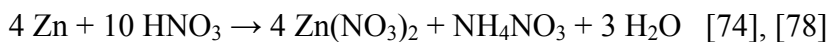
| VLASTNOST | Zn |
|----------------------------------------|--------------------------------------|
| Atomové číslo | 30 |
| Počet přírodních izotopů | 5 |
| Atomová hmotnost | 65,38 |
| Elektronová konfigurace | [Ar]3d ¹⁰ 4s ² |
| Elektronegativita | 1,6 |
| Teplota tání (°C) | 419,5 |
| Teplota varu (°C) | 907 |
| Hustota /20°C/ (g . cm ⁻³) | 7,14 |
| Měrný elektrický odpor /20°C/ (μΩcm) | 5,8 |

5.4.2 Chemické vlastnosti zinku

Zinek je chemický prvek II.B skupiny periodické soustavy prvků. V silných minerálních kyselinách se zinek velmi ochotně rozpouští za vývoje plynného vodíku. Na vzduchu je stálý, protože se rychle pokryje tenkou vrstvičkou oxidu, která jej účinně chrání proti korozi vzdušným kyslíkem i vlhkostí – tzv. pasivace. Zinek se také rozpouští v roztocích hydroxidů, vodném amoniaku a za tepla také v chloridu amonném, což je projevem jeho amfoterity (rozpuštění v kyselinách i hydroxidech) [92], [94]:



S kyselinou dusičnou reaguje za vzniku dusičnanu amonného a zinečnatého:



Zinek na vzduchu při zahřátí hoří jasně svítivým modrozeleným plamenem, přičemž vzniká bílý oxid zinečnatý. Za červeného žáru se zinek také oxiduje vodní parou a oxidem uhličitým, který se redukuje na oxid uhelnatý. S halogeny reaguje zinek velmi neochotně a pouze za přítomnosti vody. Za tepla se zinek slučuje také se sírou a fosforem. S dusíkem, vodíkem a uhlíkem se neslučuje vůbec [92].

S velkým počtem kovů je zinek neomezeně mísitelný a tvoří slitiny a sloučeniny. Ve svých sloučeninách se zinek vyskytuje vždy jako kladně dvojmocný zinečnatý kation. Tvoří anorganické sloučeniny (oxid zinečnatý, hydroxid zinečnatý, sulfid zinečnatý, chlorid zinečnatý, jodid zinečnatý, dusičnan zinečnatý, síran zinečnatý, uhličitán zinečnatý, křemičitan zinečnatý) [94], komplexní sloučeniny (hydroxozinečnatany, amoniakáty zinku, kyanid zinečnatý) a organické sloučeniny (octan zinečnatý, šťavelan zinečnatý). Zinek tvoří i mnoho solí rozpustných i nerozpustných, z nichž nejvýznamnější je heptahydrát síranu zinečnatého neboli bílá skalice $\text{ZnSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ a dihydrát chloridu zinečnatého $\text{ZnCl}_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ [74], [93].

5.5 Výskyt zinku v lidském těle

Zinek je esenciálním stopovým prvkem v lidském těle [95]. V těle dospělého člověka je obsaženo 1,4 – 3,0 g zinku [80], tj. zhruba třetina až polovina obsahu železa, přibližně desetinásobek až patnáctinásobek obsahu mědi a zhruba stonásobek obsahu manganu. Vysoké koncentrace zinku se nacházejí především v kůži, vlasech, nehtech, očních tkáních, játrech, ledvinách, slezině a v mužských pohlavních orgánech [17].

Krev obsahuje $6 - 7 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ zinku, přičemž 75 až 88 % tohoto množství připadá na erythrocyty, 12 až 22 % na krevní plasmu a zbytek na leukocyty a krevní destičky. V krevní plasmě je zinek vázán především na sérový albumin. V červených krvinkách je obsažen zejména v enzymu karbonátanhydratase [17].

5.5.1 Metabolismus zinku

Do organismu se zinek dostává potravou a jeho resorpce v trávicím ústrojí probíhá v celém tenkém střevě [59]. Účinnost resorpce je za normálních podmínek asi 30 % [83] a je regulována buňkami střevní sliznice. Je pravděpodobné, že se na regulaci transportu zinku do střevních buněk podílí přenašeč peptidového nebo bílkovinného charakteru. Resorpce zinku je vyšší u jedinců s nižší tělesnou hmotností a v případě nižší saturace organismu zinkem. Naopak při perorálním podávání vysokých dávek zinku se účinnost resorpce snižuje [17].

Zinek je z organismu vylučován stolicí, potem, slinami, močí, žlučí, spermatem, menstruační krví [84]. Do střevního obsahu se dostává ve vylučované žluči a pankreatické šťávě. Každý den člověk vyloučí asi 3 mg zinku stolicí, 0,3 – 0,6 mg močí a 1 mg kůží, vlasy a potem (vyloučené množství záleží na množství přijatého zinku) [59]. Například sportovci, kteří trénují pravidelně a s plným nasazením, by měli zvláště sledovat hladinu zinku v organismu, protože jej ve velkém množství vypotí [63].

Stupeň resorpce zinku je závislý mimo jiné na složení stravy. Vysoký obsah bílkovin a aminokyselin zvyšuje účinnost resorpce [82]. Opačně působí fytová kyselina a vláknina [83]. Bylo zjištěno, že molární poměr fytová kyselina / zinek je určitým měřítkem biologické využitelnosti zinku z různých potravin. Dlouhodobý příjem stravy s poměrem fytát / zinek větším než 20 : 1 vede k deficitu zinku [17] a je ztížen příjem zinku ve střevech [69].

Metabolismus zinku mohou negativně ovlivnit některé léky. Jedná se zejména o chelatační činidla, ale také o některá antibiotika, např. penicilin [60].

5.5.2 Biochemické funkce zinku

Zinek je jedním z nejdůležitějších stopových prvků, které tělo člověka potřebuje ke správné látkové výměně a k využití vitamínů [96]. Spolu s enzymy plní nejrůznější úkoly, mimo jiné i posilování imunitního systému [63]. Přítomnost zinku v organismu je nezbytnou podmínkou pro správné fungování řady enzymatických systémů – nejvýznamnější je patrně inzulínový [92]. Inzulín je regulátor přeměny glycidů v živočišném a lidském těle. Při poruchách pankreatu a tím i při poruchách tvorby inzulínu se snižuje obsah zinku v pankreatu [59]. Je známo více než 200 metaloenzymů, které obsahují zinek [97]. Přítomnost zinku v jejich molekulách je nezbytná pro jejich katalytickou funkci [98]. Jsou to např. alkoholdehydrogenasa, laktátdehydrogenasa, superoxiddismutasa, karboxypeptidasa, alkalická fosfatasa [99], RNA-polymerasa, DNA-polymerasa a jiné. Zinek se tedy podílí

na katalýze reakcí v mnoha metabolických drahách. Zinek také tvoří komplexy s peptidovým hormonem pankreatu insulinem [17]. Insulin v komplexu se zinkem je stabilnější a v organismu se pomaleji odbourává [80].

Kromě toho působí zinek i jako antioxidant, tj. dokáže zabránit chemickým reakcím (oxidacím), jež tělu škodí - zinek zachycuje volné radikály [63], [69].

5.6 Výskyt v zinku v potravinách a výživa

5.6.1 Výskyt zinku v potravinách

V potravě jsou hlavním zdroji zinku játra, tmavé maso, mléko, vaječné žloutky a mořští živočichové – především ústřice. Z rostlinných produktů jde především o celozrnné cereálie, fazole, ořechy [83], dýňová semínka, pšeničné klíčky [63]. Klíčky pšenice obsahují nejen velice mnoho zinku, ale i vitamín E, rostlinné bílkoviny, vitamíny skupiny B, dále pak železo, vápník, fosfor, hořčík, selen a další tzv. mikroprvky [26]. Protože množství přijímaného zinku, obsaženého v živočišné potravě značně převyšuje objem zinku, který může být získán z rostlinné potravy, je důležité, aby přísní vegetariáni dbali o dostatečný příjem zinku, především v případě těhotných žen [92]. Obsah zinku v některých potravinových surovinách a potravinách je uveden v příloze P III.

Také je důležité jak se potravina upravuje, protože kvůli úpravě postupů v potravinářském průmyslu potravou přijímáme daleko méně zinku. Tak například hlazená rýže obsahuje jen pětinu zinku na rozdíl od neupravené přírodní rýže [69]. Některé potraviny se zinkem fortifikují [100].

5.6.2 Zinek ve výživě člověka a zvířat

Doporučené denní dietární dávky zinku jsou 5 mg pro děti do 1 roku, 10 mg pro děti od 1 roku do 10 let, 15 mg pro chlapce a muže, 12 mg pro dívky a ženy, 10 mg pro muže a ženy nad 50 let. Pro těhotné ženy se doporučuje dávka 15 mg, v době kojení 16 – 19 mg [92]. Naše strava nám však poskytne nejvíce 4 až 6 mg zinku denně [26].

Deficit zinku může nastat při dlouhodobém přijímání nízkých dávek zinku dietou nebo při převaze takových složek stravy, které snižují biologickou využitelnost zinku [17] (velká množství sladkého či slaneého jídla [26]). To může být nebezpečné zejména v dětském věku. Nedostatek tohoto prvku má pak za následek zpomalený růst a nedostatečný vývoj

mužských pohlavních orgánů [92]. Dalšími příznaky jsou ztráta chuti, změny na kůži, vypadávání vlasů a nehtů. Řadu těchto změn je možné včasným podáním vyšších dávek zinku vrátit do normálního stavu [17].

Zinek je ve vyšších dávkách toxický. Perorální podání 2 g zinku a vyšším množství (ve formě $ZnSO_4$) způsobí podráždění sliznic trávicího ústrojí a zvracení. Přijetí tak vysoké dávky potravou je ale zcela vyloučeno. Dlouhodobý příjem desetinásobku až třicetinásobku doporučené denní dávky (tj. 100 – 300 mg) vede k některým změnám krevního obrazu, které jsou typické při deficitu mědi. Zinek je totiž antagonistou mědi (omezuje vstřebávání mědi) [17]. A také se přebytek zinku v těle vylučuje a navíc tělo nikdy nemá dost vitamínu A pro jeho aktivaci [26]. Při mimořádně vysokém příjmu zinku nekontrolovaným používáním zinkových přípravků nebo potravin z pozinkovaných konzerv může dojít k těžkým obtížím (průjem, třes, horečka) [83], chronický nadbytek zinku může vyvolat problémy s koordinací svalů, selhání ledvin [69], chudokrevnost (anémii), diabetes [101], kostní změny a retardaci růstu, psychickou labilitu, špatné hojení ran, vypadávání vlasů [83]. Zvýšená koncentrace zinku byla pozorována v plazmě u dělníků v galvanických provozech, kde tento prvek vdechovali z ovzduší. Dithiokarbamáty zinku byly používány při odvykací protialkoholní léčbě (antabus), avšak v současné době se od používání těchto preparátů upouští z důvodu podezření na jejich karcinogenitu [60].

5.7 Zinek v půdě a rostlinách

5.7.1 Zinek v půdě

Obsah zinku v půdě je v rozmezí několika desítek ppm [86] a vyskytuje se hlavně v minerální formě jako součást krystalové mřížky minerálů (biotit, augit, amfibol), část je vázána jako kationt Zn^{2+} , případně $ZnOH^+$ v sorpčním komplexu [59]. Menší podíl zinku v půdě je vázán v organických sloučeninách. Minerální sloučeniny jsou kromě ZnS relativně rozpustné, ale pouze v kyselé oblasti pH. Proto je také větší část zinku v půdním roztoku, zvláště při neutrální a alkalické oblasti pH, organického původu, nejčastěji je vázána na aminokyseliny a fulvokyseliny a také je v chelátových vazbách. Mobilita zinku je v půdě poměrně malá, zvláště při vyšších hodnotách pH, [87] vyšším obsahu fosforu a vápníku a určuje vznik deficitu tohoto prvku pro rostliny [68].

5.7.2 Zinek v rostlinách

Zinek patří k základním mikroelementům ve výživě rostlin [102]. Rostlinami je přijímán jako Zn^{2+} . Nároky jednotlivých druhů rostlin jsou rozdílné [68] a jeho obsah v pletivech rostlin se pohybuje v rozmezí 20 – 100 ppm zinku v sušině. Kritickou hladinou u většiny rostlin je 20 ppm. Nižší příjem prvku signalizuje již deficit a pod 10 ppm je již provázen zjevnými příznaky nedostatku. Na jeho příjem má vliv pH a množství fosforu v prostředí. Často byl zaznamenán nedostatek zinku po hnojení vyššími dávkami fosforu. Zvýšené množství fosforu v půdním roztoku zřejmě krátkodobě sníží rozpustnost zinku – vytvářejí se nerozpustné fosforečnany zinečnaté. Z výsledků Trierera a Bergmana (1974) je zřejmé, že vyšší hodnota pH snižuje příjem zinku a podobně působí fosfor. Výrazně je omezen příjem zinku spolupůsobením fosforu a vyšší hodnoty pH. Příjem zinku je potlačován také přítomností většího množství železa a mědi, zatímco zvýšené množství manganu nemá významnější vliv. Vyšší obsah fosforu omezuje pohyb zinku v rostlině – hlavně jeho transport do vegetačních vrcholů. Proto je v rostlinách důležitý nejen obsah zinku, ale i vzájemný poměr fosforu a zinku. Při vyšším obsahu fosforu musí být i vyšší obsah zinku a naopak. Pohyblivost zinku v rostlině je obecně nízká, je však lepší než např. u boru, železa a molybdenu, zvláště v mladých pletivech [87]. Mimokořenová výživa (postřik mladých částí rostlin) může zajistit příjem chybějícího zinku [59]. Nejvíce zinku se nachází v mladých listech a stoncích [68].

