

Vliv půdního dusíku na antioxidační kapacitu rajčat

Bc. Hana Nenutilová

Diplomová práce
2012



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav technologie a mikrobiologie potravin
akademický rok: 2011/2012

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE (PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Bc. Hana NENUILOVÁ
Osobní číslo: T100007
Studijní program: N 2901 Chemie a technologie potravin
Studijní obor: Technologie, hygiena a ekonomika výroby potravin

Téma práce: Vliv půdního dusíku na antioxidační kapacitu rajčat

Zásady pro vypracování:

I. Teoretická část

1. Charakterizujte význam půdních minerálních prvků, jejich vliv na rostliny a to zejména u dusíku
2. Popište poznatky o antioxidační kapacitě
3. Zpracujte obecné poznatky o rajčatech

II. Praktická část

1. Založte a vedte nádobový pokus: vliv půdního dusíku na rajčata
2. Provedte vybrané chemické analýzy
3. Výsledky chemických analýz zpracujte a diskutujte s literaturou

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

[1] RICHTER, R. a kol. Výživa a hnojení rostlin/obecná část/, 1. vydání, MZLU, Brno 1994.

[2] KALINA, M. Hnojení v zahradě, 2. vydání, GRADA, Praha 2005.

[3] POKORNÝ, J. Zelinářství, 1. vydání, SEPTIMA, Praha 2002.

[4] VELÍŠEK, J. Chemie potravin 3, 1. vydání, OSSIS, Tábor 1999.

Vedoucí diplomové práce:

doc. Ing. Otakar Rop, Ph.D.

Ústav technologie a mikrobiologie potravin

Datum zadání diplomové práce:

1. února 2012

Termín odevzdání diplomové práce:

2. května 2012

Ve Zlíně dne 10. února 2012


doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan




doc. Ing. František Buňka, Ph.D.
ředitel ústavu

Příjmení a jméno: Nenutilová Hana Obor: Technologie, hygiena a ekonomika výroby potravin

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60³⁾ odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 2.5.2012

Nenutilová Hana

¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevydělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) *Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.*

(3) *Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.*

²¹ *zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:*

(3) *Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacího zařízení (školní dílo).*

³¹ *zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:*

(1) *Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.*

(2) *Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.*

(3) *Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlídí k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.*

ABSTRAKT

Cílem diplomové práce bylo sledovat v nádobovém pokusu vliv stupňovaných dávek půdního dusíku na plody rajčat. V teoretické část byly popsány základní informace o rajčatech, antioxidační aktivitě, fenolických látkách a vlivu výživy a hnojení na růst rostlin. V praktické části byl zjišťován vliv stupňovaných dávek půdního dusíku na sušinu, organické kyseliny, antioxidační aktivitu a celkové polyfenolické látky v plodech rajčat.

Klíčová slova: rajčata, antioxidační aktivita, fenolické látky, výživa a hnojení rostlin

ABSTRACT

The aim of this thesis was to establish a pot experiment the influence of increasing amounts of soil nitrogen on tomato fruits. In the theoretical part have described the basic information of tomatoes, antioxidant activity, phenolic substances and the influence of nutrition and fertilization on plant growth. In the practical part has been investigated the influence of increasing amounts of nitrogen on dry matter, organic acids, antioxidant activity and total polyphenolic substances.

Keywords: tomatoes, antioxidant activity, phenolic compounds, plant nutrition and fertilization

Děkuji vedoucímu své diplomové práce, doc. Ing. Otakaru Ropovi, Ph.D., za odborné vedení, ochotu a cenné rady, které mi poskytl při zpracování mé diplomové práce. Dále bych chtěla poděkovat Ing. Lence Fojtíkové za pomoc v laboratořích.

Prohlašuji, že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 RAJČATA	12
1.1 MORFOLOGIE	13
1.1.1 Kořeny, lodyha a listy	13
1.1.2 Květenství a plody.....	13
1.2 CHEMICKÉ SLOŽENÍ.....	14
1.2.1 Voda	14
1.2.2 Sacharidy	15
1.2.3 Pektiny.....	16
1.2.4 Dusíkaté látky.....	16
1.2.5 Kyseliny	16
1.2.6 Minerální látky	17
1.2.7 Nejvýznamnější antioxidační látky	17
1.2.8 Enzymy	18
1.2.9 Vitaminy.....	18
1.2.10 Chlorofyl	18
1.2.11 Tomatin	19
1.2.12 Lipidy	19
1.3 PĚSTOVÁNÍ RAJČAT	19
1.3.1 Teplota.....	19
1.3.2 Vlhkost	20
1.3.3 Půda.....	20
1.3.4 Světlo.....	20
1.4 SKLIZEŇ	21
1.5 CHOROBY	21
1.5.1 Fyziologické choroby rajčat	22
1.5.2 Virové choroby rajčat.....	23
1.5.3 Škůdci.....	24
1.6 VÝROBKY Z RAJČAT	24
1.6.1 Rajčatová šťáva	25
1.6.2 Rajčatový protlak	25
1.6.3 Kečup	26
2 VÝŽIVA A HNOJENÍ ROSTLIN	27
2.1 DUSÍK.....	27
2.1.1 Nedostatek a nadbytek dusíku.....	28
2.1.2 Hnojení dusíkem	29
2.1.3 Dusíkatá hnojiva.....	29

2.2	FOSFOR	30
2.3	DRASLÍK.....	30
2.4	VÁPŇÍK	31
2.5	HOŘČÍK	31
2.6	SÍRA	32
2.7	ŽELEZO	32
2.8	MANGAN.....	32
2.9	ZINEK.....	33
2.10	MĚĐ	33
2.11	BÓR33	
2.12	MOLYBDEN	34
3	ANTIOXIDAČŇÍ AKTIVITA	35
3.1	METODY STANOVENÍ ANTIOXIDAČŇÍ AKTIVITY	35
3.2	VOLNÉ RADIKÁLY	35
3.3	ANTIOXIDANTY	36
3.3.1	Proč jsou antioxidanty důležité	37
3.3.2	Vitamin E	38
3.3.3	Kyselina askorbová	39
3.3.4	Karotenoidy.....	40
3.3.5	Fenolické látky	41
3.4	ANTIOXIDANTY V RAJČETI	42
3.4.1	Lykopen.....	43
3.4.2	Fenolické látky v rajčatech.....	43
II	PRAKTICKÁ ČÁST	46
4	CÍL DIPLOMOVÉ PRÁCE	47
5	METODIKA	48
5.1	STANOVENÍ SUŠINY	49
5.2	STANOVENÍ CELKOVÝCH POLYFENOLŮ	49
5.2.1	Extrakce.....	50
5.2.2	Standardní roztoky a kalibrace.....	50
5.2.3	Stanovení CP ve vzorcích	50
5.3	STANOVENÍ CELKOVÉ ANTIOXIDAČŇÍ AKTIVITY	50
5.4	STANOVENÍ OBSAHU ORGANICKÝCH KYSELIN	51
6	VÝSLEDKY	53
6.1	STANOVENÍ SUŠINY	53
6.2	STANOVENÍ CELKOVÝ POLYFENOLŮ	54
6.3	STANOVENÍ ANTIOXIDAČŇÍ AKTIVITY	56
6.4	STANOVENÍ OBSAHU ORGANICKÝCH KYSELIN	58
7	DISKUZE	60
8	ZÁVĚR.....	62
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	63
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	78
	SEZNAM OBRÁZKŮ	80

SEZNAM GRAFŮ	81
SEZNAM TABULEK.....	82
SEZNAM PŘÍLOH.....	83

ÚVOD

Rajčata jsou jednou z nejrozšířenějších zelenin na světě, jsou oblíbená kvůli své chuti. Jsou významným zdrojem antioxidantů, jako jsou karoteny, fenolické látky a vitamín C. Nejvíce zastoupený karoten je lykopen, který se nachází hlavně ve vrstvě pod slupkou a způsobuje barvu plodu rajčete.

Antioxidanty chrání lidské tělo před volnými radikály, které způsobují oxidační poškození tkání. Jsou důležité pro lidskou výživu a jsou spojena s nižším rizikem výskytu různých onemocnění, jako je rakovina a srdeční onemocnění. Vzhledem k tomu, že obsah antioxidantů ovlivňuje chuť, barvu a nutriční vlastnosti rajčat může sloužit jejich obsah jako ukazatel kvality.

Rajčata se vyskytují v různých tvarech i barvách. Podle svého vzrůstu se rajčata rozdělují na tyčková a keříčková. Tyčková rajčata potřebují při pěstování oporu. Keříčková rajčata jsou určena k průmyslovému zpracování.

Rajčata jsou náročné na obsah živin v půdě i na okolní teplotu. Obsah živin v půdě ovlivňuje růst, vývoj a chemické složení plodů. Živiny se do půdy dodávají hnojivy. Používají se hnojiva s různým obsahem makro i mikrobiogenních prvků. Hnojiva ovlivňují růst rostlin, nutriční hodnotu, jako je obsah vitaminů a minerálů, mohou ovlivnit i antioxidační aktivitu a obsah fenolů.

Jednou z nejdůležitějších živin je dusík, proto byl v této práci zjišťován vliv rozdílných koncentrací dusíku v půdě na stanovené chemické složky plodů rajčat. Dusík zasahuje do metabolismu rostlin. Při nadbytku dusíku se produkuje více biomasy, ale plody dozrávají pomaleji. Při nedostatku rostliny špatně rostou, jsou malé, ale plody rychleji dozrávají. Rostliny mohou přijímat dusík buď jako anorganické ionty (NH_4^+ nebo NO_3^-), nebo jako organický dusík.

Cílem této práce bylo vést nádobový pokus se zvyšujícími se dávkami dusíku, u dvou odrůd rajčat. Poté byly plody v konzumní zralosti posbírány a byly provedeny vybrané laboratorní pokusy, jako určení sušiny, antioxidační aktivity, celkových polyfenolů a kyselosti. V teoretické části byly popsány základní poznatky o rajčatech, antioxidační aktivitě a vlivu výživy a hnojení na růst rostlin.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 RAJČATA

Rajče (*Solanum lycopersicum* L.) přichází do Evropy po objevení Ameriky. Genetickou oblastí rajčat byly horské území And na ploše dnešního Peru a Ekvádoru. Tam je jako liánovitou rostlinu s malými třešňovitými plody (*Lycopersicon cerasiforme* Mill) poznaly indiánské kmeny. Při vzájemné komunikaci mezi indiánskými civilizacemi se rajčata šířila i na sousední území [1]. Kultura rajčat se dostala do oblasti dnešního Mexika, které je všeobecně považováno za místo zdomácnění. Mezi vlohy rajčat patří i častý výskyt svazčitosti, fasciace, srůstání plodolistů, které vedlo ke zvětšení plodů [2].

Do Evropy je přivezli v 16. století Španělé a Portugalci a zušlechťovacími procesy vznikly dnešní rozmanité formy. Tato lilkovitá rostlina byla zprvu považována za jedovatou. Tvrdění bylo do jisté míry podloženo, protože rajčata ve všech zelených částech obsahují jedovaté glykoalkaloidy solanin a tomatin [3].

Rajčata v Evropě rychle zdomácněla a již v druhé polovině 16. století se pěstovala v Itálii a ve Francii. Zpočátku se pěstovali jako okrasné rostliny, jako zelenina se začaly pěstovat a využívat až v polovině 18. století [4]. Oblibu získala díky výrazné chuti a lákavému vzhledu barevně i tvarově různých plodů. Zpět přes oceán, do USA si rajčata přivezli až evropští přistěhovalci teprve na začátku 19. století [5].

Obrázek 1 Rajče



V současné době jsou rajčata jedním z nejpěstovanějších zeleninových druhů. Ročně se na světě vypěstuje 56 milionů tun rajčat [1]. Největší pěstitelské plochy jsou v Kalifornii a na evropském kontinentu v Itálii [6].

1.1 Morfologie

Rajče je teplomilná rostlina rozdílných výšek (podle odrůd), rozmanitého charakteru vzrůstu a konečně i různě velkých, tvarovaných a vybarvených plodů. Je to jednoletá bylina s poměrně dlouhou vegetační dobou [7].