Fyziologický význam zinku spočívá hlavně v tom, že je součástí prostetických skupin enzymů a řadu enzymových reakcí aktivuje [87]. Je součástí karbonátdehydratasy [71]. Je to enzym, který v chloroplastech katalyzuje vzájemné reakce mezi oxidem uhličitým, vodou a ionty H^+ a HCO_3^- , a tím působí jako H^+ pufr [87]. Dále je součástí RNA polymerasy [89], alkalické fosfatasy a fosfolipasy [103]. Působí specificky na aktivaci mnoha enzymových reakcí. U některých reakcí má účinek nespecifický a podobné působení jako hořčík – umožňuje vazbu enzymu na substrát. Při těchto reakcích může být zaměněn, případně spolupůsobit s jiným prvkem, nejčastěji s manganem a hořčíkem [87].

Zinek výrazně působí na metabolismus glycidů – při jeho poklesu v pletivech klesá aktivita fruktosa – 1,6 – bifosfatasy, karbonátdehydratasy a dalších enzymů, které zajišťují syntézu glycidů. Je tedy výrazně ovlivňována produkce energeticky bohatých sloučenin [82]. Podobně jako mangan se zinek podílí na dusíkatém metabolismu rostlin [104].

Je známo, že zinek ovlivňuje prodlužovací růst rostlin. Jeho působení je dáváno do souvislosti s obsahem kyseliny indolyloctové. Při nižší koncentraci zinku se zvýší oxidační procesy a dochází k oxidaci kyseliny indolyloctové, takže v pletivech je nižší hladina kyseliny indolyloctové a je inhibován růst. Nedostatek zinku proto vyvolává poruchy v dělení buněk na špičkách kořenů, na vegetačních vrcholech a kambiálních pletivech. Je porušen normální růst rostlin. Při nedostatku tohoto prvku je také snížen počet chloroplastů, čímž se rovněž snižuje i obsah chlorofylu a na rostlinách se objevují chlorotické skvrny [87].

5.7.3 Nedostatek zinku v půdě a rostlinách

Faktory, které se podílí na tvorbě deficitu zinku jsou např. nízký obsah prvku v půdě, antagonismus k jiným prvkům, omezené pohlcování kořeny, pH vyšší než 7 [68]. K rostlinám, které poměrně často trpí nedostatkem zinku patří kukuřice, chmel, vinná réva, ovocné stromy a fazole [59]. Méně choulostivé jsou brambory, cukrovka, vojtěška, jetele, rajčata a cibule. Nejméně pak obilniny, trávy, hořčice a hrách [87]. Při nedostatku zinku se na listech objevují mezi žilnatinou světlé až bílé skvrny [61].

V chlorotických pásech se vytvářejí červenohnědé nekrotické zóny, které se zvětšují, až listy odumírají. Kukuřice má při hlubším deficitu zakrnělý růst, listy na vegetačním vrcholu jsou stočené a jakoby spleené, stonek je silný a často puká [87]. U ovocných stromů je bržděn růst letorostů, mladé výhonky snadno namrzají a předčasně odumírají [64] a může vyústit až v neplodnost stromů [57]. Listy a větvičky mají omezen růst do délky. Listy jsou menší, úzké, jsou šedozelelé, někdy chlorotické a předčasně opadají [5]. U vinné révy se také tvoří menší listy, mají žlutavé skvrny. Výhony jsou slabé, tvoří se více nových a slabých výhonů [87]. Nedostatek zinku vyvolává na listech fazolu chlorózy, které jsou většinou soustředěny na okraje listů. Barva se postupně mění až na šedou, listy se stávají asymetrickými. Příznaky připomínají nedostatek manganu, železa a hořčíku a mnohdy se jedná o spolupůsobení i více prvků. Nejčastěji se nedostatek zinku objevuje již při rašení listů [70].

U nás byl nedostatek zinku považován za příčinu kadeřavosti chmele, při které je snížen růst rostlin, omezena tvorba postranních plodonosných větviček, listy jsou deformované. Dochází k výrazné redukci výnosu hlávek a zhoršení kvality. Dnes je známo, že příčinou kadeřavosti jsou *rickettsie*, ale dostatek zinku může toto onemocnění značně omezovat. Pro chmelařské oblasti se proto vyrábějí speciální hnojiva, kterými je zinek dodáván, např. Zinkovit, Zinkocit, Nitrozinek [87].

Při nedostatku zinku ve výživě rostlin se vyskytují i poruchy tvorby chlorofylu. Listy rostlin, na kterých byla pozorována chloróza z nedostatku zinku, obsahují nízké množství tohoto prvku. Kořeny rajčat, kterým chybí zinek, jsou nepravidelně tvarované. V rostlinách s nedostatkem zinku ve výživě se pozorovalo snížení obsahu vody. Přidání solí zinku do výživy rostliny, které tento prvek chybí, způsobí rychlé zvýšení obsahu vody, který tak vlastně provází stimulační účinek zinku na rostliny. Nedostatek tohoto prvku v rostlinách se projevuje také poruchami metabolismu dusíkatých sloučenin [59].

5.7.4 Nadbytek zinku v půdě a rostlinách

Nadbytek zinku a jeho případné toxické působení v přirozených podmínkách je ojedinělé [70]. Může přicházet v úvahu poblíž některých průmyslových podniků a při nadměrné aplikaci odpadů obsahujících tento prvek. Je skutečností, že zinkem je životní prostředí poměrně značně zatěžováno [68]. Také některá stájová hnojiva mohou obsahovat větší množství zinku a jejich pravidelnou aplikací může být obsah zinku v půdách výrazněji zvýšen [87]. Jeho nadměrný příjem lze omezit vápněním [61]. Při vysokém obsahu zinku v prostředí je omezen příjem železa, rostliny špatně rostou a mají silnou chlorózu [5]. V rostlině se zinek kumuluje hlavně v mladých listech a stoncích [82].

5.7.5 Odstranění nedostatku zinku u rostlin

Zajištění přiměřeného příjmu zinku rostlinami je možné úpravou půdních podmínek, hlavně pH. Na alkalických půdách je nutné omezit jednorázové a vyšší dávky fosforečných hnojiv a u dusíkatých hnojiv přednostně používat kyselá hnojiva, jako je síran amonný. Půdy s nízkým obsahem zinku je nutné vyhnojit nejlépe síranem zinečnatým (obsahuje asi 22 % zinku). Doporučované dávky jsou pro těžší půdy okolo 10 kg zinku a na lehkých půdách okolo 6 kg zinku na hektar, nejčastěji pro kukuřici. Pro chmel jsou doporučovány dávky podstatně vyšší – přes 20 kg na hektar [87].

Také pro mimokořenovou aplikaci zinku je možné využít asi 0,1 %ní roztok síranu zinečnatého nebo hnojivo Zinkocit v koncentraci asi 0,2 %. Postřiky musí být využívány hlavně u trvalých kultur a při akutním nedostatku zinku, kdy nelze zajistit jeho dostatečný příjem z půdy. Samozřejmostí je opakování postřiků a možnost sloučení hnojařského opatření s ochranou proti chorobám [87].

II. PRAKTICKÁ ČÁST

6 CÍL DIPLOMOVÉ PRÁCE

Rajčata patří k nejrozšířenějšímu druhu zeleniny na světě a to zejména pro jejich všestranné použití. Řadí se k rostlinám, které pro správný růst vyžadují vysokou hladinu obsahu živin v půdě. Zejména podmínky, za jakých jsou rajčata pěstována, mají rozhodující vliv na jejich konečné využití a zpracování v průmyslu i domácnostech.

Mikroelementy jsou důležité pro výživu rostlin, protože ovlivňují enzymatické pochody a jejich vhodný obsah v prostředí pozitivně působí na kvalitu i kvantitu zemědělské produkce. Ve své práci jsem se zabývala mědí a zinkem a jejich vlivem na rostliny.

Konkrétní cíle byly stanoveny následovně:

1. V literární části charakterizovat zeleninu, plodovou zeleninu, zejména rajčata.
2. Popsat chemické a biochemické vlastnosti mědi a zinku, zabývat se i jejich výskytem v životním prostředí.
3. V experimentální části sledovat vliv stupňovaných dávek půdního zinku a mědi na jakostní ukazatele plodů rajčat.
4. Založit a vést nádobový pokus se stupňovanými dávkami mědi a zinku v půdě.
5. U rajčat vypěstovaných v nádobovém pokusu sledovat distribuci zkoumaných kovů a dále jejich vliv na obsah sušiny, organických kyselin, fosforu a hrubé bílkoviny.

7 METODIKA

Cílem pokusu bylo sledovat vliv stupňovaných dávek půdního zinku a mědi na jejich obsah v plodech rajčat a dále jejich vliv na některé vybrané jakostní ukazatele rajčat. Konkrétně byl stanoven obsah sušiny, hrubého proteinu, fosforu a organických kyselin (jako titrační kyselost).

Jako pokusné rostliny byla zvolena tyčková rajčata F1 – hybrid DOMINO. Pokus byl prováděn v plastových vegetačních nádobách, které byly umístěny v kryté vegetační hale. Do každé nádoby bylo navažováno 10 kilogramů stejné zeminy.

Do pokusu byly zařazeny 3 varianty se stupňovanými dávkami zinku a mědi v půdě podle následujícího schématu:

Tabulka č. 5: Schéma pokusu se stupňovanými dávkami zinku a mědi v půdě

| Aplikace kovu do půdy | Varianta | Přídavek kovu v mg . kg ⁻¹ |
|-----------------------|----------|------------------------------------------|
| Kontrola | 1 | 0,0 |
| Zinek | 2 | 50,0 |
| | 3 | 100,0 |
| | 4 | 200,0 |
| Měď | 5 | 20,0 |
| | 6 | 50,0 |
| | 7 | 100,0 |

Použitá množství zinku a mědi vycházela z limitních obsahů rizikových prvků v půdách [105]. Zinek byl aplikován ve formě síranu zinečnatého, který byl rozpuštěn v destilované vodě. Přídavek mědi byl proveden ve formě dusičnanu měďnatého, který byl rozpuštěn taktéž v destilované vodě. Přídavek kovů byl proveden 20 dní před výsadbou předpěstovaných sazenic rajčat. Každá varianta byla 15x opakována za stejných podmínek (tj. v každé variantě bylo 15 nádob). Rostliny byly pěstovány vždy po jednom kusu v nádobě z předpěstovaných sazenic.

Kontrola přirozeného obsahu mikroelementů v půdě byla prováděna měřením na atomovém absorpčním spektrofotometru (PHILIPS PU 9200X) ve výluhu půdy v kyselině dusičné o koncentraci $2 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ a je uvedena v tabulce č.6 [106].

Pro chemické analýzy byly zralé plody homogenizovány. Obsah sušiny byl stanoven vysušením při $105^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$. Množství organických kyselin (titrační kyselost) bylo měřeno titrací hydroxidem sodným na indikátor fenolftalein a vyjádřeno jako kyselina citrónová. Pro ostatní rozbory byla rostlinná hmota mineralizována ve směsi koncentrované kyseliny sírové a 30 %ním peroxidu vodíku. Proměření mineralizátů rostlinné hmoty na obsah zinku a mědi bylo provedeno na atomovém absorpčním spektrofotometru PHILIPS PU 9200X. Fosfor byl stanoven kolorimetricky vanadičnanovou metodou a dusík metodou podle Kjeldahla. Hrubý protein byl vyjádřen po vynásobení obsahu celkového dusíku koeficientem 6,25 [107].

Výsledky chemických analýz byly zpracovány statisticky metodou analýzy variance (ANOVA). Pro vyhodnocení průkaznosti rozdílů byl použit Wilcoxonův test při 5 %ní hladině významnosti [108].

Tabulka č. 6: Přirozený obsah mikroelementů v zemině u kontrolní varianty

| Prvek | $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ |
|-------|----------------------------------|
| Zinek | 26,90 |
| Měď | 8,11 |

7.1 Stanovení sušiny

Sušina byla stanovena sušením vzorku při teplotě $105^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ za předepsaných podmínek.

Postup

Do čisté a předem zvážené hliníkové misky bylo naváženo 10 gramů důkladně promíchaného laboratorního vzorku s přesností na 1 miligram. Vzorek byl rozprostřen do stejnoměrné vrstvy na dno misky, která byla poté umístěna do sušárny s odklopeným víčkem. Misky byly v sušárně uloženy nejméně 600 mm od stěn. Vzorky byly sušeny do konstantní hmotnosti při dané teplotě. Po vysušení byly misky ještě v sušárně uzavřeny a umístěny do exsíkátoru. Po ochlazení vzorku na teplotu $18 - 20^\circ\text{C}$ (asi po 45 minutách) byly misky opět zváženy s přesností na 1 miligram [109].

Výpočet

$$\text{Sušina (\%)} = \frac{m_3 - m_2}{m_1 - m_2} \cdot 100$$

m_1 – navážka vzorku s miskou v gramech

m_2 – hmotnost misky v gramech

m_3 – hmotnost vysušeného vzorku s miskou v gramech

7.2 Stanovení titrační kyselosti

Postup

Do baňky o obsahu 200 ml bylo odváženo 20 gramů jemně rozemletého vzorku zeleniny (rajčete) a spláchnuto převařenou destilovanou vodou. Byla přidána destilovaná voda asi na objem 150 ml a celý obsah zahřán na 80°C. Při této teplotě byl roztok vzorku udržován po dobu 30 minut. Poté byl obsah kvantitativně převeden do odměrné baňky o obsahu 200 ml. Po ochlazení na 20°C bylo provedeno doplnění destilovanou vodou po rysku a následovala filtrace přes skládaný filtr. Z filtrátu bylo odpipetováno určité množství a titrováno odměrným roztokem hydroxidu sodného o $c(\text{NaOH}) = 0,1 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$ na indikátor fenolftalein [110].

Výpočet

$$\text{kyselost \%} = \frac{V \cdot c \cdot f \cdot a}{m} \cdot 100$$

V – spotřeba odměrného roztoku NaOH v ml

c – koncentrace odměrného roztoku NaOH v $\text{mol} \cdot \text{l}^{-1}$

f – přepočítávací faktor pro vyjádření výsledku jako kyselina citrónová (0,0064)

a – objem doplnění v ml (200)

m – navážka vzorku v gramech

7.3 Mineralizace organické hmoty

Princip

Oxidace organické hmoty se provádí spalováním v koncentrované kyselině sírové za postupného přidávání peroxidu vodíku až do vzniku bezbarvého roztoku. Tento postup je určen pro rozklad rostlinného materiálu a následné stanovení fosforu a dalších prvků [111].

Postup

Do odměrné baňky o objemu 50 ml bylo naváženo 0,5 g organické hmoty (sušiny rajčat), přidáno 5 ml koncentrované kyseliny sírové. Vzorek se nechal několik minut provlhnout. Obsah baňky se zahříval v digestoři, s přidáním závaží a chladiče, při již nastavené teplotě 430°C. Poté bylo odměřeno 5 ml peroxidu vodíku a přidáno přes nálevku. Došlo k bouřlivé oxidaci organické hmoty, jejímž výsledkem byla destrukce rostlinné hmoty a slabé zbarvení mineralizátu. Vzorek byl zahříván až do vyčeření roztoku. Pokud nebyl mineralizát čirý, bylo přidáno dalších 5 ml peroxidu vodíku. Tento postup byl opakován až do vzniku bílých par a získání čirého roztoku. Po spálení se vzorek nechal vychladnout a poté následovalo kvantitativní převedení do odměrné baňky 50 ml a doplnění destilovanou vodou po rysku. Vzniklý zásobní roztok sloužil pro stanovení fosforu a hrubého proteinu [111].

7.4 Stanovení fosforu kolorimetricky vanadičnanovou metodou

Princip

Ionty kyseliny orthofosforečné dávají v kyselém prostředí v přítomnosti vanadičnanu a molybdenanu amonného žlutě zbarvený komplex. Intenzita tohoto zbarvení se zjistí kolorimetricky a výsledek se porovná s kalibrační křivkou zhotovenou po proměření sady standardních roztoků [111].

Postup

Do odměrné baňky o obsahu 50 ml bylo odměřeno 25 ml zásobního roztoku a 15 ml reagenční směsi. Směs byla promíchána a doplněna destilovanou vodou po rysku. Stejným způsobem jako u zkoušených vzorků byl připraven slepý vzorek. Ten sloužil k nastavení nulového bodu kolorimetru a ke kontrole měření. Měření bylo prováděno při vlnové délce 442 nm [111].

Reagencie

1. HNO_3 – zředěná vodou v poměru 1:2
2. Roztok vanadičnanu amonného – 2,5 g vanadičnanu amonného bylo rozpuštěno v 500 ml vařící vody. Po ochlazení bylo přidáno 20 ml koncentrované kyseliny dusičné a doplněno destilovanou vodou na objem 1000 ml.
3. 5 %ní roztok molybdenanu amonného – 50 g $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$ bylo rozpuštěno v 800 ml vody ohřáté na teplotu asi 50°C . Po rozpuštění a ochlazení následovalo doplnění na objem 1000 ml.
4. Reagenční směs – kyselina dusičná (1.reagencie), vanadičnan amonný (2. reagencie) a 5 %ní roztok molybdenanu amonného (3. reagencie) byly v uvedeném pořadí smíchány v poměru 1:1:1.
5. Standardní roztok pro měření kalibrační křivky – 0,4394 g KH_2PO_4 bylo rozpuštěno v destilované vodě a zředěno na objem 1000 ml. Při přípravě kalibrační křivky bylo ředění následovné: 0,5; 1; 2; 3; 4 a 5 ml standardního roztoku do odměrné baňky o objemu 100 ml. Pak bylo přidáno 15 ml reagenční směsi a doplněno destilovanou vodou po rysku. Měření bylo prováděno při vlnové délce 442 nm [111].

7.5 Stanovení hrubé bílkoviny

Princip

Dusík byl stanoven metodou dle Kjeldahla. Princip spočíval v mineralizaci vzorku koncentrovanou kyselinou sírovou za varu, přičemž dusík přítomný ve vzorku přecházel na síran amonný. Ze vzniklého síranu amonného byl v Parnas – Wagnerově (Obr. č. 6) přístroji pomocí hydroxidu sodného uvolněn za varu amoniak, který byl jímán v roztoku kyseliny borité. Navázaný amoniak byl stanoven titrací odměrným roztokem kyseliny sírové a přepočten na hrubou bílkovinu [110].

Postup

Po překontrolování a doplnění destilované vody ve varné baňce Parnas – Wagnerova přístroje byla uvedena do varu při otevřeném odpadním kohoutku. Do chladiče byla puštěna voda a pod ústí chladiče postavena titrační baňka s 50 ml 2 %ní kyselinou boritou. Do ústí chladiče bylo ponořeno pod hladinou kyseliny. Do destilační baňky přístroje bylo odpipe-

toováno 10 ml vzorku (nutno pipetu vzorkem propláchnout) a přidáno 20 ml čerstvě připraveného 30 %ního roztoku hydroxidu sodného. Po opláchnutí nálevky vodou a po uzavření kohoutů byl uvolněný amoniak předestilován s vodní parou. Destilace trvala 15 minut od počátku varu v destilační baňce. Po ukončení destilace a opláchnutí ústí chladiče vodou byly do titrační baňky přidány 3 – 4 kapky indikátoru Tashiro a provedena titrace pomocí 0,025M kyseliny sírové do stálého červenofialového zbarvení [110].

Výpočet

$$\text{Hrubá bílkovina (\%)} = \frac{0,35025 \cdot V \cdot f}{m} \cdot 6,25$$

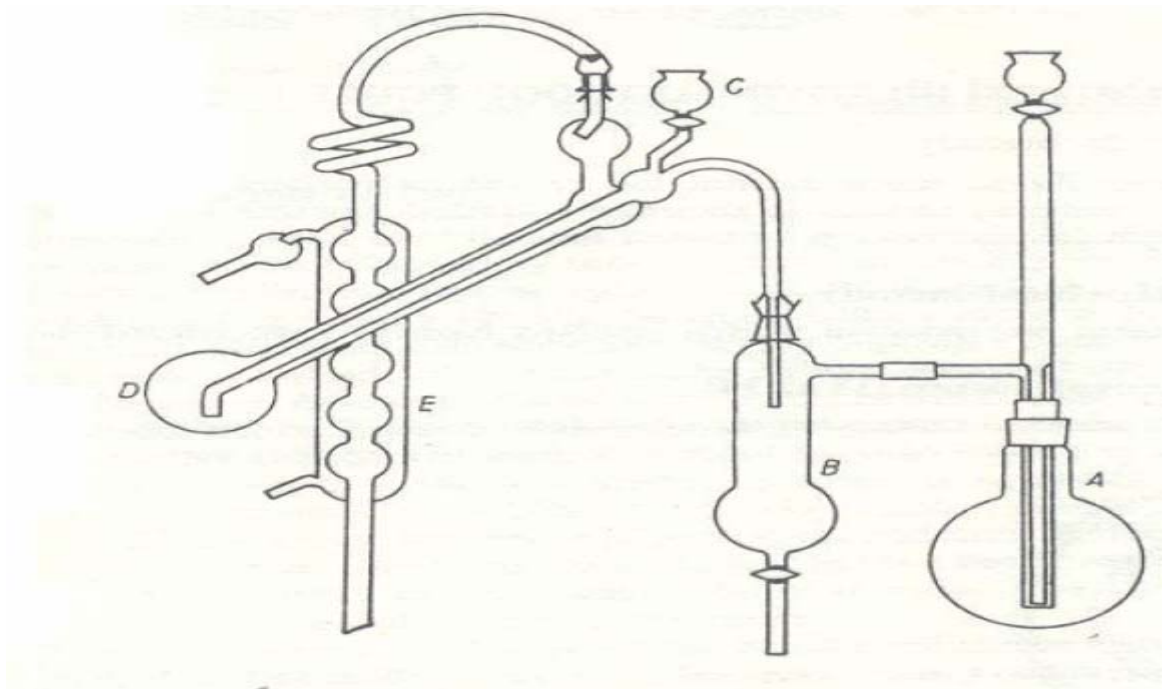
V – spotřeba 0,025M H₂SO₄ v ml

f – faktor kyseliny sírové v mol · l⁻¹ (0,9716)

m – navážka vzorku pro mineralizaci v gramech

6,25 – koeficient přepočtu obsahu celkového dusíku na hrubý protein pro rostlinný materiál

Obr. č. 6: Parnas – Wagnerův destilační přístroj pro stanovení dusíku [109]



A – vyvíječ páry, B – kondenzační baňka, C – nálevka, D – destilační baňka, E - chladič

8 VÝSLEDKY

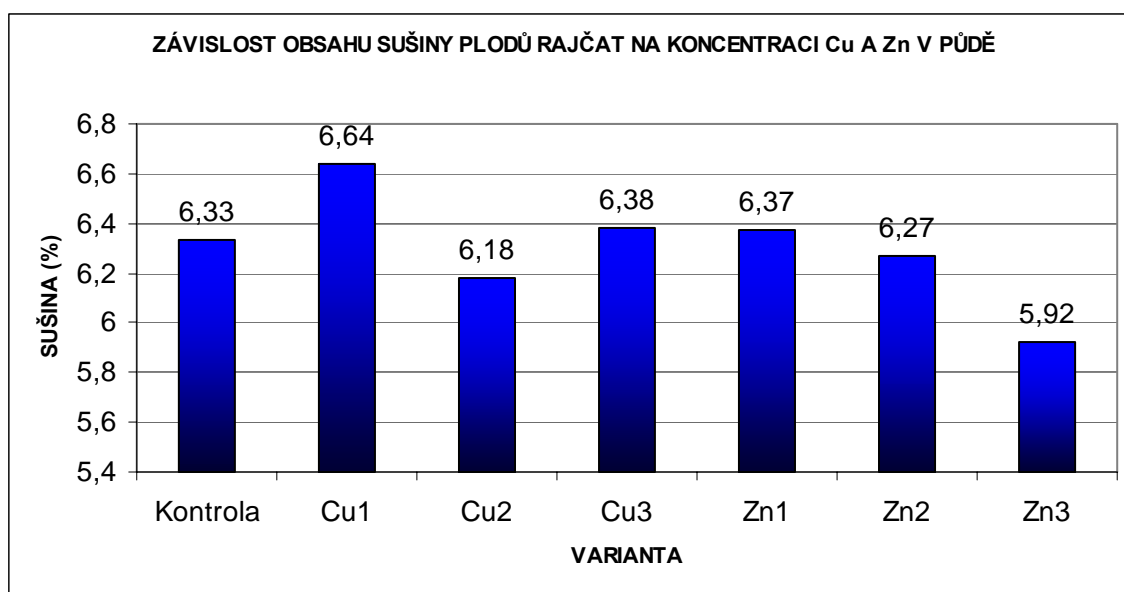
8.1 Vliv stupňovaných dávek Cu a Zn v půdě na obsah sušiny v plodech rajčat

Získané výsledky chemické analýzy jsou uvedeny v následující tabulce č. 7 a graficky znázorněny v níže uvedeném grafu č. 1.

Tabulka č. 7: Závislost obsahu sušiny plodů rajčat na zvyšující se konc. Cu a Zn v půdě.

| VARIANTA | PRŮMĚRNÁ HODNOTA SUŠINY V % | INDEX (%) | ± S.D. |
|----------|--------------------------------|-----------|--------|
| Kontrola | 6,33 | 100,00 | ± 0,20 |
| Cu1 | 6,64 | 104,90 | ± 0,24 |
| Cu2 | 6,18 | 97,63 | ± 0,18 |
| Cu3 | 6,38 | 100,79 | ± 0,21 |
| Zn1 | 6,37 | 100,63 | ± 0,21 |
| Zn2 | 6,27 | 99,05 | ± 0,19 |
| Zn3 | 5,92 | 93,52 | ± 0,15 |

Graf č. 1: Závislost obsahu sušiny plodů rajčat na koncentraci Cu a Zn v půdě



Všechny tři varianty přidavku mědi byly statisticky průkazné v obsahu sušiny ve srovnání s kontrolní variantou.

Nejnižší ($20 \text{ mg Cu} \cdot \text{kg}^{-1}$) a nejvyšší ($100 \text{ mg Cu} \cdot \text{kg}^{-1}$) přidavek mědi způsobil nárůst procentuálního obsahu sušiny v rajčatech. Pouze u varianty se středním ($50 \text{ mg Cu} \cdot \text{kg}^{-1}$) přidavkem mědi nastal pokles.

Nejnižší hodnota obsahu sušiny byla zjištěna u varianty s nejnižším přidavkem mědi do půdy a nejvyšší hodnota obsahu sušiny byla zjištěna u varianty se středním přidavkem mědi do půdy.

Varianty s nejnižším a středním přidavkem zinku byly statisticky průkazné ve srovnání s kontrolní variantou. S kontrolní variantou nebyla průkazná jen varianta s nejvyšším ($200 \text{ mg Zn} \cdot \text{kg}^{-1}$) přidavkem zinku.

Se zvyšujícím se přidavkem zinku docházelo k poklesu procentuálního obsahu sušiny v rajčatech. Pouze nepatrný vzrůst nastal u varianty s nejnižším přidavkem zinku oproti kontrolní variantě.