V současné době existuje velké množství odrůd rajčat s velkým spektrem morfologických a senzorických vlastností, které určují jejich použití [3].

1.1.1 Kořeny, lodyha a listy

Kořeny po vzejití prorůstají radikuly vertikálně do půdy, v dobrých podmínkách až do hloubky 40-60 cm. Jsou silně větvené [8].

Lodyha vyrůstá z děložních lístků. Hlavní lodyžní osa roste vzpřímeně, později nemá-li vhodnou oporu, se pokládá [9]. Celkem rychle se vyvíjejí i postranní osy, vyrůstající z postranních pupenů. Podle charakteru růstu lodyžních částí rozeznáváme odrůdy nízké a odrůdy tyčkové [10]. Tyčková rajčata potřebují vedení, které spočívá v pravidelném odstraňování vedlejších výhonů vyrůstající z paždí listů. Stonky u mladých rostlin jsou zpočátku bylinné, později dřevití [11].

Obvykle jsou **listy** přetrhované lichozpřezžené. Větší lístky jsou řapíkaté, vejčité kopinaté až peřenokleté zašpičatělé. Spodní lístky často nedělené nebo trojčetné [7].

1.1.2 Květenství a plody

Květenství je postranní, vrcholičnaté, u determinantních odrůd na vrcholech os. Jsou dosti bohatá. Kališní listy jsou čárovitě kopinaté. Koruny jsou na bázi srostlé, rozděleny v 5 cípů [11]. Tyčkovité odrůdy od keříčkových rozeznáváme už v počátečním stádiu vývoje podle toho, že tyčková zakládají květenství za každým třetím listem, zatímco keříčková za každým druhým [9]. Květy jsou samosprašné, přirozená partenokarpie se u rajčat vyskytuje zřídka [4]. Květenství je znázorněno na obrázku:

Obrázek 2 *Květenství rajčete*

Plody jsou různých tvarů a různě zbarvené [12]. Plod potřebuje od rozkvetu po dozrání 6 týdnů. U keříčkových rajčat můžeme urychlit růst vyřezáváním nejmladších výhonků [13].

1.2 Chemické složení

Hlavní složkou je voda, jejíž podíl činí až 95 %. Obsah bílkovin, vlákniny a tuků je poměrně malý. Plody obsahují pouze 5-7 % sušiny, 3-5 % cukry, 1 % bílkoviny, 0,5 % organických kyselin, z vitamínů obsahují 20-80 mg C vitamínu.kg⁻¹ čerstvé hmoty, 1,5 mg β-karotenu.kg⁻¹ čerstvé hmoty, celou řadu vitaminů B, PP a mnoho minerálních látek (Ca, Fe, P). Ty jsou navíc zastoupeny v příznivém poměru pro lidský metabolismus. Aktivní kyselost rajčete je pH = kolem 4,3 [14].

1.2.1 Voda

Ve většině druhů zeleniny je vysoký obsah **vody**. Voda je důležitou složkou, jejíž obsah závisí na odrůdě a stáří rostliny [15]. Ve vodě je rozpuštěna řada živin ve fyziologicky přijatelné koncentraci, která vytváří osmotický tlak. Voda se nachází jako voda volná, ale část je vázaná chemicky nebo koloidně [16].

1.2.2 Sacharidy

V této kapitole jsou popsány nejvíce se vyskytující sacharidy v rajčatech.

Sacharidy jsou základní složkou potravin. Tvoří značnou část sušiny, záleží na odrůdě, zralosti, podmínkách pěstování a hnojení [17]. Vznikají v rostlinách jako první produkty fotosyntézy [15]. Vyskytuje se hlavně glukosa a fruktosa a dále ještě stavební polysacharidy jako celuloza, hemiceluloza, které jsou přítomny v buněčných stěnách rostlinných pletiv a tvoří významný podíl vlákniny [18].

Monosacharidy

V zelenině jsou zastoupeny v poměrně velkém množství, ale menším než v ovoci. Jejich obsah se zvyšuje v době zrání [19]. Na obsah monosacharidů v rajčeti má vliv i skladování a zpracování. Hlavními monosacharidy jsou glukosa a fruktosa [20]. V malém množství jsou přítomny arabinosa, xyloza, ramnosa, ribosa [21]. **Glukosa** se nazývá hroznový cukr. Je to bílá krystalická látka, snadno rozpustná ve vodě [22]. Je opticky aktivní, rovinu polarizovaného světla stáčí doprava [23]. **Fruktosa** je nazývána ovocný cukr [24]. Výrazně sladší než glukosa. Stáčí rovinu polarizovaného světla doleva. Patří mezi ketohexosy [25].

Disacharidy

Sacharosa je složena z jednotek glukosy a fruktosy [25]. Je to bílá krystalická látka sladké chuti, ve vodě dobře rozpustná. Patří mezi neredukující sacharidy [24]. Je pravotočivá při inverzi se štěpí na směs glukosy a fruktosy [22]. **Cellobiosa** je hlavní složka buněčných stěn vyšších rostlin, je to základní stavební složka celulosy. Vzniká spojením dvou molekul glukosy. Je to redukující disacharid [23]. **Maltosa**, zvaná sladový cukr, vzniká hydrolýzou polysacharidů škrobu [20]. Je složena ze dvou molekul glukosy, patří mezi redukující disacharidy [26].

Polysacharidy

Škrob je hlavní zásobní polysacharid rostlin [24]. Je obsažen v organelách cytoplazmy, v plastidech. Nejvíce škrobu je uloženo v amyloplastech, speciální buňky kořenů a semen [20]. Škrob je směs dvou polysacharidů, amylosy a amylopektinu. Amylosa je polymer maltosy, je nevětvený. Amylopektin je větvený [25].

Celuloza je základní strukturní polysacharid vyšších rostlin, součást jejich buněčných stěn [27]. Je to lineární polymer glukosy (až 15 000 jednotek). Celuloza je ve vodě nerozpustná a tvoří v zelenině tzv. nerozpustnou vlákninu [28]. Rajče jí obsahuje kolem 1% [29].

1.2.3 Pektiny

Vyskytují se v pletivech vyšších rostlin, a mají proměnlivé složení. Základní řetězec je tvořen kyselinou D-galaktouronovou, některé jednotky jsou esterifikovány metanolem [27]. Kromě toho obsahují ve vedlejším řetězci různé monosacharidy. Rajče jich obsahuje 0,2-0,6 %. [25]. Mají důležitou úlohu při zrání. V průběhu zrání prodělávají pektiny řadu změn. V rostlině jde o sloučeniny vázané na celulosu, tzv. pektocelulosy. Působením enzymů se štěpí na celulosu a protopektiny, které se dále štěpí na vlastní pektiny a sacharidy [22]. Při konečném dozrání se štěpí na kyselinu a metanol. Obsah pektinových látek činí chuť plnější a jemnější. Za přítomnosti cukru a kyselin tvoří při varu rosol [30].

1.2.4 Dusíkaté látky

Dusíkaté látky jsou tvořeny pouze částečně bílkovinami, 20-65 % dusíkatých látek připadá na nebílkovinné složky [27], jako aminokyseliny, peptidy, proteiny, glykosidy, alkaloidy [24]. **Bílkoviny** jsou tvořeny sty až tisíci aminokyselin [28]. Jsou to stavební jednotky stonků, kořenů, listů, plodů, semen, obsahují i další prvky: dusík, fosfor a síru [17]. Využitelnost bílkovin z rajčat v lidském organismu je nízká [18]. V rajčatech je kolem 1 % dusíkatých látek [20].

1.2.5 Kyseliny

Obsah kyselin je u většiny druhů zeleniny malý (0,2-0,4 % a pH kolem 5,5-6,5), ale rajče je výjimkou obsahuje 0,5 % kyselin a pH je kolem 4,3 [17]. Převážnou část tvoří organické kyseliny, které se uplatňují jako složky chuťové, aktivátory různých trávicích enzymů, jako bakteriostatický činitel i činitel ovlivňující nemikrobiologické procesy [31]. Z celkového množství kyselin připadá 60 % na kyselinu citrónovou a zbytek je tvořen převážně kyselinou jablečnou [29].

1.2.6 Minerální látky

Minerální látky patří k nejdůležitějším složkám. Vyskytují se ve velkém množství [32]. Jsou činiteli fyziologických a biologických procesů, jsou důležité pro udržování stálého osmotického tlaku vnitřního prostředí, pro činnost enzymů, v organismu udržuje acidobazickou rovnováhu, ovoce a zelenina dodává převahu alkalických prvků, které jsou v ostatní potravě nedostatkové [17]. V rajčatech bývá obsah iontů sodíků nízký a obsah iontů chloru je vyšší [32]. Z makroprvků se vyskytují ionty draslík, síra, forfor, hořčík, vápník, železo [33]. Z mikroprvků se v rajčatech vyskytuje měď a jód [29].

1.2.7 Nejvýznamnější antioxidační látky

Antioxidační aktivita je v rajčatech způsobena hlavně fenoly [34]. Rostlinné **fenoly** se vyskytují hlavně ve formě flavonů a flavanolů většinou jako glykosidy. Flavony s flavonoly jsou nejrozšířenějšími žlutými pigmenty rostlin [35]. Častými flavony jsou apigenin a luteolin. Hlavní flavanoly jsou katechiny. Také se vyskytují ve formě fenolkarbonových kyselin, např. skořicová, gallová, chlorogenová [36]. Flavony a flavanoly se označují jako flavonoidy, jsou to nejčastěji se vyskytující polyfenoly. Další důležité skupiny flavonoidů jsou flavonoly, flavanony, izoflavonoidy, katechiny, antokyaniny [37]. Mezi flavonoidy převládají glykosidy, obsahující malý počet sacharidových jednotek. K flavanolům patří kvercetin a rutin. Mezi flavanony patří niringenin, hesperetin a jejich glykosidy. Izoflavonoidy se vyskytují spíše u luštěnin [38].

Karotenoidy tvoří pigmenty rajčat [20]. **Karoteny** tvoří v rostlinách žluté až červenofialové barevné tóny. Jsou složeny z izoprenových jednotek [39]. Vyskytují se jako uhlovodíky, alkoholy, estery, ketony a karbonové kyseliny. Pro tvorbu karotenoidů je rozhodující světlo [31]. Průmyslové zpracování působí na karotenoidy málo [40]. Nejvíce zastoupený karoten v rajčeti je **lykopen**, jehož tvorba závisí na teplotě a nachází se v tenké vrstvě pod slupkou [41]. Neenzymové hnědnutí se u rajčat vyskytuje minimálně, protože účinné polyfenoloxidázy většinou chybí [32].

1.2.8 Enzymy

Enzymy již v nízkých koncentracích urychlují biochemické procesy v rostlinách [33]. Jsou to také biokatalyzátory při malých energetických dávkách [20]. Enzymy se skládají z bílkovinné části tzv. apoenzymu a nebílkovinné části kofaktoru [22]. Z hydrolas se uplatňují především různé glukooxidázy a proteasy. Z oxidoreduktáz mají významnou roli lipoxygenázy [32]. U rajčat způsobují pektolytické enzymy měknutí plodu. Vyskytují se v nich také enzymy, které během dozrávání odbourávají tomatin [42]. Při zpracování plodů se mohou vyskytnout lipoxygenázy a proteasy, které způsobují změnu chuti a vůně [43].

1.2.9 Vitaminy

K nejdůležitějším rostlinným vitaminům patří vitamin C. Obsah vitaminů je ovlivněn především klimatickými podmínkami [1]. Při konzervaci, zpracování a kuchyňské úpravě se snižuje hlavně obsah ve vodě rozpustných vitaminů [43]. Stopy těžkých kovů silně podporují oxidaci vitaminu C [24]. Rajčata obsahují stabilizující látky, jejichž ochranné působení se však může eliminovat působením enzymů [27]. Další vitaminy vyskytující se v rajčeti: vitaminy B1, B2, B6, PP, pyridoxin, folacin [20].