Nejnižší hodnota obsahu sušiny byla zjištěna u varianty s nejvyšším přidavkem zinku ($200 \text{ mg Zn} \cdot \text{kg}^{-1}$) do půdy a nejvyšší hodnota obsahu sušiny byla zjištěna u varianty s nejnižším přidavkem zinku ($50 \text{ mg Zn} \cdot \text{kg}^{-1}$) do půdy.

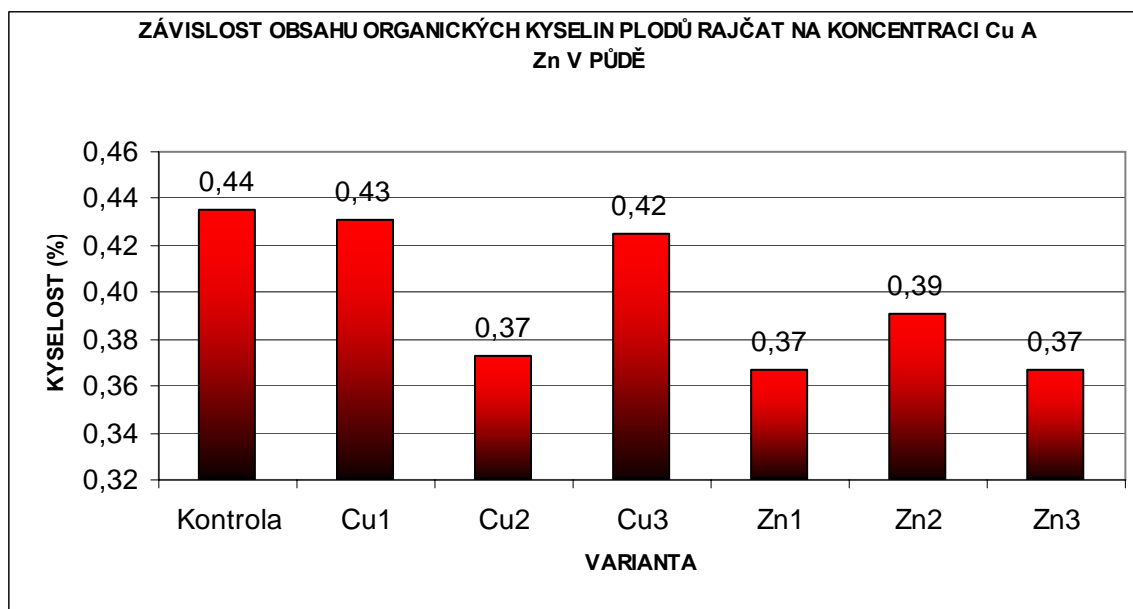
8.2 Vliv stupňovaných dávek Cu a Zn v půdě na obsah organických kyselin v plodech rajčat

Získané výsledky chemické analýzy jsou uvedeny v následující tabulce č. 8 a graficky znázorněny v níže uvedeném grafu č. 2.

Tabulka č. 8: Závislost obsahu organických kyselin plodů rajčat na zvyšující se konc. Cu a Zn v půdě.

| VARIANTA | PRŮMĚRNÁ HODNOTA ORG. KYSELIN / 100 g ČH | INDEX (%) | ± S.D. |
|----------|------------------------------------------|-----------|--------|
| Kontrola | 0,44 | 100,00 | ± 0,05 |
| Cu1 | 0,43 | 99,10 | ± 0,04 |
| Cu2 | 0,37 | 85,79 | ± 0,03 |
| Cu3 | 0,42 | 97,61 | ± 0,04 |
| Zn1 | 0,37 | 84,39 | ± 0,03 |
| Zn2 | 0,39 | 89,84 | ± 0,04 |
| Zn3 | 0,37 | 84,34 | ± 0,03 |

Graf č. 2: Závislost obsahu organických kyselin plodů rajčat na koncentraci Cu a Zn v půdě



Variety s nejnižším ($20 \text{ mg Cu} \cdot \text{kg}^{-1}$) a nejvyšším ($100 \text{ mg Cu} \cdot \text{kg}^{-1}$) přídatkem mědi byly statisticky průkazné ve srovnání s kontrolní variantou. S kontrolní variantou nebyla průkazná jen varianta se středním přídatkem mědi ve vztahu obsahu kyselin.

U všech tří variant došlo k poklesu procentuálního obsahu kyselin oproti kontrolní variantě, nejmenší pokles nastal u varianty s nejvyšším přídatkem mědi a největší pokles nastal u varianty se středním přídatkem mědi do půdy.

Nejnižší hodnota obsahu kyselin byla zjištěna u varianty se středním přídatkem mědi do půdy a nejvyšší hodnota obsahu kyselin byla zjištěna u varianty s nejnižším přídatkem mědi do půdy.

Všechny tři varianty přídatku zinku nezpůsobily statisticky průkaznou změnu v obsahu organických kyselin ve srovnání s kontrolní variantou.

U všech tří variant došlo k poklesu procentuálního obsahu kyselin, nejvíce obsah kyselin poklesl u varianty s nejvyšším přídatkem zinku do půdy.

Nejnižší hodnota obsahu kyselin byla zjištěna u varianty s nejvyšším přídatkem zinku do půdy a nejvyšší hodnota obsahu kyselin byla zjištěna u varianty se středním přídatkem zinku do půdy.

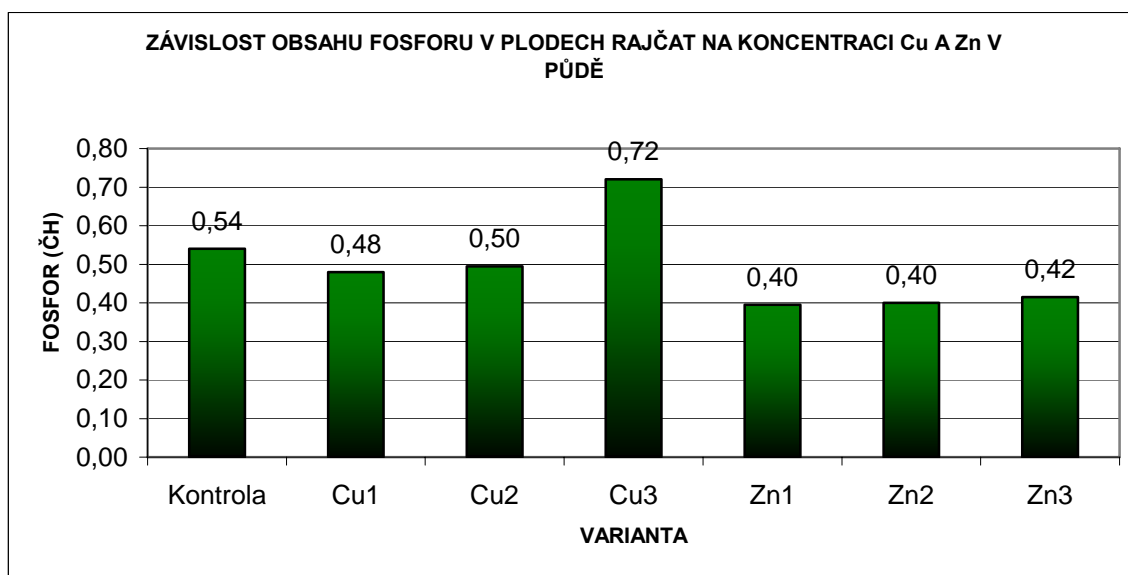
8.3 Vliv stupňovaných dávek Cu a Zn v půdě na obsah fosforu v plodech rajčat

Získané výsledky chemické analýzy jsou uvedeny v následující tabulce č. 9 a graficky znázorněny v níže uvedeném grafu č. 3.

Tabulka č. 9: Závislost obsahu fosforu v plodech rajčat na zvyšující se konc. Cu a Zn v půdě.

| VARIANTA | PRŮMĚRNÁ HODNOTA FOSFORU / 100 g ČH | INDEX (%) | ± S.D. |
|----------|-------------------------------------|-----------|--------|
| Kontrola | 0,54 | 100,00 | ± 0,04 |
| Cu1 | 0,48 | 88,89 | ± 0,04 |
| Cu2 | 0,50 | 91,67 | ± 0,05 |
| Cu3 | 0,72 | 133,33 | ± 0,08 |
| Zn1 | 0,40 | 73,15 | ± 0,03 |
| Zn2 | 0,40 | 74,07 | ± 0,03 |
| Zn3 | 0,42 | 76,85 | ± 0,04 |

Graf č. 3: Závislost obsahu fosforu v plodech rajčat na koncentraci Cu a Zn v půdě



Všechny tři varianty přidavku mědi neměly statisticky průkazný vliv na obsah fosforu ve srovnání s kontrolní variantou.

Se zvyšujícím se přidavkem mědi docházelo ke vzrůstu procentuálního obsahu fosforu v rajčatech, i když u variant s nejnižším ($20 \text{ mg Cu} \cdot \text{kg}^{-1}$) a středním ($50 \text{ mg Cu} \cdot \text{kg}^{-1}$) přidavkem mědi byly hodnoty pod hranicí hodnoty kontrolní varianty. U varianty s nejvyšším přidavkem mědi do půdy byl nárůst fosforu v plodech oproti kontrolní variantě o 33,33 %.

Nejnižší hodnota obsahu fosforu byla zjištěna u varianty s nejnižším přidavkem mědi do půdy a nejvyšší hodnota obsahu fosforu byla zjištěna u varianty s nejvyšším přidavkem mědi do půdy.

Všechny tři varianty přidavku zinku nebyly statisticky průkazné s kontrolní variantou ve vztahu ke změně obsahu fosforu v plodech rajčat.

Se zvyšujícím se přidavkem zinku docházelo ke vzrůstu procentuálního obsahu fosforu v rajčatech, ale i přesto hodnoty u všech tří variant byly pod hodnotou kontrolní varianty.

Nejnižší hodnota obsahu fosforu byla zjištěna u varianty s nejnižším přidavkem zinku do půdy a nejvyšší hodnota obsahu fosforu byla zjištěna u varianty s nejvyšším přidavkem zinku do půdy.

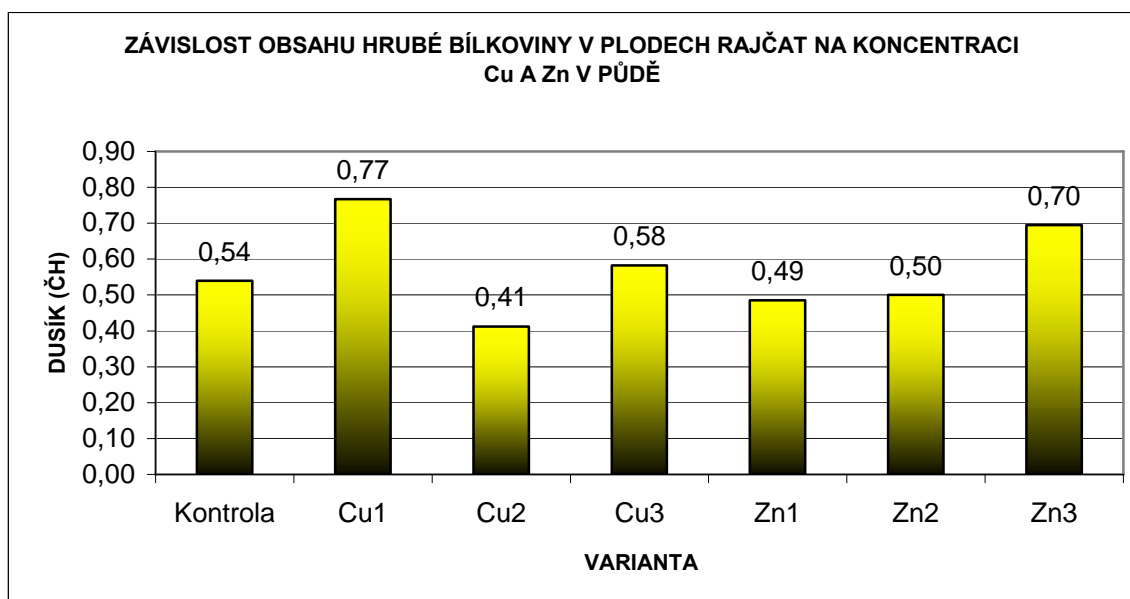
8.4 Vliv stupňovaných dávek Cu a Zn v půdě na obsah hrubé bílkoviny v plodech rajčat

Získané výsledky chemické analýzy jsou uvedeny v následující tabulce č. 10 a graficky znázorněny v níže uvedeném grafu č. 4.

Tabulka č. 10: Závislost obsahu hrubé bílkoviny v plodech rajčat na zvyšující se konc. Cu a Zn v půdě.

| VARIANTA | PRŮMĚRNÁ HODNOTA HRUBÉ BÍLKOVINY / 100 g ČH | INDEX (%) | ± S.D. |
|----------|------------------------------------------------|-----------|--------|
| Kontrola | 0,54 | 100,00 | ± 0,07 |
| Cu1 | 0,77 | 142,13 | ± 0,10 |
| Cu2 | 0,41 | 76,39 | ± 0,05 |
| Cu3 | 0,58 | 107,87 | ± 0,07 |
| Zn1 | 0,49 | 89,81 | ± 0,06 |
| Zn2 | 0,50 | 92,59 | ± 0,06 |
| Zn3 | 0,70 | 128,70 | ± 0,09 |

Graf č.4: Závislost obsahu hrubé bílkoviny v plodech rajčat na koncentraci Cu a Zn v půdě



Všechny tři varianty přidavku mědi neměly statisticky průkazný vliv na obsah hrubé bílkoviny ve srovnání s kontrolní variantou.