1.2.10 Chlorofyl

Chlorofyl je přítomen v zelených částech rostlin [1]. Obsahuje porfyrinovou kostru a centrem molekuly je hořčík. Při záhřevu v kyselém prostředí je hořčík nahrazován vodíkem a vzniká žlutý feofytin [31]. V průběhu fotosyntézy chlorofyl absorbuje energii světelného záření a používá ji k syntéze sacharidů [18]. V chloroplastech je chlorofyl vázán na proteiny, čímž získává stabilitu vůči světlu a kyslíku [43].

1.2.11 Tomatin

Mezi toxické heteroglykosidy v rajčeti patří steroidní alkaloid tomatin. Skládá se z aglykonu tomatidinu [44]. Ve zralých plodech nepřekračují jeho koncentrace hodnoty, které by mohly být závadné (1,4-3,4 mg.100 g⁻¹ čerstvé hmoty). V nezralých plodech bývá tomatinu i několik set miligramů na 100 gramů čerstvé hmoty [32]. Při skladování rajčat, a to i nezralých, tomatinu výrazně ubývá díky jeho rozkladu [31].

1.2.12 Lipidy

V zelenině se nachází málo lipidů, v 1 kg zeleniny je jich méně než 10 gramů [32]. Větší množství jich obsahují semena [17]. Lipidy v zeleninách jsou vázány v různých aromatických složkách a podílejí se na tvorbě chuti a vůně [1]. Lipidy nejsou ve vodě rozpustné a v rostlině mají stavební, energetickou a rezervní funkci [27]. V rajčeti se nachází kolem 0,3 % lipidů [40].

1.3 Pěstování rajčat

V současné době se uvádí, že existuje 29 odrůd rajčat keříčkových a 41 odrůd rajčat tyčkových [18]. Pěstitelské plochy a produkce rajčat jsou z pěstované zeleniny jedny z největších na světě [1]. Rajčata se množí především generativně, i když vzhledem k snadné tvorbě adventivních kořenů je možné také vegetativní množení zakořeňováním postranních řízků. Přesto se tento způsob v praxi neuplatnil, protože porost z takto získaných sazenic je značně nehomogenní [45].

1.3.1 Teplota

Pro fotosyntetickou tvorbu zelené hmoty je třeba teplot 5-35°C. Rajče je typická teplomilná rostlina. Minimální teplota v období vegetace je 10°C, maximální 35°C, optimum se pohybuje mezi 20-23°C [1]. Při nižších teplotách dochází k opadávání květních puků, pod 13°C je pyl neklíčivý. Minimální teplota pro klíčení semen je 9°C, optimum 20-25°C. Červené barvivo lykopen se tvoří od 16°C do 35°C [46].

1.3.2 Vlhkost

Kromě teploty je rajče náročné i na vlhkost. Voda je pro rostliny nezbytná a zelenina jí potřebuje dostatek [1]. Rajče vyžaduje 450-500 mm vody, protože má hlubokou kořenovou základnu. Závlaha je nutná především u rajčat tyčkových, protože je u nich vysoká intenzita pěstování [47].

1.3.3 Půda

Rajčatům vyhovují kypřé, dobře propustné teplejší půdy bohaté na humus a živiny s neutrálním pH = 6-7,5. Z půdy zelenina čerpá živiny, vláhu i teplo [46]. Rajče je hodně náročné na půdu s dostatkem živin. Příliš suché a lehké půdy se nehodí, neboť v takové půdě jsou plody náchylné na praskání, přijdou-li náhle vydatné deště [1]. Pro pěstování jsou nevhodné těžké a zamokřené půdy, dochází k úhynu celé rostliny v důsledku zčernání kořenových špiček [46].

1.3.4 Světlo

Základním předpokladem pro tvorbu zelené hmoty je světlo, ať už přímé nebo rozptýlené. Účinnost závisí na jeho intenzitě, spektrálním složení a době působení [47]. Rajčata vyžadují velkou intenzitu světla. Kvalitu světla ovlivňuje jeho spektrální složení. Ultrafialové světlo podmiňuje některé biosyntézy a vybarvování plodů, viditelné světlo účinkuje při fotosyntéze, infračervené světlo podporuje prodlužovací růst a zvyšuje obsah sacharidů [46]. Podle reakce rostlin rozlišujeme dobu působení na krátkodenní (rostliny prosperují a vykvétají, pokud je světlo ve dne kratší než 12 hodin), dlouhodobní (denní světlo delší než 12 hodin) a neutrální. Rajčata patří mezi rostliny krátkodenní, kde patří většina původně tropických a subtropických rostlin [18].

1.4 Sklizeň

Keříčkové odrůdy rajčat určené k průmyslovému zpracování se sklízají mechanizovaně. Sklizeň začíná v srpnu z porostů založených ze sadby a pokračuje v září z porostů z přímého výsevu. Začíná se sklízet, když je asi 80 % plodů zralých [6]. Opožděné sklizně znamenají ztrátu praskáním plodů i poškození mrazy. Sklizňové stroje pracují na principu destruktivní sklizně (podřezáním rostlin, přičemž se plody oddělují od rostlin na vytrásajícím dopravníku). Plody se třídí ručně přímo na sklízecím stroji, kde jsou pro tuto činnost pracovníci (odstraňují plody zelené, nahnilé, poškozené a příměsi), nebo na stacionární lince, případně pomocí fotobuněk. Vytříděné plody se odvázejí do konzerváren, kde se zpracovávají [48].

Tyčkové odrůdy a keříčkové určené k přímé spotřebě se sklízají ručně. Sklizeň začíná v našich podmínkách začátkem července a končí koncem září [17]. Sklízají se plody červené, podle přání spotřebitele i narůžovělé. Plody se dávají do přepravek a na stacionární lince se třídí podle barvy a velikosti. Rajčata zařazena do výběru musí být vynikající kvality. Rajčata ve výběru a 1. jakosti se třídí do obalu podle velikosti. Zralé plody se uchovávají při teplotě 8-10°C a relativní vlhkosti 80-85 %. Zelené plody jsou citlivé na nízké teploty, dozrávají při teplotě 18-20°C a relativní vlhkosti 85-90 % [6].

1.5 Choroby

Choroby dělíme podle toho, jestli jsou způsobeny nepříznivým vlivem prostředí, což jsou choroby fyziologické. Dále virového původu, které jsou poškozeny kmenem viru. Nebo mohou plody napadnou škůdci [1]. Přehledněji a podle toho jakou část rostliny napadají jsou choroby uvedeny v tabulce [49].

Tabulka 1 *Choroby vyskytující se na rajčatech [49]*

Na kterých částech rostliny škodí	Příznaky	Název škodlivého činitele
Na listech	Bronzovité okrouhlé skvrny	Virové onemocnění
	Listy úzké, drátovité	
	Žluté skvrny na listových čepelích	
	Náhlé vadnutí odspodu rostliny	Bakteriální vadnutí rajčat
	Vadnutí vrcholu	Vadnutí přeslenatkové
	Zelené skvrny s tmavým okrajem	Hnědá skvrnitost rajčat
	Listy bledé nebo žlutavé. Na spodní straně zelenohnědé podhoubí	Čerň rajčat
	Zelenavé, později hnědé skvrny	Plíseň bramborová
Na spodních částech rostlin	Hnědé, později červenavé skvrny s černými tečkami	Rakovina rajčat
	Shluky s černým povrchem u paty stonku	Sklerociosa rajčat
Na různých částech rostlin	Bledě zelené nárůstky	Choroby fyziologické
	Mladé lístky se svinují	
	Malé okrouhlé bělavé skvrnky	
	Trhliny v plodech	
Na kořenech	Kořeny hnědnou, rostlina vadne	Kořenomorka bramborová

1.5.1 Fyziologické choroby rajčat

Rajčata jemně reagují na vlivy prostředí a jakýkoliv nepříznivý vliv je na nich ihned patrný. Sucho se projevuje na rostlinách svíjením listů. Někdy může být svinování též následkem vyštipování [50]. Sucho se rovněž projevuje zakrslým růstem. Přílišná vlhkost také rajčatům škodí. Na listech, stoncích a řapících se objevují bledě zelené nárůstky. Popáleniny od slunce se projevují jako malé, okrouhlé, bělavé skvrnky. Při prudkém slunci rajčata též přechodně uvadají [18]. Chlad se projevuje na listech nafialovělou barvou. Trhliny v plodech nastávají při střídavém kolísání teploty a vlhkosti. V trhlinách vegetují pak cizopasně houby [49].

1.5.2 Virové choroby rajčat

Z virových chorob rajčete je nejčastější **virový mozaika** rajčat způsobují několik typů poškození v závislosti na kmenu viru, stáří rostlin, klimatických podmínkách a na reakci jednotlivých odrůd [49]. Závažnější je **virová bronzovitost** rajčat. Jedná se o chorobu přenášenou především třásněnkou západní. Na rostlině vytvářející bronzovité okrouhlé skvrny. Na čepelích listů se objevují žlutavé skvrny, jindy jsou listy deformované, zkroucené, s nepravidelnými okraji. Jindy se projevují virosy hnědými pruhy, jiné tvoří nekrosy listových žilek atd. [6].

Rakovina rajčat (*Didymella lycopersici*). Na spodní části stonku, někdy i na plodech se objevují hnědé, později červenavé skvrny s černými drobnými tečkami. Choroba se přenáší semenem. Napadené rostliny vadnou a odumírají [50].

Bakteriální vadnutí rajčat (*Aplanobacter michiganensis*). Zelené listy náhle vadnou. Na průřezu lodyhy vidíme hnědé skvrny. Bakterie se šíří svazky cévními. Choroba se přenáší semenem i mechanicky půdou, člověkem, deštěm [49].

Rostliny postižené **verticiliovým vadnutím** strádají během dne a obvykle se přes noc vzpamatují. Listy žloutnou, a když rostlinu uřízneme, najdeme na řezu lodyhou hnědé skvrny. Choroba vniká do kořenů z půdy [50].

Fusariové vadnutí rajčat neboli **fusariosa** (*Fusarium lycopersici*). Choroba působí a projevuje se podobně jako verticiliosa, jenže na hnědých skvrnách jsou bílé tečky [51].

Hnědá skvrnitost rajčat neboli septoriosa (*Septoria lycopersici*). Nejvíce bují v letech teplých a vlhkých. Zprvu nenápadně světle zelené skvrny se šíří a jejich okraj tmavne. Skvrny později splývají, list zasychá a odumírá [6].

Sklerociosa rajčat (*Sclerotinia libertina*). Tato choroba napadá stonky, na kterých se objevují shluky podhoubí. Shluky (sklerocia) jsou na povrchu černé [51].

Čerň rajčat (*Cladosporium fulvum*) se projevuje na spodní straně listů zelenohnědým podhoubím. Na svrchní straně jsou listy bledé nebo žlutavé. Při silném napadení listy odumírají. Vysoké teploty a velká vzdušná vlhkost jsou pro rozvoj houby příznivé [49].

Karanténní chorobou je **bakteriální vadnutí** rajčete, které se projevuje náhlým vadnutím listových úkrojků na jedné straně čepele spodních listů a následným usycháním celých listů a později rostlin [51].

Karanténní je též **bakteriální skvrnitost** rajčete, která se projevuje skvrnami na listech a plodech s typickým žlutým lemováním [6].

Plíseň bramborová (*Phytophthora infestans*) na listech vznikají neohraničené, vodnaté,

později hnědé skvrny, které se rychle šíří, většinou od okrajů nebo špiček listů. Na spodní straně listů, na rozhraní zdravého a napadeného pletiva, se za vlhkého počasí objevují nevýrazné povlaky houby. Napadené listy postupně odumírají. Napadány mohou být i lodyhy. Na plodech jsou skvrny zpočátku zelenohnědé, postupně se rozrůstají a tmavnou. Jejich povrch je nerovný a zasahují hluboko do dužniny, která je nekonzumovatelná [52].

Kořenomorka bramborová (*Rhizoctonia solani*) napadá kořeny, které hnědnou. Stonek u paty je scvrklý a tmavý a je na něm bílý houbový povlak. Napadené rostliny vadnou a hynou [17].

1.5.3 Škůdci

Ze **živočišných škůdců** škodí rajčatům molice, mšice a svilušky, aj. Molice a mšice patří mezi bodavě savý hmyz, jenž se živí rostlinnými šťávami, které získává sáním z listů. Svilušky patří mezi roztoče, nejlépe se vyvíjí při 20-30°C a dospívá za osm dní. Každá samička naklade přes sto vajíček, což může vést v krátké době ke kalamitnému přemnožení [1].

1.6 Výrobky z rajčat

Na trhu je k dispozici mnoho odrůd a hybridů z rajčat, které mají různé chemické a nutriční složení. Pro průmyslové zpracování jsou odrůdy rajčat velmi různorodé, liší se nejen ve viditelných vlastnostech plodů jako je velikost a tvar, ale také v obsahu složek [53].

Odstraněním slupky a semen z rajčat, během zpracování, má za následek významnou ztrátu všech antioxidantů [54].

Rajčata jsou konzumována v mnoha formách, jako čerstvé plody se konzumují v salátech, sendvičích. V domácnostech se mohou rajčata zpracovávat všemi tepelnými způsoby. Můžou se z nich vařit polévky, přidávat se do vývaru, které tak získávají lepší chuť. Přípravují se z nich omáčky, dusí se jako přílohy, zapékají se [18].

Z rajčat můžeme konzervářskými zákroky připravovat šťávy, sušit je, dávat je do konzerv, většina vyprodukovaných rajčat je použita na výrobu protlaků, dále se používají jako přísady v různých výrobcích: kečupy, omáčky, polévky, čalamády, apod. [55].

1.6.1 Rajčatová šťáva

Rajčatová šťáva je neředěný, nezkašený nebo mléčně zkašený tekutý výrobek z rajčat, určený k bezprostřední lidské spotřebě. Může být také vyrobena z koncentrátu rajčatové šťávy nebo dřeně. Při výrobě se využívají moderní a šetrné metody zpracování, jako jsou bezkyslíkaté manipulace, enzymatické ztekucování a sterilace [56].

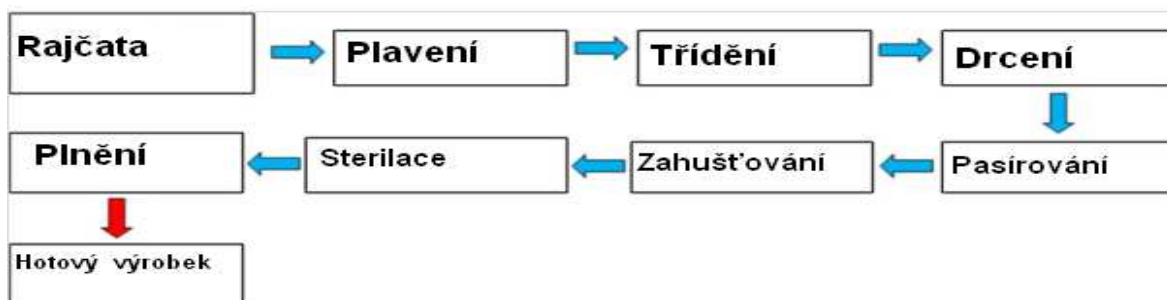
Připravuje se z dobře vyzrálých rajčat jemným protlačením přes síto (pasírováním), při čemž se odstraní semena a slupky. Do výrobku se dostává také větší část nerozpustné sušiny, včetně vlákniny. Získaná šťáva se chuťově upravuje a konzervuje vhodným způsobem, zpravidla sterilací, někdy zmrazováním. Jeden litr stoprocentní rajčatové šťávy je vyroben až z 1,4 kg čerstvých rajčat. Ve sterilované rajčatové šťávě byla pozorována dobrá uchovatelnost, někdy i zvýšení obsahu β -karotenu a jeho obsah neklesl pod původní hodnotu ani týden po otevření sklenice [57].

V některých zemích se také vyrábí zeleninové koktejly, míchané z různých druhů zeleniny (rajčata, celer, petržel, mrkev, cibule, česnek, aj) [58].

1.6.2 Rajčatový protlak

Výroba rajčatového protlaku se skládá z následujících operací: praní, třídění, drcení na mačkadlech, předeřívání, hrubá pasírka (odstraňují se slupky), jemná pasírka (odstraňují se semena), zahušťování (stacionární kulové odparky), sterilace, plnění za tepla, chlazení, skladování (viz obr.) [59].

Obrázek 3 Schéma výroby rajčatového protlaku [59]



V první části výroby jsou čerstvá rajčata pocházející z polí přijata do výroby. Plavením se odstraní nejhrubší nečistoty, používá se čistá užitková voda. Dále následují vlastní praní ve vzduchových pračkách. Třídění se provádí na inspekčních pásech, kde se vybírají rajčata zelená, mikrobiálně napadená a různé příměsy. Před pasírováním je třeba rajčata podrtit, ve většině případů je vhodné kombinovat mechanické poškození se spařením [60]. Předehřívání se musí provést, co nejšetrněji, aby se na výrobku neprojevovalo tmavé zbarvení způsobené neenzymatických hnědnutím nebo karamelizací. Většinou předehřívá 1-3 minuty při 80-100°C. Může se provádět před drcením nebo častější je spaření rajčatové drti [59]. Drcení se provádí na mačkadlech, což jsou válce otáčející se proti sobě nestejnou rychlostí. Následuje pasírování, což je protlačování materiálu přes síto určené velikosti. Odstraňují se slupky na pasírce s oky o průměru 12 mm, slupky se pak sekají. Z dřeně se odstraňují semena na pasírkách o velikosti ok 1 mm. Rozsekané slupky se vracejí do hrubého protlaku. Získaný protlak je potřeba zahustit na požadovanou sušinu 28-30 % (popř. 38-40 %) na vakuových odparkách. Tepelná sterilace – přihřeje se ve výměníku na dostatečně vysokou teplotu a do obalů se plní za horka, uzavře se a vysteriluje výdrží, další možností je aseptické zpracování do obalů „bax-in-box“ [61]. Protlak se vyrábějí ve dvou variantách: pro průmyslové zpracování na sušinu 40 % s přídavkem 3 % soli a chladírenské skladování nebo na sušinu 28-30 %, které se tepelně sterilují [60].

Produkce protlaků je spojena s určitým poklesem nutriční hodnoty, důsledkem oxidace při zahušťování. Antioxidační aktivita zůstává zachována z více než dvou třetin [62].

1.6.3 Kečup

Z rajčatového protlaku se připravuje kečup přídavkem jablečné protlaku, cibulového protlaku, hořčice, ochucujících látek (jako ocet, sůl, pepř, cukr). V současnosti se přidávají modifikované škroby. Tyto kašovité nebo polotekuté výrobky jsou rovněž sterilovány [60].

2 VÝŽIVA A HNOJENÍ ROSTLIN

Výživa je základní biologický proces, který udržuje život rostlin a umožňuje jejich růst a vývoj. Základem vývoje je fotosyntéza při níž zelené rostliny využívají oxid uhličitý, vodu a další minerální látky. V procesu fotosyntézy přeměňují sluneční energii do organických sloučenin, které ukládají do svých zásobních orgánů. Produkují látky organické, energeticky bohaté (cukry, tuky, bílkoviny, aj.) [63].

Rostliny jsou ovlivněny vnějším prostředím. Nejvýznamnější vnější vegetační faktory jsou voda, teplo, světlo a vzduch. Dále potřebují i jiné látky, které nazýváme živiny. Jsou to chemické prvky, které mají v organizmu specifickou a nezaměnitelnou úlohu [64].

Potřebné prvky získávají rostliny z těchto zdrojů: z ovzduší (uhlík, kyslík, částečně síru), z vody (vodík), z půdy (všechny ostatní živiny). Uhlík, kyslík a vodík se podílejí na tvorbě organické hmoty a na fyziologických pochodech ve větších objemech. Zbývající minerální živiny se nacházejí v malém množství. Základní živiny: dusík (N), fosfor (P), vápník (Ca), hořčík (Mg), síra (S). Stopové prvky: železo (Fe), mangan (Mn), zinek (Zn), měď (Cu), bor (B), molybden (Mo), chlor (Cl) [65].

Pro zajištění optimální podmínek k dosažení kvalitních výnosů je třeba poskytnout rostlinám vhodné podmínky pro využití geneticky zafixovaných schopností [64].

Hnojivy nazýváme látky, které přidáváme do živného prostředí rostlin, mohou zlepšovat jejich výživu a přispívají ke zvýšení výnosů a jejich kvality a současně i k udržení a zlepšení půdní úrodnosti [63].

Hnojení rozumíme úkony, kterými hnojiva přidáváme do živného prostředí rostlin, nebo je v něm rozmnožujeme nepřímo. Hnojení zahrnuje dávky, formy, doby a způsoby aplikace hnojiv [66].

2.1 Dusík

Mezi makrogenními prvky má specifické zastoupení. Podle kvantitativního zastoupení v biomase se dusík nachází na čtvrtém místě mezi biogenními prvky. Dusík se jako složka chlorofylu spoluúčastní na přeměně kinetické sluneční energie na chemickou. Sám je součástí všech aminokyselin, z nichž jsou složeny bílkoviny, které jsou základní složkou protoplazmy. Dusík je součástí pyrimidinových, purinových bází a nukleových kyselin, které se zúčastňují předávání genetických informací a vlastní syntézy bílkovin v

polypeptidovém řetězci. Dusík zasahuje do metabolismu s rostlinnými enzymy, vitaminy a dalšími biokatalyckými enzymy [66].

Při nadbytku dusíku rostliny produkují více vegetativní hmoty. Listy jsou velké, tmavě zelené. Rostliny mají nižší obsah vitamínu C a vyšší obsah dusičnanů [67]. V pletivech rostlin se tvoří větší množství parenchymatických buněk, snižuje se pevnost stébel a rostliny jsou méně odolné vůči chorobám. Kořeny rostliny zhnědnou, ale na kořenové špičce se netvoří sliz [68].

2.1.1 Nedostatek a nadbytek dusíku

Při nedostatku se výrazně snižuje intenzita dělení buněk a tvorba chlorofylu, což se projeví zpomalením růstu. Tvorba květů je nedostatečná, plody jsou malé a špatně vybarvené. Plody jsou malé a je jich málo. Listy zpočátku zelené, později žloutnou. Stonky jsou tenké a objevují se žlutozelené skvrny. Větší množství cukrů se přeměňuje v zásobní složky a využívá se jich v sekundárním metabolismu [65].

Metabolismus dusíku v rostlinách má zásadní význam pro produkci rostlin, má také silný dopad na životní prostředí vzhledem ke spotřebě dusíkatých hnojiv. Větší hnojení dusíkem způsobí, že se vytvoří více biomasy a listy jsou silnější [69].

Procesy, kterými rostliny přeměňují anorganický dusík na organické sloučeniny, jsou velmi důležité, neboť živočišný organismus je závislý na zdroji dusíku z rostlin. Přijatý dusík je zabudován do uhlíkatých sloučenin v aminoskupinách za vzniku aminokyselin. Z aminokyselin se vytvářejí bílkoviny, nukleové kyseliny a další dusíkaté sloučeniny [70].

Prakticky rostliny přijímá dusík ve dvou formách NO_3^- a NH_4^+ ionty. Obě formy jsou mobilní, dobře metabolicky využitelné, ale mají značně rozdílný význam, úměrným rozdílem oxidace obou iontových forem [66].

2.1.2 Hnojení dusíkem

Pro hnojení dusíkem platí následující obecné zásady: dávka dusíku se řídí podle požadavků rostlin, které závisejí na intenzitě růstu, schopnosti kořenů přijímat tuto živinu a době růstu. Ve většině dusíkatých hnojiv je dusík obsažen v rychle přijatelné formě. Protože dusík je v půdě snadno pohyblivý a může se také silně vyplavovat, používáme ho pouze v malých dávkách. Při vyšší potřebě ho aplikujeme několikrát, a pak je rostlinám stále k dispozici [63].

Podle náročnosti na dusík se zelenina člení do tří skupin: s malými (např. hrách, ředkvička), středními (např. rajčata, petržel, okurky) a velkými nároky (např. zelí, celer, květák) [65].