U varianty se středním přidavkem mědi došlo k poklesu procentuálního obsahu hrubé bílkoviny v rajčatech oproti kontrolní variantě. U obou dalších variant došlo k procentuálnímu vzrůstu obsahu hrubé bílkoviny oproti kontrolní variantě.

Nejnižší hodnota obsahu hrubé bílkoviny byla zjištěna u varianty se středním ($50 \text{ mg Cu} \cdot \text{kg}^{-1}$) přidavkem mědi do půdy a nejvyšší hodnota obsahu hrubé bílkoviny byla zjištěna u varianty s nejnižším ($20 \text{ mg Cu} \cdot \text{kg}^{-1}$) přidavkem mědi do půdy.

Všechny tři varianty přidavku zinku neměly statisticky průkazný vliv na obsah hrubé bílkoviny ve srovnání s kontrolní variantou.

Se zvyšujícím se přidavkem zinku docházelo ke vzrůstu procentuálního obsahu hrubé bílkoviny v rajčatech, i když u variant s nejnižším a středním přidavkem zinku byly hodnoty pod hranicí hodnoty kontrolní varianty. U varianty s nejvyšším přidavkem zinku do půdy byl nárůst hrubé bílkoviny oproti kontrolní variantě o 28,70 %.

Nejnižší hodnota obsahu hrubé bílkoviny byla zjištěna u varianty s nejnižším ($50 \text{ mg Zn} \cdot \text{kg}^{-1}$) přidavkem zinku do půdy a nejvyšší hodnota obsahu hrubé bílkoviny byla zjištěna u varianty s nejvyšším ($200 \text{ mg Zn} \cdot \text{kg}^{-1}$) přidavkem zinku do půdy.

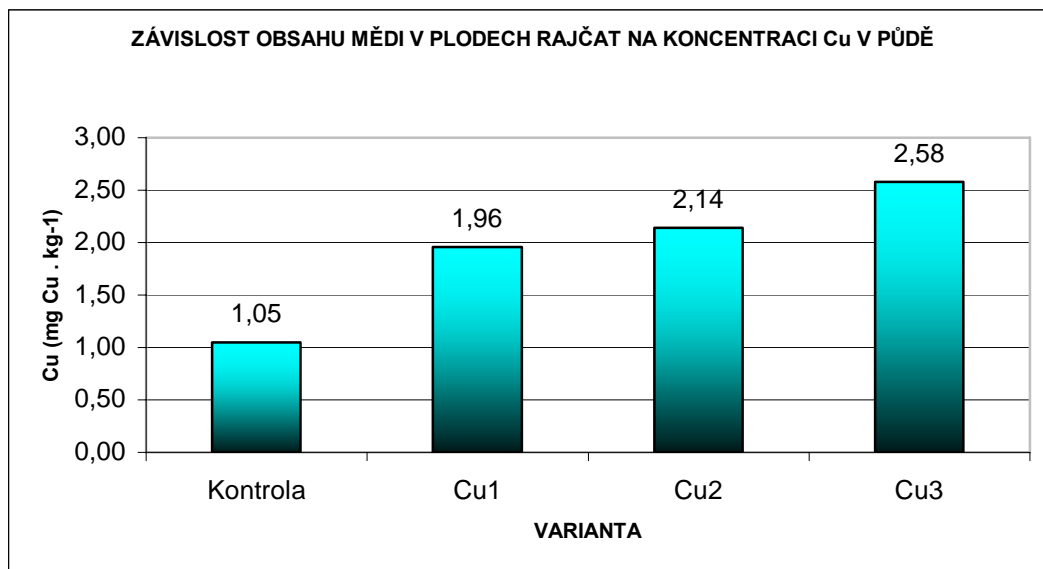
8.5 Vliv půdní mědi a zinku na obsah Cu a Zn v plodech rajčat

Získané výsledky chemické analýzy jsou uvedeny v následující tabulce č. 11 a 12 a graficky znázorněny v níže uvedených grafech č. 5 a 6.

Tabulka č. 11: Závislost obsahu Cu v plodech rajčat na zvyšující se konc. Cu v půdě.

| VARIANTA | Cu ($\text{mg Cu} \cdot \text{kg}^{-1}$) | INDEX (%) | \pm S.D. |
|----------|--------------------------------------------|-----------|------------|
| Kontrola | 1,05 | 100,00 | 0,05 |
| Cu1 | 1,96 | 186,67 | 0,15 |
| Cu2 | 2,14 | 203,81 | 0,06 |
| Cu3 | 2,58 | 245,71 | 0,14 |

Graf č. 5: Závislost obsahu Cu v plodech rajčat na koncentraci Cu v půdě



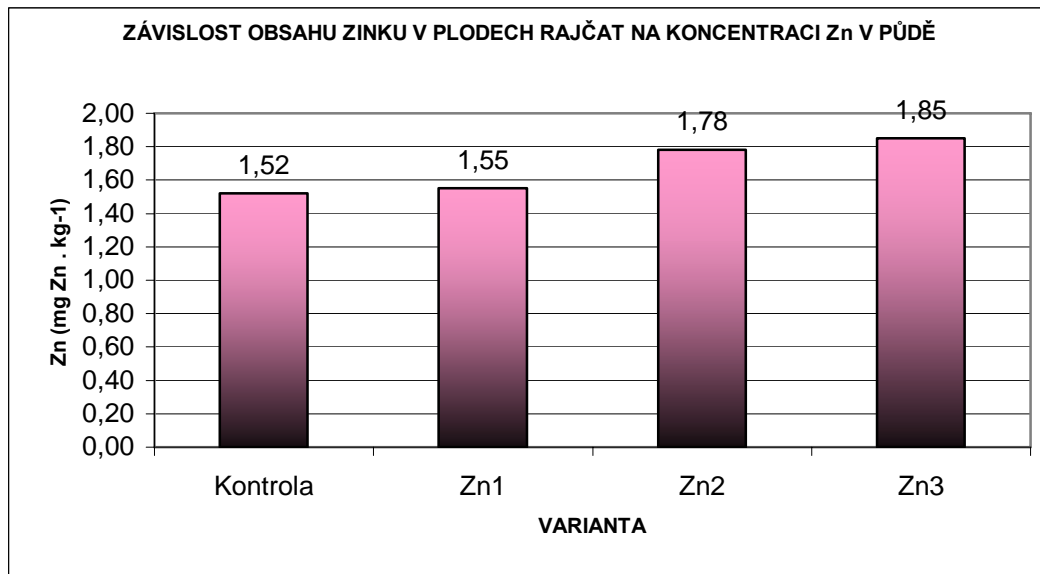
Všechny tři varianty přidavku mědi do půdy neměly statisticky průkazný vliv na obsah mědi v plodech rajčat ve srovnání s kontrolní variantou. U všech tří variant došlo k procentuálnímu nárůstu obsahu mědi v plodech rajčat, u varianty s nejvyšším přidavkem mědi do půdy ($100 \text{ mg Cu} \cdot \text{kg}^{-1}$) byl nárůst oproti kontrolní variantě téměř 2,5 krát vyšší.

Nejnižší hodnota obsahu mědi v plodech rajčat byla naměřena u varianty s nejnižším přidavkem mědi do půdy a nejvyšší hodnota obsahu mědi v plodech rajčat byla naměřena u varianty s nejvyšším přidavkem mědi do půdy.

Tabulka č. 12: Závislost obsahu Zn v plodech rajčat na zvyšující se konc. Zn v půdě.

| VARIANTA | Zn (mg Zn · kg ⁻¹) | INDEX (%) | ± S.D. |
|----------|--------------------------------|-----------|--------|
| Kontrola | 1,52 | 100,00 | 0,12 |
| Zn1 | 1,55 | 101,97 | 0,19 |
| Zn2 | 1,78 | 117,11 | 0,10 |
| Zn3 | 1,85 | 121,71 | 0,11 |

Graf č. 6: Závislost obsahu Zn v plodech rajčat na koncentraci Zn v půdě



Pouze varianta s nejnižším přídávkem zinku do půdy ($50 \text{ mg Zn} \cdot \text{kg}^{-1}$) byla statisticky průkazná s kontrolní variantou v obsahu zinku v plodech rajčat. S kontrolní variantou byly neprůkazné varianty se středním a nejvyšším přídávkem zinku do půdy. U všech tří variant došlo se zvyšujícím se obsahem zinku v půdě k procentuálnímu nárůstu obsahu zinku v plodech rajčat.

Nejnižší hodnota obsahu zinku v plodech rajčat byla naměřena u varianty s nejnižším přídávkem zinku do půdy a nejvyšší hodnota obsahu zinku v plodech rajčat byla naměřena u varianty s nejvyšším přídávkem zinku do půdy.

DISKUZE

Ve své diplomové práci jsem se zabývala vlivem půdních mikroelementů na chemické složení rajčat. Konkrétně byl u plodů rajčat stanovován obsah Cu a Zn, dále sušiny, organických kyselin, fosforu a hrubé bílkoviny. Měď a zinek patří mezi základní mikroelementy ve výživě rostlin, spolu s manganem, bórem a molybdenem [30]. V malé míře jsou pro rostliny tyto prvky nezbytné, ve vyšších koncentracích však mohou působit naopak toxicky [117]. Jejich nejvyšší přípustná množství v půdě jsou dána i českou legislativou [105].

Základní význam mědi v rostlinách spočívá v jejím pozitivním ovlivnění stability chlorofylu, který se odbourává pozvolněji, a proto jsou rostliny při dostatečném množství mědi déle zelené a intenzita fotosyntézy je vyšší [87]. Měď je také součástí enzymových oxidáz jako je např. cytochromoxidasa a askorbatoxidasa [90]. Měď se též podílí na metabolismu dusíku a při jejím nedostatku se snižuje využití dusíku, což se negativně projevuje na množství sklizně [87].

Základní význam zinku v rostlinách spočívá v tom, že je součástí prostetických skupin enzymů a řadu enzymových reakcí aktivuje. Je součástí např. karbonátdehydratasy, což je enzym, který v chloroplastech katalyzuje vzájemné reakce mezi oxidem uhličitým, vodou a ionty H^+ a HCO_3^- , a tím působí jako H^+ pufr [87]. Dále je součástí RNA polymerasy, fosfolipasy a superoxidismutasy [103]. Zinek se výrazně podílí na metabolismu glycidů a dusíku v rostlinách [104]. Při jeho nedostatku vzniká porucha dělení buněk na špičkách kořenů a vegetačních vrcholech, je porušen normální růst rostlin, je snížen počet chloroplastů, obsah chlorofylu a na rostlinách se objevují chlorotické skvrny [87].

V dnešní době je rajče jedním z nejvýznamnějších druhů zeleniny. Patří mezi nutričně hodnotné plodiny a je velmi oblíbené. Svým složením podporuje chuť k jídlu a trávení [21]. Zařazení do stravy se doporučuje lidem, kteří trpí chorobami srdce a cév a poruchami látkové výměny [37]. Rajčata mají mírný projímavý účinek a podporují peristaltiku střev [2]. V syrovém stavu mají schopnost mírně snižovat krevní tlak a úroveň cholesterolu v krvi [52]. Rajčata působí antibioticky, šťáva z nich se využívá zevně k léčbě infikovaných ran a vředů [26]. Obsahují nízké množství vlákniny, což je umožňuje zařadit do diet a značně zlepšuje jejich stravitelnost [39]. Rajčata obsahují řadu antioxidantů, z nichž nejvýznamnější je lykopen, který chrání buňky před působením volných radikálů [14]. Rajče má vysoký obsah β -karotenu, který je důležitý v lidském organismu pro tvorbu vitamínu A, dále vitamínu C, z minerálních látek železa, draslíku, sodíku a hořčíku [26].

Rajčata mají mnohostranné využití. V domácnostech se nejvíce používají v syrovém (čerstvém) stavu na přípravu chutných a pestrých salátů, dále k přípravě polévek, omáček, zapékaných pokrmů, protlaků aj. [7]. V průmyslu mají rajčata velké uplatnění, zpracovávají se např. na protlaky, kečupy, šťávy, sterilují se atd. [15]. Právě o vhodnosti jejich využití rozhoduje chemické složení plodů. To může být ovlivněno řadou faktorů, jako např. výživou rostlin rajčat [27]. Tento faktor byl i předmětem mé diplomové práce.

V mém pokusu se u plodů rajčat zvyšovalo množství mědi a zinku v závislosti na jejich stupňovaných dávkách v půdě. Tato vlastnost je u rostlin v případě těžkých kovů typická, což potvrzuje řada prací publikovaných u nás i ve světě, např. Antosiewicz (1993).

Po vyhodnocení výsledků se obsah sušiny v plodech rajčat s různými přídávky mědi výrazně neměnil v porovnání s kontrolní variantou. Obsah mědi měl tedy minimální vliv na obsah sušiny v plodech rajčat. Se zvyšujícími se přídávky zinku do půdy se obsah sušiny měnil s klesající tendencí oproti kontrolní variantě. Obsah zinku v půdě může mít vliv na obsah sušiny v plodech rajčat, jak potvrzuje i Al-Karaki a Hammad (2001).

Na základě získaných výsledků měl obsah organických kyselin nepatrnou klesající tendenci ve srovnání s kontrolní variantou, pouze u varianty se středním přídávkem mědi do půdy byla hodnota výrazně nižší než u kontrolní a ostatních variant. Můžeme tedy říci, že obsah mědi v půdě neměl výrazný vliv na obsah organických kyselin v plodech rajčat. Ale v případě přídávky všech dávek zinku do půdy, došlo k výraznému poklesu obsahu organických kyselin v plodech rajčat. Prvky jako zinek a fosfor způsobují pokles obsahu organických kyselin v plodech rajčat, zatímco dusík způsobuje vyšší obsah těchto kyselin v rajčatech [67]. Vliv na obsah organických kyselin v rajčatech mají i kultivary, pěstební podmínky a region, způsob a doba odběru vzorků [114].