Předpokladem toho, aby rostliny dusík přijaly a zabudovaly ho do hmoty, jsou příznivé růstové podmínky. Dusík, který rostliny nevyužijí, se může hromadit v rostlinách ve formě dusičnanů, což nepříznivě ovlivňuje jejich zdravotní hodnotu. Správné hnojení umožňuje nejen vysoké výnosy, ale i vysokou kvalitu produktů [70].

Za normálních podmínek má nitrát pro výživu rostlin největší význam. Kořeny ho přijímají aktivně ve směru elektrochemického gradientu při kyseljším pH. Při pH 6,8 NO_3^- a NH_4^+ může vyrovnat. Nejdříve je třeba redukovat nitrát na NH_3 , což se skládá ze dvou etap. První etapa je redukce NO_3^- na NO_2^- , druhá je redukce NO_2^- na NH_3 [66].

2.1.3 Dusíkatá hnojiva

Nejdůležitějším dusíkatým hnojivem je dusičnan amonný s vápencem. Obsahuje polovinu čpavkového a polovinu dusičnanového dusíku, působí rychle. Dusičnan amonný s dolomitem se používá tam, kde je potřeba hnojit hořčíkem [71]. Dusičnan vápenatý je typickým hnojivem k přihnojování během vegetace s rychlým účinkem. Okyselující vliv má síran amonný, a proto se používá na zásadité půdy. Dusík ve čpavkové formě se používá především před výsadbou [64]. V močovině se nachází dusík v amidické formě, musíme ji pečlivě dávkovat, jinak dojde k poškození rostliny. Dusíkaté vápno zaujímá zvláštní postavení, protože při jeho přeměně v půdě vznikají přechodně meziprodukty, které půdu očišťují od většiny plísní a plevelů, ale jsou škodlivé i pro rostliny [65].

2.2 Fosfor

Příjem fosfátu kořeny rostlin je závislý na pH prostředí. Hlavním místem jeho příjmu je pletivo kůry [72]. V případě jeho nedostatku v kořeni je přijímán difúzí do apoplastu. Schopnost transportu fosforu v rostlině je dobrá. Nadbytek v přirozených podmínkách nebyl zaznamenán [68]. Nedostatek se projevuje nejdříve na starších částech rostliny. Tvoří se malé, tvrdé, nepružné, křehké, pod ostrým úhlem vyrůstající listy mající tmavě zelenou barvu, příčinou je zvýšené množství chlorofylu na jednotku plochy, způsobené omezenou tvorbou listové plochy a prakticky nezměněnou intenzitou tvorby chlorofylu [71]. Snižuje se proteosyntéza, čím vzniká v listech rostliny více sacharidů, které podmiňují zvýšenou tvorbu antokyanů, na rostlině se projevuje modrozelené až fialové zbarvení. Kořenová soustava je silně redukována, kořínky jsou hnědě až hnědočerveně zbarvené. Tvorba květů je omezená a výnosy jsou nízké [66].

2.3 Draslík

Draslík je jednou z hlavních živin, je přijímán rostlinami ve formě K^+ . Rostlina ho přijímá ve vysokém množství [71]. V rostlině je velmi pohyblivý a může se redistribuovat ze starších do mladších pletiv. Draslík v rostlině podmiňuje řadu významných interakcí antagonického a synergetického charakteru s ostatními ionty [66]. Ze začátku se nedostatek draslíku projevuje tak, že listy získávají kovový odstín. Později se objevuje zasycháním listů, případně až opadávání. Také je zmenšena tvorba sklerenchymatických pletiv a stěna buňky se ztenčuje, čímž se snižuje odolnost proti chorobám. Zvyšuje se polehávání [72]. Dochází k praskání slupky a také ke špatnému zbarvení plodu. Plody se špatně skladují. Semena mají sníženou klíčivost [64]. Draslík ovlivňuje příjem železa, častokrát se deficit draslíku projevuje jako nedostatek železa [68].

Při dostatku draslíku v rostlinách je lepší vyžrávání pletiv a zlepšuje se anatomická stavba pletiv - jsou silnější buněčné stěny, zmnožují se sklerenchymatické buňky [63]. Nadbytek se projevuje tím, že je omezen přístup vápníku a hořčíku. Listy mají světlezelené mozaikovitě zbarvení [68].

2.4 Vápník

Obsah vápníku se v rostlinách pohybuje v rozmezí 0,4 – 1,5 % v závislosti na druhu rostliny, orgánu a jeho stáří. Vápník je přijímán ve formě Ca^{2+} aktivně kořeny pomocí elektrochemického gradientu přes biologické membrány [66]. Přijatý vápník je transportován xylémem. Transport vápníku je však velmi omezen – je adsorbován anionty. S nízkým příjmem vápníku je spojena nízká kvalita plodů. Sníží se velikost listů a na jejich okraji se začne objevovat nekróza. Zhoršuje se diferenciací květních pupenů [73]. Na plodech rajčat se objevují hniloby jako důsledek porušení soudržnosti pletiv. Dochází ke zvyšování iontové propustnosti buněčných membrán, dochází ke ztrátě tekutin. Zpomaluje se růst kořene a s tím spojený omezený příjem dalších živin. Nadbytek se projeví nižší intenzitou růstu [74].

Přítomnost vápníku může u rajčete zvýšit hmotnost plodu, výnos, pevnost plodu i obsah vitamínu C a množství rozpustných sacharidů, ale snižuje obsah organických kyselin a rozpustné sušiny [75].

2.5 Hořčík

Hořčík je přijímán rostlinami jako kation Mg^{2+} v nižších kvantech než vápník. Jeho obsah je obvykle kolem 0,5 %. K příjmu hořčíku existuje antagonistický vztah k NH_4^+ , K^+ a H^+ iontům. Hladina hořčíku v prostředí je také závislá na koncentraci manganu [66].

Nedostatek hořčíku se projevuje světle zeleným zbarvením listů. Tato se začíná projevovat nejdříve na starších částech rostliny [76]. Chlorofyl se soustřeďuje kolem žilnatin listu, což se projevuje tmavězeleným zbarvením a mezi žilnatinami vznikají žlutá místa. Rostliny mají zpomalený růst a kvetou opožděně. Nadbytek se objevuje jen výjimečně, je doprovázen nedostatkem železa, vápníku a draslíku [65].

2.6 Síra

Pro rostliny má význam 6-vazná síra ve formě SO_4^{2-} . Sírany přijaté rostlinami musí být redukovány a teprve potom mohou být zabudovány do organických látek. Asimilace síry je ovlivňována teplotou. Antagonisticky na příjem SO_4^{2-} působí seláty [66]. Pohyb síry v rostlině je horší než dusíku, fosforu a draslíku, avšak lepší než hořčíku a vápníku. Příznaky deficitu se začínají objevovat na starších listech žloutnutím. Při silnějším nedostatku síry zežloutne celá rostlina. Listy jsou menší a užší [64]. Příznaky nadbytku v rostlinách nejsou známy. Spíše jsou to příznaky ze zasolení půdy nebo toxický účinek vysoké koncentrace SO_2 z atmosféry [68].

2.7 Železo

Železo je rostlinou aktivně přijímáno jako ionty Fe^{2+} , Fe^{3+} nebo ve formě Fe-chelátu. Za hranicemi nedostatečnosti se v rostlinách považuje obsah 50 mg.kg^{-1} [66]. Nedostatek železa se projevuje na mladých částech rostliny. Zhoršuje se příjem dusičnanů, inhibuje se tvorba bílkovin, snižuje se dýchání, v důsledku čehož rostliny trpí nedostatkem energie potřebné na růstové procesy a zvyšuje se obsah kyseliny citrónové a klesá obsah kyseliny jablečné. Změna barvy listů na žlutozelenou, žlutou až žlutobílou [72]. Při dlouhotrvajícím nedostatku listy odumírají. Kořeny hnědnou a růst fytohmoty je omezen. Při nadbytku železa jsou listy tmavě zelené nebo modrozelené [68].

2.8 Mangan

Přijem manganu je všeobecně nižší než příjem u ostatních dvouvalentních kationtů. Rostlina ho přijímá jako Mn^{2+} nebo Mn-chelát. Přijem manganu je v rostlině řízen metabolicky a je ovlivňován vápníkem, hořčíkem, zinkem a železem. Vápník působí na jeho příjem nepřímo, prostřednictvím pH [66]. Při nedostatku se na listech rostlin objevují různé chlorózy žluté až krémové barvy [77]. Listy ze síťovitou žilnatinou mají skvrny kulaté a listy z podélnou žilnatinou mají skvrny podélného tvaru [68].

2.9 Zinek

Rostlina ho přijímá jako Zn^{2+} , případně v hydratovaných formách a v chelátové vazbě. Příjem zinku inhibuje přítomnost některých kovů v prostředí (Fe, Mn, Mg, Ca, Sr, Ba). Intenzivněji je přijímán v kyselém prostředí [66].

Při deficitu kořeny ztrácejí celistvost a zintenzivňuje se vylučování draslíku, aminokyselin, cukru a fenolů. Projevuje se především na mladých částech rostlin. Také vyvolává žloutnutí a drobnou skvrnitost listů. Listy jsou asymetrické často zbarvené modrozeleně. Stonky a listy jsou menší a objevuje se chloróza – žlutnutí. Omezuje se počet květních pupenů a vytvořené postupně opadávají [71]. Příznaky nadbytku byly zaznamenány jen v ojedinělých případech. Jeho toxickým působením se projevuje chlorózou, což je způsobeno indukovaným nedostatkem železa [68].

2.10 Měď

Rostlinou přijatá měď není příliš mobilní, ale v případě potřeby se dokáže přesunout ze starších orgánů do mladších. Deficit se projevuje chlorózou, ztrátou turgoru, vadnutím a následným zpomalením růstu [72].

Zvýšená hladina mědi v prostředí inhibuje příjem Zn^{2+} a snižuje účinnost přijatého železa tím, že ho vytlačí do fyziologicky důležitých center. Také je omezena tvorba kořenné biomasy [68].

2.11 Bór

Nedostatek boru se projevuje inhibicí syntézy aminokyselin a následně bílkovin. Ve zvýšené míře se v pletivech hromadí dusičnany [63]. Odumírají meristematická pletiva – růstový vrchol a kořínky. Je pozorován silnější růst postranních výhonků, které po krátkém čase odumírají. Rostliny kvetou málo, květy opadávají, špatně se tvoří semena. Nedostatek pozorujeme jen na mladých částech rostliny [68].

Rajčata jsou méně citlivá na nadbytek bóru. Začíná se objevovat na starších částech rostliny. S postupným hromaděním bóru, který neustále postupuje s transkripčním proudem k okrajům listů, se chlorické zbarvení rozšiřuje a okraje listů odumírají [66].

2.12 Molybden

Deficit se na rostlinách projevuje bledě zeleným zbarveným listů v důsledku zeslabené asimilace dusíku. Projevuje se opadáváním květů. Snižuje se obsah vitamínu C a cukru. Na rozdíl od ostatních mikroelementů, každé zvýšení hodnoty pH o jednu jednotku zvýší dostupnost elementů 100 násobně, vápnění půd přispívá k jeho dostupnosti [68]. Při pěstování rostlin v půdě se zvýšenou kontaminací molybdenem často dochází k jeho příjmu bez poškození rostliny. Přesto je nutné při hnojení molybdenem zachovat opatrnost [71].

3 ANTIOXIDAČNÍ AKTIVITA

Mnoho látky vyskytující se v našem okolí vykazuje antioxidační vlastnosti. Hlavním zdrojem antioxidantů jsou čerstvé ovoce a zeleniny. Antioxidanty lze také vyjádřit různými funkčními vlastnostmi potravin rostlinného původu [53].

Antioxidační aktivita je souhrnnou fyzikálně-chemickou vlastností potravin, která je podmíněna oxidačně-redukčními aktivitami všech látek v nich přítomných a projevuje se za přesně definovaných podmínek redukčním (antioxidačním) účinkem [78].

Rozlišují se dva pojmy, a to antioxidační kapacita a aktivita. Antioxidační kapacita poskytuje informaci o délce trvání antioxidačního účinku, zatímco antioxidační aktivita charakterizuje počáteční dynamiku průběhu antioxidačního procesu při určité koncentraci antioxidantu [79].

3.1 Metody stanovení antioxidační aktivity

Testy na celkovou antioxidační aktivitu jsou užitečné při získávání globálního obrazu o relativní antioxidační aktivitě v různých potravinách a nápojích, a jak se mění (např. po zpracování potravin nebo skladování). Mohou také pomoci zjistit vzájemné synergické působení antioxidantů. Existuje celá řada metod pro měření účinnosti antioxidantů. Liší se v použitém reaktivním oxidantu, v reakčních mechanismech, reakčních podmínkách, při kterých se antioxidační testy provádí. Všechny metody jsou založeny na změně barvy roztoků [80]. Metoda TEAC – činidlo (Trolox) reaguje s antioxidační složkou a odbarvuje ji [81]. Metoda FRAP je založena na redukci železitých komplexů. Metoda ORAC je založena na vytvoření peroxylového radikálu [82]. Dále metoda DPPH je založena na schopnosti stabilního volného radikálu 1,1-difenyl-2-pikrylhydrazylu reagovat s donory vodíku [83].

3.2 Volné radikály

Volné radikály jsou nestabilní molekuly, které vznikají v našem těle jako vedlejší produkt buněčného metabolismu [84].

Volné radikály jsou velmi nestálé a reaktivní, vyhledávají další elektron, aby vytvořily nový pár. Volné radikály způsobují poškození tím, že „vytrhávají“ elektrony z buněk. Poškozují je, způsobují tzv. oxidativní stres. Oxidativní stres je nerovnováha mezi volnými

radikály a antioxidanty, která je příčinou nebo důvodem zhoršování zdravotního stavu [85]. Reaktivní formy kyslíku a dusíku (tzv. volné radikály), které jsou neustále tvořeny živými organismy a vyskytují se ve vnějším prostředí, mohou způsobit oxidaci nenasycených mastných kyselin, thiolových skupin v bílkovinách, a bází nukleových kyselin v DNA a RNA. Tato přeměna buněčných složek může urychlit proces stárnutí a způsobit různé druhy onemocnění, např. srdeční choroby (infarkt), rakoviny, záněty, oslabení imunitního systému, různá neurologická onemocnění, aterosklerózu [86]. V boj s volnými radikály živým organismům pomáhají látky známé jako antioxidanty, což jsou látky, které zachycují, pohlcují nebo neutralizují volné radikály, které vznikají při mnoha fyziologických procesech, předtím, než tyto radikály mohou škodit a zabraňují tak rozšíření oxidačního poškození. Bylo zjištěno, že antioxidanty zpomalují, blokují nebo zabraňují oxidačním změnám látek v lidském těle a buňkách [78].

Reaktivní formy kyslíku (ROS) je souhrnný termín, který zahrnuje, jak kyslíkaté radikály, tak některé neradikální formy, které jsou oxidačními činidly nebo jsou snadno přeměnitelné na radikály (HOCl , O_3 , ONOO^- , O_2 , H_2O_2) [87].

RNS je souhrnný termín, kam patří radikály oxidu dusnatého a oxidu dusičitého, tak i neradikálové formy jako HNO_2 a N_2O_4 , ONOO^- je často zahrnuta do obou kategorií. Reaktivní není vždy vhodný termín: H_2O_2 není radikál a O_2 rychle reaguje pouze s několika druhy molekul, zatímco OH reaguje rychle téměř se všemi molekulami. RO_2 , RO , HOCl , NO_2 , ONOO^- a O_3 patří mezi středně reaktivní [87].

3.3 Antioxidanty

Jsou to látky, které v potravě nebo v organismu mohou ve vhodných koncentracích zabránit oxidaci způsobující nežádoucí změny. Lidský organismus chrání před oxidačním poškozením nejen antioxidanty syntetizované v těle, ale i antioxidanty, které přijímáme potravou [35].

Antioxidanty interferují s procesem oxidace lipidů a jiných oxylabilních sloučenin tak, že:

- reagují s volnými radikály (antioxidanty primární) nebo redukují vzniklé hydroperoxy (antioxidanty sekundární)
- váží do komplexů katalyticky působící kovy
- eliminují přítomný kyslík

Nejvýznamnějšími přírodními antioxidanty jsou tokoferoly a tokotrienoly (vitamin E), askorbová kyselina (vitamin C), fenolické látky (především flavonoidy, fenolické kyseliny, jednoduché fenoly, stilbeny), karotenoidy, galláty [38].

3.3.1 Proč jsou antioxidanty důležité

Antioxidanty v potravinách jsou důležité z nejrůznějších důvodů.

Za prvé: endogenní nebo přidané antioxidanty mohou chránit potravinu před volnými radikály. Látky obsahující antioxidanty jsou používány k oddálení oxidačních reakcí (především peroxidaci lipidů a následného žluknutí, vytvoření nepříjemného zápachu a změny chuti) při skladování nebo zpracování [88].

Za druhé: antioxidanty mohou být absorbovány lidským tělem a působit v něm. To je nejzřetelnější u α -tokoferolu a vitamínu C [89].

Za třetí: Potraviny, které obsahují antioxidanty, mohou mít příznivý vliv, aniž by byly vstřebány trávicím traktem. Například většina potravin je bohatá na dusitany. Dusitany jsou často používány ke konzervaci masa, protože oxid dusičitý má silné antibakteriální účinky a oxid dusnatý může zabránit žluknutí lipidů, tak že na sebe naváže reaktivní peroxylový radikál a vzniká řetězová reakce ($RO_2 \cdot + NO \cdot \rightarrow ROONO$). Na rozdíl od těchto pozitivních účinků přijímané dusitany potravou reagují s žaludeční kyselinou za vzniku kyseliny dusité (HNO_2), která se rozkládá na oxidy dusíku, jako N_2O_3 . Což může způsobit nitrifikaci aminů, nitraci aromatických sloučenin a deaminaci DNA bází. Některé fenolické sloučeniny v rostlinách jsou silnými inhibitory HNO_2 závislé na nitraci tyrosinu a deaminaci DNA bází, a jsou efektivnějšími inhibitory než askorbát [87].

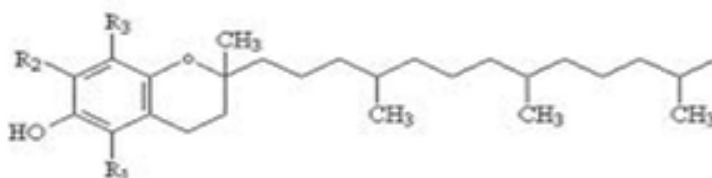
Za čtvrté: rostlinné extrakty mají antioxidační vlastnosti, převážně díky přítomným flavonoidům, mezi které patří například rutin, kvercetin. Působí také protizánětlivě, antiischemicky a antiromboticky [54].

Hlavní funkcí antioxidantů v potravinářském průmyslu je tedy prevence proti pachtům, žluknutí a podobným jevům. Tyto nežádoucí projevy jsou spojeny s peroxidací lipidů, buď neenzymickou peroxidací nebo peroxidací způsobenou enzymem lipoxygenázou. Proto se často ztotožňují potraviny s antioxidanty "inhibitory lipoperoxidace a následným zhoršením vlastností potravin". V lidském zažívacím traktu, i v tělesných tkání, je oxidativní poškození proteinů a DNA stejně důležité jako poškození lipidů [87].

3.3.2 Vitamin E

Působí jako antioxidant a je nezbytný pro správnou funkci nervů, svalů, mozku, ledvin a jater, zvyšuje imunitní odezvu organismu, tlumí poškození pokožky po ozáření UV světlem, působí protizánětlivě, působí preventivně proti zhoubnému i nezhojnému bujení, je prevencí kardiovaskulárních onemocnění. Jsou to v tuku rozpustné látky, běžně se vyskytují především v rostlinné potravě. Antioxidační aktivitu vitaminu E způsobuje osm různých složek. Čtyři z nich patří mezi tokoferoly (alfa-, beta-, gama- a delta-tokoferoly) a další čtyři do tokotrienolů (alfa-, beta-, gama- a delta-tokotrienoly) [84].

Obrázek 4 Tokoferol (vitamin E) [90]



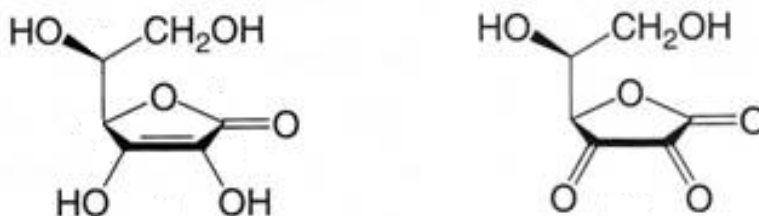
Biologická aktivita vitaminu E je závislá především na obsahu α -tokoferolu. α -tokoferol teoreticky existuje v osmi izomerech. Tokotrienoly jsou terpenové látky strukturně blízké tokoferolům, rozdíl je pouze v bočním řetězci: u tokotrienoly jde o nenasycený isoprenoid (farnesyl) se třemi dvojnými vazbami, zatímco tokoferoly mají tento řetězec zcela nenasycený (fytyl). Všechny formy vitaminu E jsou resorbovány v tenkém střevě. Lidské tělo nejlépe vstřebává α -tokoferoly, mají také nejvyšší biologickou aktivitu, a jsou přítomné ve většině tkání. Jeho hlavním úkolem je prevence vzniku ROS. γ -tokoferol vychytává především RNS a lipofilní elektrofilní částice. Tokotrienoly fungují jako lapače peroxylových radikálů, chrání PUFA ve fosfolipidových membránách a v lipoproteinech krevní plazmy před peroxidací lipidů [90]. Nedostatek vitaminu E je v Evropě vzácný, výrazně snížená hladina sama o sobě nevykazuje chorobné příznaky. Vitamin E účinkuje také neoxidačním mechanismem: ovlivňuje procesy buněčné signalizace a modifikuje genovou expresi v buňkách mozečku [91].

V praxi je velmi často vitamin E kombinován s vitaminem C, protože existují názory, že se vhodně doplňují. Vysoké dávky vitaminu E mohou mít naopak prooxidační efekt a navozovat peroxidaci. Vysoké dávky interferují s produkcí srážecího faktoru závislého na vitaminu K. Směs tokoferolů zvyšuje hladinu oxidu dusnatého, obsah proteinů v trombocytech, což ovlivňuje trombocytární agregaci [92].

3.3.3 Kyselina askorbová

L-askorbová kyselina je v přírodě značně rozšířena, ve vyšších rostlinách a zvířatech je syntetizována z D-flukosy. Primáti, někteří hlodavci a někteří ptáci však nejsou schopni tuto látku syntetizovat. Vedle askorbové kyseliny existuje v přírodě kyselina dehydroaskorbová, obě kyseliny, na obrázku, existují kromě formy volné také ve formě vázané [93].

Obrázek 5 Kyselina askorbová a dehydroaskorbová [38]



Nejdůležitějším zdrojem ve vodě rozpustné kyseliny askorbové z hlediska přirozeného příjmu jsou některé zeleniny z čeledi *Brassicaceae*, brambory a citrusové plody. V současnosti se látka připravuje výlučně synteticky [94].

V pevném stavu je to látka vůči vzdušnému kyslíku relativně stálá, po dlouhodobém skladování se může barvit lehce nažloutle nebo do hněda a mít mírně štiplavý pach. Ve vodných roztocích je naproti tomu rychle oxidována, rychlost rozkladu závisí na teplotě, pH, a přítomnosti těžkých kovů. Je-li vyloučen přístup kyslíku, tak v roztoku při normální teplotě jsou relativně stálé, avšak při zvýšené teplotě a přístupu světla dochází k rychlé oxidaci přes dehydroaskorbovou kyselinu až ke kyselině šřavelové a L-threonové [90].

Při redukci se kyselina L-askorbová oxiduje na kyselinu dehydroaskorbovou, která sama může sloužit jako zásoba vitamínu, kyselina askorbová má schopnost redukovat substráty jako nitráty, cytochromy, nitrosaminy a další látky uplatňující se ve fyziologii člověka. Je nepostradatelná v mnoha biologických procesech, jako při syntéze kolagenu, kde hydroxyluje L-prolin, a při vstřebávání železa. Chrání normální tkáň před vlivem ROS (RNS), což může vést k posílení imunity [95].