Po zpracování výsledků bylo zjištěno, že obsah fosforu v plodech rajčat u přídávky mědi nebyl výrazně jiný než u kontrolní varianty, jen u nejvyššího přídávku mědi byl obsah fosforu vyšší ve srovnání s kontrolní variantou. Obsah fosforu po přídávku všech tří variant zinku byl výrazně nižší ve srovnání s kontrolní variantou a zároveň měly statisticky průkazně rostoucí tendenci. Stejně jako zinek, tak i přídavek vápníku do půdy může mít vliv na nižší obsah fosforu v plodech rajčat [115]. Bez zajímavosti není také využití fosforu při asanaci půd zamořených těžkými kovy. Tento fakt je zapříčiněn schopností fosforu vázat celou řadu těžkých kovů do nerozpustných komplexů, které jsou potom nepřijatelné pro rostliny [18].

Po získání a vyhodnocení výsledků bylo zjištěno, že přídatky mědi ani přídatky zinku neměly statisticky průkazný vliv na obsah hrubé bílkoviny ve srovnání s kontrolní variantou. U zinku měl obsah hrubé bílkoviny stoupající tendenci, zatímco u přídatků mědi hodnoty kolísaly. Tato zjištění odpovídají i pracem jiných autorů. Sonmez (2007) ve své práci uvádí, že postřik rajčat hnojivem obsahujícím zvýšené množství mědi, neměl vliv na celkový obsah dusíku v rostlinách rajčat. Aplikace hnojiva s vyšším obsahem mědi je doporučována jen na listy nebo jen do půdy, kombinace obou aplikací by mohla být pro rostlinu škodlivá [116]. Podle zjištění Gunese (1998) má vyšší obsah půdního zinku, železa a vápníku pozitivní vliv na vyšší množství dusíku v půdě, protože stimuluje činnost hlízkových bakterií (*Rhizobium*) [118].

Stupňovaná množství mědi v půdě znamenala v mém pokusu zvyšování jejího obsahu také v plodech rajčat. Rostliny jsou schopné kumulovat měď i jiné kovy při zvýšeném množství těchto kovů v životním prostředí, což uvádí ve své práci Quaggio (2004). Stupňované dávky zinku sice zvyšovaly jeho množství v plodech rajčat, ale ani nejvyšší hodnota přídatku zinku nezpůsobila překročení hodnoty stanovené platnými normami [120]. Na zvyšování obsahu prvků v rostlinách při jejich větším množství v půdě poukazuje i Purves (2004).

Měď přijímaná z půdy se ve většině rostlinných pletiv výrazně nehromadí, nejvíce se kumuluje v kořenech. V rostlinách je málo pohyblivá, protože je vázána na komplexní a organické sloučeniny [90]. Na příjem zinku má vliv hodnota pH půdy a množství fosforu v prostředí. Byl zaznamenán nedostatek zinku po hnojení vyššími dávkami fosforu, protože fosfor krátkodobě snižuje rozpustnost zinku – vytvoří se nerozpustné fosforečnany zinečnaté [87].

ZÁVĚR

Cílem mé diplomové práce bylo zpracovat v literární části poznatky o zelenině, zejména o rajčatech a také o působení mědi a zinku v rostlinách. Byl založen vegetační nádobový pokus, ke kterému byla zvolena jako indikační plodina tyčková odrůda rajčete Domino F1 a byl sledován vliv stupňujících se dávek mědi a zinku v půdě na vybrané jakostní ukazatele rajčat. U plodů rajčat byla sledována tato kritéria: obsah sušiny, obsah organických kyselin, obsah fosforu, obsah hrubé bílkoviny, obsah mědi a zinku v plodech rajčat.

Získané výsledky byly statisticky zpracovány a vyhodnoceny a na jejich základě je možné učinit následující závěry.

1. Ve srovnání s kontrolní variantou byl obsah sušiny se středním přídatkem mědi nižší a u variant s nejvyšším a nejnižším přídatkem mědi vyšší. Všechny tři varianty byly statisticky významně průkazné v obsahu sušiny ve srovnání s kontrolní variantou. Varianty s nejnižším a středním přídatkem zinku do půdy statisticky průkazně snižovaly obsah sušiny ve srovnání s kontrolní variantou.
2. U všech tří variant přídatku mědi do půdy došlo k poklesu obsahu organických kyselin ve srovnání s kontrolní variantou. Pokles však nebyl statisticky významný. Všechny tři varianty přídatku zinku nezpůsobily statisticky průkaznou změnu v obsahu organických kyselin ve srovnání s kontrolní variantou. U všech variant došlo k procentuálnímu poklesu obsahu organických kyselin, nejméně však u varianty se středním přídatkem tohoto prvku.
3. Všechny tři varianty přídatku mědi neměly statisticky průkazný vliv na obsah fosforu v plodech rajčat ve srovnání s kontrolní variantou. Se zvyšujícím se přídatkem mědi docházelo k procentuálnímu růstu obsahu fosforu v rajčatech, ale to jen u varianty s nejvyšším přídatkem Cu. Všechny tři varianty přídatku zinku do půdy nebyly statisticky průkazné ve srovnání s kontrolní variantou ve vztahu ke změně obsahu fosforu v plodech rajčat i když hodnoty měly rostoucí tendenci.
4. Ve srovnání s kontrolní variantou ani jedna varianta přídatku mědi do půdy neměla statisticky průkazný vliv na obsah hrubé bílkoviny. Naměřené hodnoty obsahu hrubé bílkoviny ve srovnání s kontrolní variantou značně kolísaly. Všechny tři varianty přídatku zinku do půdy neměly statisticky významný vliv na obsah hrubé bílkoviny ve srovnání s kontrolní variantou. Se zvyšujícím se přídatkem zinku do

půdy, se zvyšovaly i hodnoty obsahu hrubé bílkoviny v plodech rajčat, avšak vyšší hodnotu ve srovnání s kontrolní variantou měla jen hodnota s nejvyšším přídatkem tohoto kovu do půdy.

5. U všech tří přídatků mědi do půdy nebyl zaznamenán statisticky průkazný vliv na obsah mědi v plodech rajčat ve srovnání s kontrolní variantou i když se zvyšujícím se přídatkem mědi do půdy docházelo k růstu obsahu mědi v plodech rajčat. Naopak v případě zinku došlo ke statisticky významnému zvýšení tohoto kovu v plodech rajčat v závislosti na jeho zvyšujících se množstvích v půdě.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] ŠROT, R.: Zelenina. Aventinum. Praha. 2005. 191 s. ISBN 80-7151-248-6.
- [2] HRABĚ, J.; ROP, O.; HOZA, I.: Technologie výroby potravin rostlinného původu. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Zlín. 2005. 178 s. ISBN 80-7318-372-2.
- [3] HAIGH, R.: Zdravá kuchyně – atraktivní recepty. Slovart. Bratislava. 1992. 160 s. ISBN 80-85163-28-4.
- [4] RAKIN, M.; VUKASINOVIC, M.; SILER – MARINKOVIC, S.; MAKSIMOVIC, M.: Contribution of lactic acid fermentation to improved nutritive quality vegetable juices enriched with brewer's yeast autolysate. Food chemistry. 2007, 100(2), pp 599 – 602.
- [5] VEČEŘA, Z. a kol.: Chemie pro všechny. Nakladatelství technické literatury. Praha. 1990. 656 s. ISBN 80-03-00500-0.
- [6] KOPEC, K.: Zelenina ako potravina. Príroda. Bratislava. 1979. 180 s. Bez ISBN.
- [7] DUFFEK, O.: Zelenina a ovoce v kuchyni. Svépomoc. Praha. 1989. Bez ISBN.
- [8] MELICHAR, M.: Zelinářství. Vydal Český zahrádkářský svaz, nakladatelství Květ. 1997. 165 s. ISBN 80-85362-29-5.
- [9] KOPEC, K.: Tabulky nutričních hodnot ovoce a zeleniny. Ústav zemědělských a potravinářských informací. Praha. 1998. 72 s. ISBN 80-86153-64-9.
- [10] BUŇKA, F.; NOVÁK, V.; KADIDLOVÁ, H.: Ekonomika výživy a výživová politika I. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Zlín. 2006. 159 s. ISBN 80-7318-429-X.
- [11] BARTOŠ, J. a kol.: Pěstování a odbyt zeleniny. AGROSPOJ. Praha. 2000. 323 s. ISBN 80-239-424-5.
- [12] BALAŠTÍK, J.: Konzervace ovoce a zeleniny. SNTL. Praha. 1975. 336 s. Bez ISBN.
- [13] TRONÍČKOVÁ, E.: Zelenina. Artia. Praha. 1985. 223 s. Bez ISBN.
- [14] CEREVITINOV, F. V.: Chemické složení a fyzikální vlastnosti ovoce a zeleniny. Průmyslové vydavatelství. Praha. 1952. 322 s. Bez ISBN.
- [15] KYZLINK, V.: Základy konzervace potravin. SNTL. Praha. 1980. 516 s. Bez ISBN.

- [16] SOVJÁK, R.; REISNEROVÁ, H.; MATĚJÍČKOVÁ, R.: Hygiena a zdravotní nezávadnost potravin II. Česká zemědělská univerzita. Praha. 2002. 248 s. ISBN 80-213-0974-1.
- [17] VELÍŠEK, J.: Chemie potravin 2. OSSIS. Tábor. 2002. 303 s. ISBN 80-86659-01-1.
- [18] RICHTER, R. a kol.: Výživa a hnojení rostlin – obecná část. MZLU. Brno. 1994. 177 s. ISBN 80-7157-138-5.
- [19] HAMILTON, G.: Biozahrada. Příroda. Bratislava. 1994. 288 s. ISBN 80-07-00617-6.
- [20] ŠAPIRO, D. K.: Ovoce a zelenina ve výživě člověka. Státní zemědělské nakladatelství. Praha. 1988. 227 s. Bez ISBN.
- [21] DOLEJŠÍ, A.: Zelenina na zahrádce. Státní zemědělské nakladatelství. Praha. 1982. 216 s. Bez ISBN.
- [22] PROCHÁZKA, S.: Fyziologie rostlin. Academia. Praha. 1982. 422 s. Bez ISBN.
- [23] VELÍŠEK, J.: Chemie potravin 3. OSSIS. Tábor. 2002. 368 s. ISBN 80-86659-02-X.
- [24] URSELLOVÁ, A.: Vitamíny a minerály. Vydavatelství NOXI, s.r.o.. Praha. 2004. 128 s. ISBN 80-89179-00-2.
- [25] HOPFENZITZOVÁ, P.: Minerální látky – udržují tělo fit. Ikar. Praha. 1999. 88 s. ISBN 80-7202-546-5.
- [26] JANČA, J.: Co nám chybí – kovy, jiné prvky a vitamíny v lidském těle. EMINENT. Praha. 1991. 123 s. ISBN 80-900302-4-6.
- [27] KVASNIČKOVÁ, A.: Minerální látky a stopové prvky – esenciální minerální prvky ve výživě. Ústav zemědělských a potravinářských informací. Praha. 1998. 128 s. ISBN 80-85120-94-1.
- [28] SHARON, M.: Moderní výživa od A do Z – malá encyklopedie výživy. Euromedia CS. Praha. 1998. 225 s. ISBN 80-902502-1-1.
- [29] DRDÁK, M.: Technológia rastlinných neúdržných potravin. Alfa. Bratislava. 1989. 304 s. ISBN 80-05-00121-5.
- [30] HLUŠEK, J.: Základy výživy a hnojení zeleniny a ovocných kultur. Institut výchovy a vzdělávání MZe ČR. Praha. 1996. 48 s. ISBN 80-7105-111-X.

- [31] ZAKOPAL, J.; ŠEDIVÝ, J. a kol.: Chemie na zahrádce. Státní zemědělské nakladatelství. Praha. 1990. 416 s. ISBN 80-209-0140-X.
- [32] BASU, A.; IMRHAN, V.: Tomatoes versus lycopene in oxidative stress and carcinogenesis: conclusions from clinical trials. *Eur-J-Clin-Nutr.* Mar 2007, 61(3), pp 295 – 303.
- [33] BLAŽEJ, A.: Rastlinné fenolové zlúčeniny. Alfa. Bratislava. 1973. 235 s. Bez ISBN.
- [34] LARCHER, W.: Fyziologická ekologie rostlin. Academia. Praha. 1988. 361 s. Bez ISBN.
- [35] RECHT, CH.: Zelenina pěstovaná biologicky bez chemického ošetřování. Nakladatelství SVOJTKA a VAŠUT. Praha. 1994. 111 s. ISBN 80-85521-75-X.
- [36] PEKÁRKOVÁ, E.: Pěstujeme rajčata, papriky a další plodové zeleniny. Grada Publishing. Praha. 2001. 72 s. ISBN 80-247-0170-7.
- [37] DUDA, M.; STŘELEČEK, V.: Lahodková zelenina. Příroda. Bratislava. 1986. 217 s. Bez ISBN.
- [38] POKORNÝ, J.: Zelinářství pro odborná učiliště. Septima. Praha. 2001. 62 s. ISBN 80-7216-159-8.
- [39] VALŠÍKOVÁ, M. a kol.: Papriky, rajčiaky a baklažány. Příroda. Bratislava. 1987. 155 s. Bez ISBN.
- [40] MAREČEK, F. a kol.: Zahradnický slovník naučný 5 (R – Ž). Ústav zemědělských a potravinářských informací. Praha. 2001. 685 s. ISBN 80-7271-075-3.
- [41] MAREČEK, F. a kol.: Tržní zelinářství. Státní zemědělské nakladatelství. Praha. 1976. 327 s. Bez ISBN.
- [42] MARUŠKA, P.; NODL, L.: Vaříme ze zeleniny. Artia. Praha. 1983. 222 s. Bez ISBN.
- [43] WIKIPEDIA – otevřená encyklopedie. Rajčata. <Cit. 2008-05-06>. Dostupný z WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Raj%C4%8De>.
- [44] ŠTAMBERA, J. a kol.: Plodová a struková zelenina – pestovanie a využitkovanie. Slovenské vydavateľstvo pôdohospodárskej literatúry. Bratislava. 1967. 211 s. Bez ISBN.
- [45] VALÍČEK, P. a kol.: Užité rostliny tropů a subtropů. Academia. Praha. 1989. 420 s. ISBN 80-200-0000-3.

- [46] Listina povolených odrůd polních plodin, zelenin kořenových a technických plodin, léčivých rostlin, ovocných druhů a révy vinné. Vydalo Ministerstvo zemědělství České republiky v Agrospoji. Praha. 1993. 135 s. ISBN 80-7084-053-6.
- [47] ŠTAMBERA, J.: Rajčata a papriky – naše nejrozšířenější teplomilné zeleniny. Ústav vědeckotechnických informací MZLH. Praha. 1965. 27 s. Bez ISBN.
- [48] POLÁK, K.: Pěstujeme rajčata. Nakladatelství Socialistické akademie. Praha. 1969. Bez ISBN.
- [49] TYMČENKO, V. J.; JEFREMOVOVÁ, T. G.: Atlas škůdců a chorob zeleniny a bramboru. Státní zemědělské nakladatelství. Praha. 1987. Bez ISBN.
- [50] Méně známé choroby rajčat – aby byla zdravá...Flóra na zahradě. Ročník VI. Rok 2007. Číslo 7. Strana 70 – 71.
- [51] VOJTAŠŠÁKOVÁ, A.: Potravinarske tabul'ky. Bratislava. Výzkumný ústav potravinársky. 1997. 210 s.
- [52] RYCHLÍK, A. J.: Rajčata – rady, nápady, recepty. Vizovice, Lípa. 1997. 172 s. ISBN 80-86093-06-9.
- [53] FREDERIKSEN, H.; RASMUSSEN, S. E.; SCHRODER, M.; BYSTED, A.; JAKOBSEN, J.; FRANDBSEN, H.; RAVN – HAREN, G.; MORTENSEN, A.: Dietary supplementation with an extract of lycopene-rich tomatoes does not reduce atherosclerosis in Watanabe Heritable Hyperlipidemic rabbits. British journal of nutrition. Jan 2007, 97(1), pp 6 – 10.
- [54] DUMAS, Y.; DADOMO, M.; DI LUCCA, G.; GROLIER, P.: Effects of enviromental factors and agricultural techniques on antioxidant content of tomatoes. Science of food and agriculture. 2003, 83 (5). ISSN 0022-5142.
- [55] DVOŘÁČKOVÁ, S.: Chemie na dlani. Rubico. Olomouc. 2000. 171 s. ISBN 80-85839-70-9.
- [56] KINCL, M.; FAUSTUS, L.: Základy fyziologie rostlin. Státní pedagogické nakladatelství. Praha. 1978. 168 s. Bez ISBN.
- [57] BAIER, BAIEROVÁ: Abeceda výživy rostlin a hnojení. Státní zemědělské nakladatelství. Praha. 1985. 364 s. Bez ISBN.

- [58] MIZUIKE, A.: Metody koncentrovanija mikroelementov v neorganicheskom analize. Nakladatelství Chemie. Moskva. 1986. 152 s. Bez ISBN.
- [59] VELIKÝ, I.: Mikroelementy v teorii a praxi. Slovenské vydavateľstvo pôdohospodárskej literatúry. Bratislava. 1964. 302 s. Bez ISBN.
- [60] KAFKA, Z.; PUNČOCHÁŘOVÁ, J.: Těžké kovy v přírodě a jejich toxicita. Chemické listy 96. Rok 2002. Číslo 07. Strana 611 – 617. ISSN 1213-7103.
- [61] HRUŠKA, B.; BAJER, A.: Geochemie Cr, Ni a Zn v českých a slovenských hadcových horninách a jejich zvětralinách a půdách. MZLU v Brně. Brno. 2004. 55 s. ISBN 80-7157-764-2.
- [62] DERCOVÁ, K.; MAKOVNÍKOVÁ, J.; BARANČÍKOVÁ, G.; ŽUFFA, J.: Bioremediácia toxických kovov kontaminujúcich vody a pôdy. Chemické listy 99. Rok 2005. Číslo 10. Strana 682 – 693. ISSN 1213-7103.
- [63] HANKEOVÁ, E.; WEGNER, E.: Zinek – nová vitalita pro vaše tělo. Ivo Železný. Praha. 2001. 114 s. ISBN 80-240-1847-0.
- [64] LANÍK, J.; HALADA, J.: Kniha o půdě 1 – Půda a rostlina. Státní zemědělské vydavatelství v Praze. Praha. 1960. 259 s. Bez ISBN.
- [65] DOBROVOLSKIJ, V. V.: Geografija mikroelementov: Global'noje rassejanije. Vydavatelství Mysl. Moskva. 1983. 272 s. Bez ISBN.
- [66] SLAVÍKOVÁ, J.: Ekologie rostlin. Státní pedagogické nakladatelství. Praha. 1986. 368 s. Bez ISBN.
- [67] PRUGAR, J.; HADAČOVÁ, V.: Vliv agrotechniky na obsah dusičnanů v zelenině a bramborách. Ústav zemědělských a potravinářských informací. Praha. 1995. 52 s. ISSN 0862-3562.
- [68] KABATA – PENDIAS, A.: Mikroelementy v počvach i rastenijach. Mir. Moskva. 1989. 439 s. Bez ISBN.
- [69] ROEDIGEROVÁ - STREUBELOVÁ, S.: Minerální látky a stopové prvky. Ivo Železný. Praha. 1996. 158 s. ISBN 80-237-3490-3.
- [70] ČUMAKOV, A. a kol.: Hnojení mikroelementy. Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství. Praha. 1977. 73 s. Bez ISBN.

- [71] GREENWOOD, N. N.; EARNSHAW, A.: Chemie prvků, svazek II. Informatorium. Praha. 1993. 1635 s. ISBN 80-85427-38-9.
- [72] WIKIPEDIA – otevřená encyklopedie. Měď – chemický prvek. <Cit. 2008-05-06>. Dostupný z WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/M%C4%9B%C4%8F>
- [73] HONZA, J.; MAREČEK, A.: Chemie pro čtyřletá gymnázia, 2. díl. Nakladatelství Olomouc. Olomouc. 2004. 227 s. ISBN 80-7182-141-1.
- [74] ŠRÁMEK, V.: Obecná a anorganická chemie. Nakladatelství Olomouc. Olomouc. 2000. 262 s. ISBN 80-7182-099-7.
- [75] VACÍK, J.; BARTHOVÁ, J.; PACÁK, J.; STRAUCH, B.; SVOBODOVÁ, M.; ZEMÁNEK, F.: Přehled středoškolské chemie. Státní pedagogické nakladatelství. Praha. 1990. 368 s. ISBN 80-04-22463-6.
- [76] VACÍK, J. a kol.: Chemie pro gymnázia – obecná a anorganická. Státní pedagogické nakladatelství. Praha. 2001. 248 s. ISBN 80-85937-00-X.
- [77] INGRAM, P.; WHITEHEAD, P.; GALLAGHEROVÁ, R.: Přehled učiva chemie. Nakladatelství Václav Svojtka & Co. Praha. 1999. 256 s. ISBN 80-7237-147-9.
- [78] KOTLÍK, B.; RŮŽIČKOVÁ, K.: Chemie v kostce 1. díl. Fragment. Havlíčkův Brod. 1996. 119 s. ISBN 80-7200-056-X.
- [79] TLUSTOŠ, P.; ŠVEHLA, P.; PAVLÍK, M.; HANČ, A.: Agrochemie. Česká zemědělská univerzita v Praze; Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů. Praha. 2007. 228 s. ISBN 978-80-213-1713-0.
- [80] ŠANTAVÝ, F. a spolupracovníci: Biochemie – pro studující medicíny. Avicenum. Praha. 1975. 672 s. Bez ISBN.
- [81] STRNADOVÁ, N.; MATĚJKOVÁ, D.: Odstraňování sloučenin mědi a zinku z vod adsorpcí na hydroxidu hořečnatém. Chemické listy 100. Rok 2006. Číslo 09. Strana 803 – 808. ISSN 1213-7103.
- [82] UHLÍŘ, Z.; SOCHA, J.: Agrochemie. Vysoká škola chemicko – technologická v Pardubicích. Pardubice. 1992. 148 s. ISBN 80-85113-51-1.

- [83] ČERMÁKOVÁ, M.; ŠTĚPÁNOVÁ, I.: Klinická biochemie – 1. díl. Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví v Brně. Brno. 2003. 120 s. ISBN 80-7013-372-4.
- [84] DOLEŽALOVÁ, V. a kol.: Teoretické základy klinické biochemie pro zdravotní laboranty. Institut pro další vzdělávání středních zdravotnických pracovníků v Brně. Brno. 1988. 272 s. Bez ISBN.
- [85] KÁŠ, J.: Biochemie životního prostředí. Vysoká škola chemicko – technologická. Praha. 2000. 119 s. ISBN 80-7080-382-7.
- [86] NEUBERG, J. a kol.: Stopové prvky v rostlinné výrobě ČSR. Státní zemědělské nakladatelství. Praha. 1977. 187 s. Bez ISBN.
- [87] VANĚK, V. a kol.: Výživa polních a zahradních plodin. Vydavatelství odborného tisku Profi Press. Praha. 2007. 167 s. ISBN 976-80-86726-25-0.
- [88] MAKOVNÍKOVÁ, J.; BARANČÍKOVÁ, G.; DLAPA, P.; DERCOVÁ, K.: Anorganické kontaminanty v půdním ekosystému. Chemické listy 100. Rok 2006. Číslo 06. Strana 424 – 432. ISSN 1213-7103.
- [89] PAVLÍKOVÁ, D.; PAVLÍK, M.; MATĚJŮ, L.; BALÍK, J.: Ekotoxikologie. Česká zemědělská univerzita v Praze. Praha. 2006. 152 s. ISBN 80-213-1528-8.
- [90] KHURANA, N.; SINGH, M. V.; CHATTERJEE, C.: Copper stress alerts physiology and deteriorates seed quality of rapeseed. Journal of Plant Nutrition. 2006, 29, pp 93 – 101.
- [91] DUCHOŇ, F.; HAMPL, J.: Agrochemie. Československá Akademie Zemědělských Věd. Praha. 1962. 431 s. Bez ISBN.
- [92] WIKIPEDIA – otevřená encyklopedie. Zinek – chemický prvek. <Cit. 2008-05-06>. Dostupný z WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Zinek>
- [93] JANKŮ, M.: Anorganická chemie pro 1. ročník SPŠCH a škol s chemickým zaměřením. Nakladatelství technické literatury. Praha. 1980. 248 s. Bez ISBN.
- [94] DVOŘÁČKOVÁ, S.: Rychlokurz chemie – od základní školy k přijímacím zkouškám na vysokou školu. Rubico. Olomouc. 2000. 238 s. ISBN 80-85839-42-3.

- [95] LANSDOWN, A. B.; MIRASTSCHIJSKI, U.; STUBBS, N.; SCANLON, E.; AGREN, M. S.: Zinc in wound healing: theoretical, experimental, and clinical aspects. *Wound Repair Regen.* Jan – Feb 2007, 15(1), pp 2 – 16.
- [96] PENNINGTON, J. A.; YOUNG, B. E.; WILSON, D. B.: Nutritional elements in U.S. diets: results from the Total Diet Study, 1982 to 1986. *Journal Am Diet Assoc.* 1989, pp 659 – 664.
- [97] MUSIL, J.; NOVÁKOVÁ, O.: *Biochemie v obrazech a schématech.* Avicenum. Praha. 1989. 394 s. Bez ISBN.
- [98] MAHABIR, S.; SPITZ, M. R.; BARRERA, S. L.; ETZEL, C.; FORMAN, M. R.: Dietary zinc, copper and selenium, and risk of lung cancer. *Int-J-Cancer.* Mar 1 2007, 120 (5), pp 1108 – 1115.
- [99] VALLEE, B. L.; FALCHUK, K. H.: The biochemical basic of zinc physiology. *Physiol Rev.* 1993, 73, pp 79 – 118.
- [100] HAMBIDGE, K. M.; KREBS, N. F.: Zinc deficiency: a special challenge. *J-Nutr.* Apr 2007, 137 (4), pp 1101 – 1105.
- [101] ZHENG, Y.; LI, X. K.; WANG, Y.; CAI, L.: The role of zinc, copper and iron in the pathogenesis of diabetes and diabetic complications: therapeutic effects by chelators. *Hemoglobin.* 2008, 32 (1-2), pp 135 – 145.
- [102] PURVES, W.; SADAVA, D.; ORIAN, G. H.; HELLER, H. C.: *Life. The Science of Biology.* Sunderland, sinauer Associates. 2004, pp 1121.
- [103] SANDSTEAD, H.: Understanding zinc: recent observations and interpretations. *Journal Lab Clin Med.* 1994, 124, pp 322 – 327.
- [104] OBATA, H.; UMEBAYASHI, M.: Effects of cadmium on mineral nutrient concentrations in plants differing in tolerance for cadmium. *Journal of Plant Nutrition,* 1997, 20 (1), pp 97 – 105.
- [105] ANONYMOUS: Vyhláška Ministerstva životního prostředí ČR 13/1994Sb., kterou se upravují některé podrobnosti ochrany zemědělského půdního fondu.
- [106] JAVORSKÝ, P.: *Chemické rozbory v zemědělských laboratořích.* Ministerstvo zemědělství a výživy. Praha. 1987. 285 s. Bez ISBN.