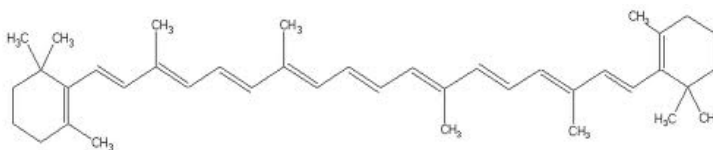
Denní potřeba askorbové kyseliny pro dospělého člověka je cca 75 mg. Nedostatek je v současnosti vzácný, ale je jisté, že nedostatek vyvolává únavu [90].

3.3.4 Karotenoidy

Je v rostlinách v množství do 770 mg.kg^{-1} [90]. Karotenoidy se nacházejí ve žlutém, oranžovém a červeném ovoci a zelenině. Karotenoidy jsou vysoce nenasycené sloučeniny s rozsáhlým konjugovaným systémem dvojných vazeb a jsou náchylné na oxidaci, změnu izomerů a dochází i k jiným chemickým reakcím [84].

Nejznámější zástupce je β -karoten (viz obr.). β -karoten je provitamin vitamínu A, je to významný antioxidant a má také protinádorové účinky [96].

Obrázek 6 Karotenoidy [96]



Jsou to ve vodě nerozpustné žluté až červeně oranžové barevné složky zeleniny - způsobují její barvu. Barvy karotenoidů umožňují absorbovat sluneční světlo určité frekvence a působením toho světla brání vytváření volných radikálů [96]. Plní funkci antioxidantů, některé snižují hladinu cholesterolu nebo snižují riziko nádorového bujení [97].

3.3.5 Fenolické látky

Jsou velmi různorodou skupinou látek, které se vyskytují ve všech druzích zeleniny. Zdraví prospěšné jsou zpravidla velké složité molekuly (polyfenoly). Spolupodílejí se na účinku kyseliny askorbové a zlepšují sensorickou jakost [98].

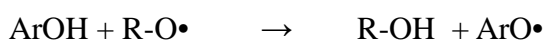
Fenolické sloučeniny, především flavonoidy jsou amorfnní látky, které se vyskytují v různých částech rostliny (listy, plody, apod.). Jsou přítomny v každé vyšší rostlině a v každém jejím orgánu jako sekundární metabolity. Struktura a typ těchto jsou pro jednotlivé druhy rostlin charakteristické [99].

Lze na ně pohlížet jako na složky výživy, které mají příznivý vliv a účinek především preventivního charakteru. Zachycují volné radikály a tím mají schopnost pozitivně ovlivňovat imunitu, protizánětlivé účinky, regulují aktivitu enzymů, jsou antikarcinogenní [100].

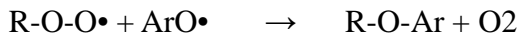
Flavonoidy se nacházejí v rostlinách, v podobě heteroglykosidů. Jsou to žluté pigmenty ve vodě rozpustné. Nejvíce je jich ve slupkách. Přiměřená denní dávka pro člověka z různých zdrojů je 20 mg. Zlepšují prokrvení a zásobení tkání kyslíkem, snižují hladinu cholesterolu, mají protisklerotické a protizápalové působení. Pozitivně ovlivňují revmatické poruchy. V některých případech mohou vyvolat alergickou reakci [101].

Polyfenolytický komplex tvoří především fenolkarboxylové kyseliny, odvíjejí se od kyseliny benzoové, hydroxyskořicové, chlorogenové, gallové. Mohou se vyskytovat ve volné formě i estericky vázané [102].

Fenolické antioxidanty (ArOH) mohou interferovat s oxidací s oxidací lipidů (R-H) v kompetitivní reakci k propagační fázi autooxidační reakce tím, že reagují s radikály hydroperoxidů vzniklými oxidací lipidů (ROO•) nebo s alkoxylovými radikály (RO•) vzniklými rozkladem hydroxyperoxidů. Poskytují jim atom vodíku, čímž přerušují řetězovou radikálovou reakci. Jako produkty vznikají fenoxylové (aryloxylové) radikály antioxidantu:



Radikály reagují s alkoxylovým nebo hydroperoxylovým radikálem oxidované mastné kyseliny terminační fázi reakce.



Při vysoké koncentraci antioxidantů může potom působit jako prooxidant: vstupují do řetězové radikálové reakce a iniciují štěpení molekul lipidu [38].

3.4 Antioxidanty v rajčeti

Rajčata jsou celosvětově uznávána jako významný zdroj antioxidantů a funkčních látek (lykopen, vitamin C, rutin). Existuje mnoho odrůd a hybridů z rajčat, které mají různé chemické a nutriční složení, a liší se také v obsahu lykopenu a antioxidantů. Celkový antioxidační obsah čerstvých rajčat může být ovlivněn mnoha před- a po- sklizňovými faktory, jako např. agrotechnickými vlastnostmi, fází zrání při sklizni a podmínkami skladování [54].

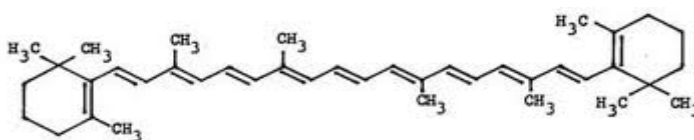
Základním předpokladem k měření antioxidační aktivity rajčat je oddělení vodné a lipofilní frakce. Proto jsou potřebné různé postupy k posouzení podílů jednotlivých složek rajčete k celkové antioxidační aktivitě [103].

Předností rajčat jsou látky s antioxidačními účinky. Patří sem karotenoidy (lykopen, β -karoten a xantofyly), kyselina askorbová (vitamin C), vitamin E, fenolické látky (fenoly, flavonoidy, fenolické kyseliny, rutin, kyselina chlorogenová a plastochinony) [104]. Zjištěná antioxidační aktivita u rajčat a výrobků z nich je vyšší, než odpovídá součtu obsahů jednotlivých antioxidantů, nejspíš proto, že jednotlivé látky působí synergicky [42]. Velmi bohatým zdrojem antioxidantů jsou slupky rajčat, mají významně vyšší množství fenolických sloučenin, a tím i vyšší antioxidační aktivitu než dužnina [104]. Slupky obsahují vyšší množství lykopenu než dužnina a semena. Kromě toho slupky i semena rajčat obsahují esenciální mastné kyseliny, zejména kyselinu olejovou [53].

3.4.1 Lykopen

Lykopen patří do skupiny karotenoidů. Chemicky jde o tetraterpen, vysoce nenasycený uhlovodík $C_{40}H_{56}$ s 11 konjugovanými a dvěma izolovanými dvojnými vazbami (viz obr.) [105].

Obrázek 7 Lykopen [105]



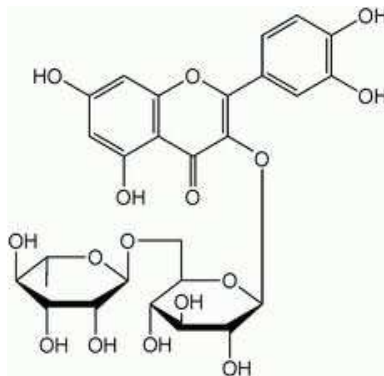
Nejbohatším zdrojem lykopenu je rajčatová šťáva, kde je až $10 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Dále se nachází v melounech, papáji, greppfruítu [106]. Současné epidemiologické studie ukazují, že obohacení stravy potravinami bohatými na lykopen je spojeno s preventivním působením proti chronickým onemocněním, jako je rakovina a onemocnění srdce [107]. Antioxidační aktivita lykopenu je hodnocena na základě vychytávání volných radikálů a ochrany buňky před oxidačním poškozením. Řada studií ukazuje, že lykopen brání působení singletového kyslíku a může vycytat radikály oxidu dusičitého [108].

Vyšší obsah lykopenu byl nalezen v tepelně opračované rajčatové šťávě, než v nezpračovaných rajčatech. Z toho vyplývá, že pomocí tepelných úprač jako je vaření, ohřev v mikrovlnné troubě a smažení, rajčata získají vyšší antioxidační aktivitu [109].

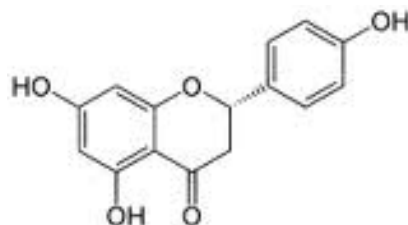
3.4.2 Fenolické látky v rajčatech

Nejvíce zastoupené fenolické látky v rajčeti jsou rutin, naringenin, flavonoidy, kyselina chlorogenová. Fenolické sloučeniny jsou většinou vázány na buněčné stěny rostliny, a proto vykazující nízkou účinnost ve „vychytávání“ volných radikálů a tedy i nízkou antioxidační kapacitu. Slupky rajčat obsahují více fenolických látek než dužnina [110].

Rutin patří do skupiny bioflavonoidní glykosidů a je zobrazen na obrázku níže. Cukerná část se nazývá rutinosa a jeho aglykon kvercetin. Ve vodě je jen částečně rozpustný. V rajčatech se nachází především ve slupkách. Zesiluje účinek vitamínu C [111].

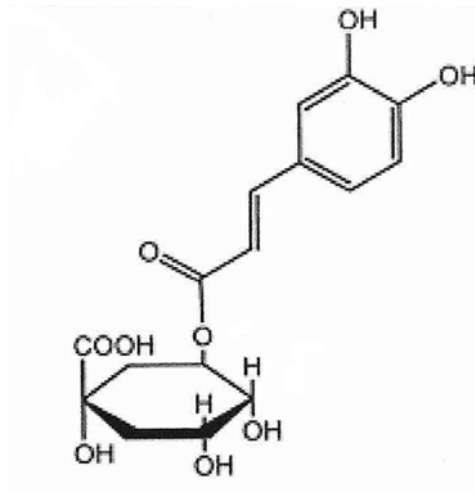
Obrázek 8 *Rutin* [112]

Naringenin chemická struktura viz obrázek, patří mezi flavonoidy, má antioxidační a protizánětlivé účinky [113].

Obrázek 9 *Naringin* [114]

Kyselina chlorogenová je nejběžnější ester kyselina kávové (viz obrázek). Může způsobovat hnědnutí šťávy. Ovlivňuje nepříznivě chuť, štěpí se hydrolázou na kyselinu kávovou a chinovou [115].

Obrázek 10 *Kyselina chlorogenová* [115]



II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 CÍL DIPLOMOVÉ PRÁCE

Cílem diplomové práce bylo vést nádobový pokus a sledovat vliv zvyšujících se dávek půdního dusíku na celkovou antioxidační aktivitu, na obsah celkových polyfenolů a obsah kyselin a obsah sušiny v plodech rajčat.

Pro naplnění cíle byla vypracována rešerše týkající se obecné charakteristiky rajčat, antioxidační aktivity a vlivů minerálních látek (především dusíku) na výživu rostlin.

V experimentální části bylo cílem založit pokus se dvěma tyčkovými odrůdami rajčat a stupňovanými dávkami dusíku v půdě. Poté byla provedena sklizeň zralých plodů a byly provedeny laboratorní analýzy plodů. Výsledky byly vyhodnoceny a získané údaje porovnány s vědeckými poznatky.

5 METODIKA

Byl proveden nádobový pokus, při kterém byl sledován vliv stupňovaných dávek dusíku na vybrané ukazatele a to konkrétně obsah sušiny, celkový obsah polyfenolů, antioxidační aktivitu a obsah organických kyselin (jako titrační kyselost).

Jako pokusné rostliny byla zvolena tyčková rajčata F1 – hybrid 'Beefmaster' a 'Bejbino'. Pokus byl prováděn v plastových nádobách, do každé z nich bylo naváženo 12 kg stejné zeminy a byly umístěny v kryté hale.