- [107] NOVOTNÝ, F.: Metodiky chemických rozborů pro hodnocení kvality odrůd. ÚKZÚZ. Brno. 2000. 555 s. Bez ISBN.
- [108] SNEDECOR, G. W.; COCHRAN, W. G.: Statistical Methods. Iowa State University Press. Iowa. 1967.
- [109] NOVOTNÝ, F.: Metodiky chemických rozborů pro hodnocení kvality odrůd (díl 1). ÚKZÚZ. Brno. 2002. 553 s. ISBN 80-86051-75-7.
- [110] NOVOTNÝ, F.: Metodiky chemických rozborů pro hodnocení kvality odrůd (díl 2). ÚKZÚZ. Brno 2000. 173 s. ISBN 80-86051-70-6.
- [111] RICHTER, R.; HLUŠEK, J.; HŘIVNA, L.: Výživa a hnojení rostlin – praktická cvičení. MZLU. Brno. 1999. 188 s. ISBN 80-7157-346-9.
- [112] AL-KARAKI, G. N.; HAMMAD, R.: Mycorrhizal influence on fruit yield and mineral content of tomato grown under salt stress. Journal of plant nutrition. 2001, 24 (8), pp 1311 – 1323. ISSN 0190-4167.
- [113] ANTOSIEWICZ, D. M.: Mineral status of dicotyledonous crop plants in relation to their constitutional tolerance to lead. Environmental and experimental botany. Oct 1993, 33 (4), pp 575 – 589. ISSN 0098-8472.
- [114] SUAREZ, M. H.; RODRIGUEZ, E. R.; ROMERO, C. D.: Analysis of organic acid content in cultivars of tomato harvested in Tenerife. European food research and technology. Jan 2008, 226 (3), pp 423 – 435. ISSN 1438-2377.
- [115] DONG, C. X.; ZHOU, J. M.; FAN, X. H.; WANG, H. Y.; DUAN, Z. Q.; TANG, C.: Application methods of calcium supplements affect nutrient levels and calcium form in mature tomato fruits. Journal of plant nutrition. 2007, 27 (8), pp 1443 – 1455. ISSN 0190-4167.
- [116] SONMEZ, S.; KAPLAN, M.; SONMEZ, N. K.; KAYA, H.; UZ, I.: Effect of both soil copper applications and foliar copper application frequencies on macronutrient contents of tomato plants. Asian journal of chemistry. Dec 2007, 19 (7), pp 5372 – 5384. ISSN 0970-7077.
- [117] BIRGHILA, S.; DOBRINAS, S.; MATEI, N.; MAGEARU, V.; POPESCU, V.; SOCEANU, A.: Distribution of Cd, Zn and ascorbic acid in different stages of

tomato (*Lycopersicon esculentum Solanaceae*) plant growing. Revista de chemie. Sep 2004, 55 (9), pp 683 – 685. ISSN 0034-7752.

- [118] GUNES, A.; ALPASLAN, M.; INAL, A.: Critical nutrient concentrations and antagonistic and synergistic relationships among the nutrients of NFT – grown zucchini tomato plants. Journal of plant nutrition. 1998, 21 (10), pp 2035 – 2047. ISSN 0190-4167.
- [119] QUAGGIO, J. A.; GALLO, P. B.; OWINO – GERROH, C.; ABREU, M. F.; CANTARELLA, H.: plant response to lime and molybdenum application in low pH soils. In: Revista Brasileira de Ciencia do Solo. 2004, 28, pp 659 – 664.
- [120] Commission Regulation (EC) No 466/2001 of 8 March 2001 setting maximum levels for certain contaminants on foodstuffs.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

| | |
|--------------|------------------------|
| AMK | Amikokyselina |
| apod. | A podobně |
| atd. | A tak dále |
| c | Koncentrace |
| cca | Asi |
| cm | Centimetr |
| con- var. | Konvarieta |
| č. | Číslo |
| čh | Čerstvé hmoty |
| ČR | Česká republika |
| ČSÚ | Český Statistický Úřad |
| dm | Decimetr |
| EU | Evropská Unie |
| g | Gram |
| ha | Hektar |
| kg | Kilogram |
| kJ | Kilojouly |
| konc. | Koncentrované |
| l | Litr |
| M | Molární |
| mg | Miligram |
| mil | Milion |
| ml | Mililitr |

| | |
|--------|-------------------------------------------|
| např. | Například |
| nm | Nanometry |
| Obr. | Obrázek |
| os | Osoba |
| ppm | Parts per milion = částic na jeden milion |
| př.Kr. | Před Kristem |
| SSSR | Svaz Sovětských Socialistických Republik |
| t | Tuna |
| tis. | Tisíc |
| tj. | To je |
| tzv. | Tak zvané |
| USA | Spojené Státy Americké |
| var. | Varieta |

SEZNAM OBRÁZKŮ

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------|----|
| Obrázek č. 1: Květenství rajčete | 32 |
| Obrázek č. 2: Žluté plody rajčat hruškovitého tvaru | 33 |
| Obrázek č. 6: Parnas – Wagnerův destilační přístroj pro stanovení dusíku | 73 |

SEZNAM TABULEK

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabulka č. 1: Spotřeba zeleniny v ČR v hodnotě čerstvé hmoty (kg/os/rok)..... | 15 |
| Tabulka č. 2: Taxonomická klasifikace rajčete | 31 |
| Tabulka č. 3: Přehled vlastností mědi | 48 |
| Tabulka č. 4: Přehled vlastností zinku | 58 |
| Tabulka č. 5: Schéma pokusu se stupňovanými dávkami zinku a mědi v půdě | 68 |
| Tabulka č. 6: Přírozený obsah mikroelementů v zemině u kontrolní varianty | 69 |
| Tabulka č. 7: Závislost obsahu sušiny plodů rajčat na zvyšující se konc. Cu a Zn v půdě | 74 |
| Tabulka č. 8: Závislost obsahu organických kyselin plodů rajčat na zvyšující se konc. Cu a Zn v půdě..... | 76 |
| Tabulka č. 9: Závislost obsahu fosforu v plodech rajčat na zvyšující se konc. Cu a Zn v půdě..... | 77 |
| Tabulka č. 10: Závislost obsahu hrubé bílkoviny v plodech rajčat na zvyšující se konc. Cu a Zn v půdě..... | 79 |
| Tabulka č. 11: Závislost obsahu Cu v plodech rajčat na zvyšující se konc. Cu v půdě | 80 |
| Tabulka č. 12: Závislost obsahu Zn v plodech rajčat na zvyšující se konc. Zn v půdě..... | 81 |

SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA P I: Chemické složení rajčete

PŘÍLOHA P II: Obsah minerálních látek v těle dospělého člověka (tělesná hmotnost 70 kg)

PŘÍLOHA P III: Obsah mědi a zinku v některých potravinových surovinách a potravinách

PŘÍLOHA P IV: Obrázky rostliny a plodů rajčete (Obr. č. 3: Rostlina s nezralými plody, Obr. č. 4: Zralé i nezralé plody rajčat, Obr. č. 5: Plod rajčete)

PŘÍLOHA P I: CHEMICKÉ SLOŽENÍ RAJČETE

| SLOŽKA | JEDNOTKA | PRŮMĚRNÁ HODNOTA |
|----------------------------------------------|-------------------------|------------------|
| VODA CELKOVÁ | g . 100 g ⁻¹ | 94,20 |
| BÍLKOVINY CELKOVÉ (HRUBÝ PROTEIN) | g . 100 g ⁻¹ | 0,96 |
| ESENCIÁLNÍ AMK | g . 100 g ⁻¹ | 0,20 |
| SEMIESENCIÁLNÍ AMK | g . 100 g ⁻¹ | 0,05 |
| NEESENCIÁLNÍ AMK | g . 100 g ⁻¹ | 0,52 |
| LIPIDY CELKOVÉ | g . 100 g ⁻¹ | 0,23 |
| KYSELINA OLEJOVÁ | g . 100 g ⁻¹ | 0,02 |
| KYSELINA LINOLOVÁ | g . 100 g ⁻¹ | 0,09 |
| KYSELINA LINOLENOVÁ | g . 100 g ⁻¹ | 0,009 |
| SACHARIDY CELKOVÉ | g . 100 g ⁻¹ | 4,07 |
| GLUKÓZA | g . 100 g ⁻¹ | 1,25 |
| FRUKTÓZA | g . 100 g ⁻¹ | 1,46 |
| SACHARÓZA | g . 100 g ⁻¹ | 0,16 |
| ŠKROB | g . 100 g ⁻¹ | 0,18 |
| CELULÓZA | g . 100 g ⁻¹ | 0,64 |
| LIGNIN | g . 100 g ⁻¹ | 0,29 |
| ORGANICKÉ KYSELINY CELKOVÉ | g . 100 g ⁻¹ | 0,54 |
| KYSELINA OCTOVÁ | g . 100 g ⁻¹ | 0,07 |
| KYSELINA ŠŤAVELOVÁ | g . 100 g ⁻¹ | 0,02 |
| KYSELINA JABLEČNÁ | g . 100 g ⁻¹ | 0,09 |
| KYSELINKA CITRÓNOVÁ | g . 100 g ⁻¹ | 0,46 |

| | | |
|------------------------------------|----------------------------|--------|
| MINERÁLNÍ LÁTKY (POPEL) | g . 100 g ⁻¹ | 0,59 |
| SODÍK | mg . 100 g ⁻¹ | 6,14 |
| HOŘČÍK | mg . 100 g ⁻¹ | 21,35 |
| FOSFOR | mg . 100 g ⁻¹ | 23,78 |
| DRASLÍK | mg . 100 g ⁻¹ | 60,65 |
| VÁPŇÍK | mg . 100 g ⁻¹ | 278,38 |
| ŽELEZO | mg . 100 g ⁻¹ | 0,84 |
| MĚĐ | mg . 100 g ⁻¹ | 0,09 |
| ZINEK | mg . 100 g ⁻¹ | 0,24 |
| JÓD | mg . 100 g ⁻¹ | 0,0024 |
| VITAMÍNY | | |
| KAROTEN | mg . 100 g ⁻¹ | 1,56 |
| TOKOFEROLY E | mg . 100 g ⁻¹ | 0,61 |
| VITAMÍN C | mg . 100 g ⁻¹ | 24,92 |
| ENERGIE | KJ . 100 g ⁻¹ | 65,00 |
| ENERGIE | kcal . 100 g ⁻¹ | 16,00 |

**PŘÍLOHA P II: OBSAH MINERÁLNÍCH LÁTEK V TĚLE
DOSPĚLÉHO ČLOVĚKA (TĚLESNÁ HMOTNOST 70 KG)**

| Prvek | Celkové množství | Jednotka |
|-------|------------------|----------|
| Ca | 1000 – 1500 | g |
| Mg | 25 – 40 | g |
| K | 140 – 180 | g |
| Na | 70 – 100 | g |
| P | 420 – 840 | g |
| S | 140 | g |
| Cl | 70 – 110 | g |
| Fe | 3 – 5 | g |
| Zn | 1,4 – 3 | g |
| F | 0,8 – 2,5 | g |
| Si | 1,4 | g |
| Cu | 100 – 180 | mg |
| Mn | 10 – 20 | mg |
| Mo | 5 – 10 | mg |
| Co | 1 – 1,5 | mg |
| Ni | 10 | mg |
| Cr | 5 | mg |
| V | 1 – 20 | mg |
| I | 10 – 30 | mg |
| Se | 10 - 20 | mg |

**PŘÍLOHA P III: OBSAH MĚDI A ZINKU V NĚKTERÝCH
POTRAVINOVÝCH SUROVINÁCH A POTRAVINÁCH**

| Potravina | Obsah v mg . kg ⁻¹ | |
|-----------------|-------------------------------|-----------|
| | Měď | Zinek |
| Maso vepřové | 0,4 – 1,8 | 17 – 40 |
| Maso hovězí | 0,6 – 1,8 | 30 – 43 |
| Maso kuřecí | 0,35 – 0,51 | 8,1 – 12 |
| Játra vepřová | 10 – 23 | 56 – 112 |
| Ryby | 0,2 – 3,1 | 3,3 – 27 |
| Mléko plnotučné | 0,05 – 0,2 | 3,4 – 4,7 |
| Mléko mateřské | 0,26 – 0,4 | 1,2 |
| Vejce slepičí | 0,68 – 0,73 | 13 – 15 |
| Pšenice | 4 – 14 | 26 – 38 |
| Mouka pšeničná | 2 – 6,5 | 8 – 36 |
| Rýže loupaná | 0,6 – 2,8 | 10 – 15 |
| Hrách | 4,9 – 8,5 | 20 – 49 |
| Zelí | 0,3 – 1 | 1,5 – 2,9 |
| Rajčata | 0,4 – 1 | 1,2 – 4,8 |
| Mrkev | 0,37 – 0,8 | 2,5 – 5,9 |
| Brambory | 0,3 – 1,6 | 1,7 – 4,9 |
| Jablka | 0,24 – 0,63 | 0,2 – 4,9 |
| Vlašské ořechy | 3,1 | 24 |
| Čaj černý | 11 – 33 | 23 – 38 |
| Káva pražená | 8,2 | 6,1 – 8,0 |

PŘÍLOHA P IV: OBRÁZKY ROSTLINY A PLODŮ RAJČETE



Obr. č. 3: Rostlina s nezralými plody



Obr. č. 4: Zralé i nezralé plody rajčat



Obr. č. 5: Plod rajčete