Pokus byl založen na stupňovaných dávkách dusíku v půdě podle následujícího schématu:

Tabulka 2 Schéma pokusu

Odrůda	Číslo varianty	Množství přihnojení (obsah N přepočten na kg zeminy)
Beefmaster	1	KONTROLA (přirozený obsah N)
	2	20 mg N.kg ⁻¹
	3	40 mg N.kg ⁻¹
	4	80 mg N.kg ⁻¹
Bejbino	5	KONTROLA (přirozený obsah N)
	6	20 mg N.kg ⁻¹
	7	40 mg N.kg ⁻¹
	8	80 mg N.kg ⁻¹

Každá varianta byla 3x opakována za stejných podmínek. Rostliny byly pěstovány po jednom kusu v nádobě. Dávky dusíku vycházely z běžně používaných množství živin ke hnojení [116].

Dusík byl použit ve formě dusičnanu amonného, což je u nás často používaná hnojiva. Jejich aplikace byla provedena 21 dní před výsadbou předpěstovaných sazenic. Rajčata byla sklizena v konzumní zralosti.

5.1 Stanovení sušiny

Sušina byla stanovena sušením vzorku při 105°C za předepsaných podmínek do konstantní hmotnosti.

Do čisté a zvážené hliníkové misky bylo naváženo 5 g rozmixovaného laboratorního vzorku s přesností na 1 mg. Vzorek byl rozprostřen do stejnoměrné vrstvy na dno misky a miska se umístila v sušárně s odklopeným víčkem. Vzorky byly sušeny do konstantní hmotnosti při teplotě 105°C. Misky byly ještě v sušárně uzavřeny víčkem a dány do exsikátoru. Po ochlazení vzorku na teplotu 20°C byly misky opět zváženy s přesností na 1 mg [117].

Výpočet

$$Sušina \ v \ \% = \frac{m_2 - m_1}{n} \cdot 100$$

m_2 - hmotnost hliníkové misky se vzorkem po sušení [g]

m_1 - hmotnost hliníkové misky [g]

n - navážka vzorku [g]

5.2 Stanovení celkových polyfenolů

Pro stanovení obsahu celkových polyfenolů byla použita fotometrická metoda s Folin-Ciocalteuovým činidlem (FC) a standardem kyseliny gallové. Principem je oxidace nebo redukce fenolických látek při reakci s FC činidlem [118]. V experimentu byl zjišťován vliv stupňujících se dávek dusíku na obsah celkových polyfenolů v rajčatech. Stanovení obsahu celkových polyfenolů bylo provedeno u všech variant ve třech opakováních.

5.2.1 Extrakce

Před stanovením byl nejprve připraven extrakt. K 5 gramům vzorku rozetřeného v třecí misce bylo přidáno 50 ml metanolu. Roztok vzorku byl převeden do Erlenmayerovy baňky, promíchán a nechal se 24 hodin extrahovat ve vodní lázni při 25°C, pak byl zfiltrován před skládaný filtr.

5.2.2 Standardní roztoky a kalibrace

Ze zásobního roztoku kyseliny gallové o koncentraci 4000 mg.l⁻¹ byla vytvořena kalibrační řada o koncentracích 800 mg.l⁻¹, 600 mg.l⁻¹, 400 mg.l⁻¹, 200 mg.l⁻¹, 100 mg.l⁻¹, 50 mg.l⁻¹.

Do 10 ml odměrné baňky bylo pipetováno 0,1 ml vzorku dané koncentrace a bylo přidáno 0,5 ml FC činidla, 1,5 ml 20% roztoku Na₂CO₃ (bezvodý) a doplněno po rysku do objemu 10 ml destilovanou vodou. Poté byla změřena absorbance na spektrofotometru LIBRA S6 (Biochrom, Cambridge, Velká Británie; skleněná kyveta) při vlnové délce 765 nm proti slepému pokusu. Slepý pokus obsahoval destilovanou vodu, FC činidlo a 20% roztok Na₂CO₃.

5.2.3 Stanovení CP ve vzorcích

Ke stanovení CP ve vzorcích byl použit extrakt a měření probíhalo stejným způsobem jako měření standardních roztoků kyseliny gallové. Výsledky byly vyjádřeny jako ekvivalenty gallové kyseliny (mg.kg⁻¹ 100% sušiny). Průměrné hodnoty byly získány ze třech paralelních stanovení [119].

5.3 Stanovení celkové antioxidační aktivity

Pro stanovení antioxidační aktivity (AA) byla vybrána metoda, jejíž principem je reakce volného radikálu DPPH• (1,1-difenyl-2-picrylhydrazyl) s antioxidanty obsaženými ve vzorku. Reakce je provázena změnou barvy a úbytkem absorbance. Změna absorbance je sledována při 515 nm po uplynutí šedesáti minut [120].

Pro měření AA byly využity připravené extrakty viz 5.2.1. Pro stanovení AA byl připraven zásobní metanolvý roztok DPPH•, tak že 0,024g DPPH bylo přidáno do 100 ml metanolu, dále se připravil pracovní roztok DPPH z 10 ml zásobního roztoku a 45 ml metanolu.

Kalibrační řada byla vytvořena ze zásobního roztoku kyseliny askorbové o koncentraci 800 mg.l^{-1} . Za účelem, vytvoření kalibrační křivky byly vytvořeny roztoky o koncentracích 200 mg.l^{-1} , 160 mg.l^{-1} , 120 mg.l^{-1} , 80 mg.l^{-1} , 40 mg.l^{-1} .

Pracovní roztok DPPH• byl dán na 60 minut do tmy, poté se roztokem naplnila květa po rysku a následně byla změřena absorbance A_0 proti slepému vzorku (metanol) na přístroji LIBRA S6 (Biochrom, Cambridge, Velká Británie).

Vzorky byly připraveny tak, že k $8,55 \text{ ml}$ pracovního roztoku bylo přidáno $450 \mu\text{l}$ vzorku a dáno na 60 minut do tmy. Po uplynutí časového intervalu byla změřena absorbance A_1 . Procento nedeaktivovaného radikálu DPPH• bylo vypočteno podle vztahu:

$$\text{Úbytek absorbance (\%)} = \frac{A_0 - A_1}{A_0} \cdot 100$$

A_0 absorbance pracovního roztoku

A_1 absorbance vzorku

Průměrné výsledky byly získány ze třech paralelních stanovení a přepočteny na koncentraci standardu kyseliny askorbové (mg.kg^{-1} 100% sušiny), který by poskytl stejnou inaktivaci jako studovaný vzorek [119].

5.4 Stanovení obsahu organických kyselin

Bylo odváženo 25 g zhomogenizovaného vzorku rajčete a spláchnuto destilovanou vodou do baňky o obsahu 250 ml . Byla přidána destilovaná voda asi na objem 150 ml a celý obsah byl zahřán na 80°C . Při této teplotě byl roztok vzorku udržován po dobu 30 minut . Potom byl obsah kádinky kvantitativně převeden do odměrné baňky o obsahu 250 ml . Roztok byl ochlazen na 20°C a bylo provedeno doplnění po rysku a filtrováno přes skládaný filtr do suché kádinky. Z filtrátu bylo odměřeno určité množství filtrátu a titrováno roztokem NaOH, $c(\text{NaOH}) = 0,1 \text{ mol.l}^{-1}$ na fenolftalein. Silně zbarvený zkušební materiál byl analyzován za použití potenciometrické titrace na bod ekvivalence, který je u ovoce a zeleniny pH $8,1$.

Množství spotřebovaných ml roztoku NaOH, $c_{(\text{NaOH})} = 0,1 \text{ mol.l}^{-1}$ byl přepočítán na obsah organické kyseliny násobením faktorem pro příslušnou skupinu: rajčata 0,0064 → výsledek vyjádřen jako kyselina citrónová [121].

Výpočet:

$$\% \text{ kyselin} = \frac{a \cdot f \cdot 0,0064 \cdot 100 \cdot b}{n}$$

a – spotřeba NaOH (ml)

b – obsah baňky (ml) → 250 ml

f – faktor NaOH ($0,0961 \text{ mol.l}^{-1}$)

n – navážka (g)

Výpočet koncentrace NaOH:

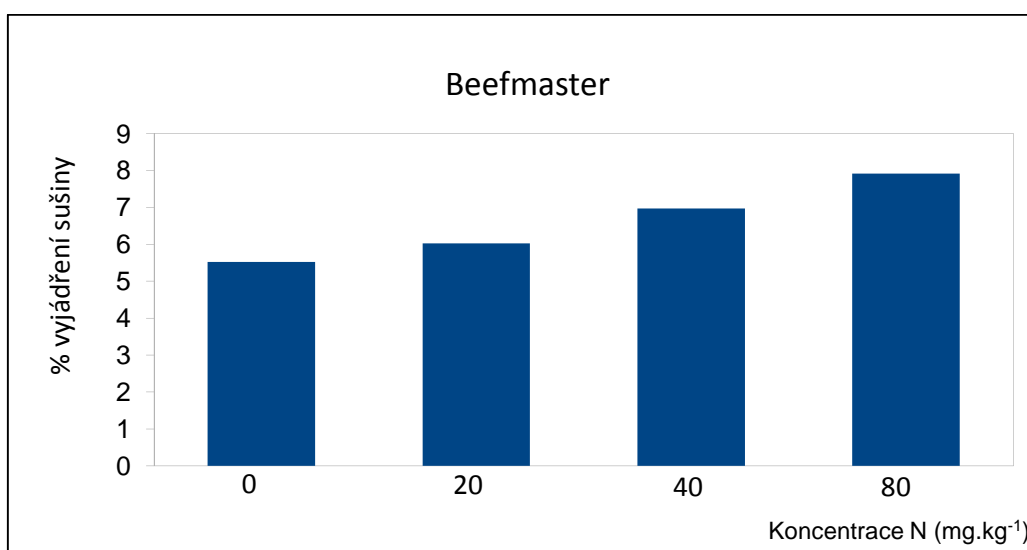
$$c_{(\text{NaOH})} = \frac{c \cdot 10}{a} = \frac{0,1 \cdot 10}{10,4} = 0,0961 \text{ mol.l}^{-1}$$

6 VÝSLEDKY

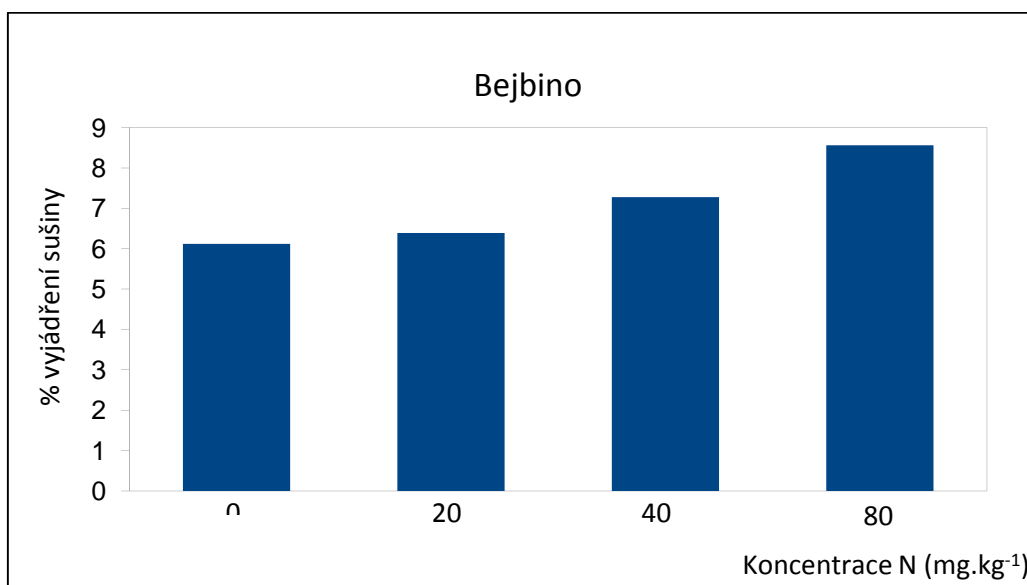
6.1 Stanovení sušiny

Obsah sušiny byl stanoven u dvou odrůd rajčete (viz níže). Výsledky analýzy jsou uvedeny v příloze I. a v Grafu 1 a 2.

Graf 1 Vliv dusíku na obsah sušiny rajčat u odrůdy ‚Beefmaster‘



Graf 2 Vliv dusíku na obsah sušiny rajčat u odrůdy ‚Bejbino‘



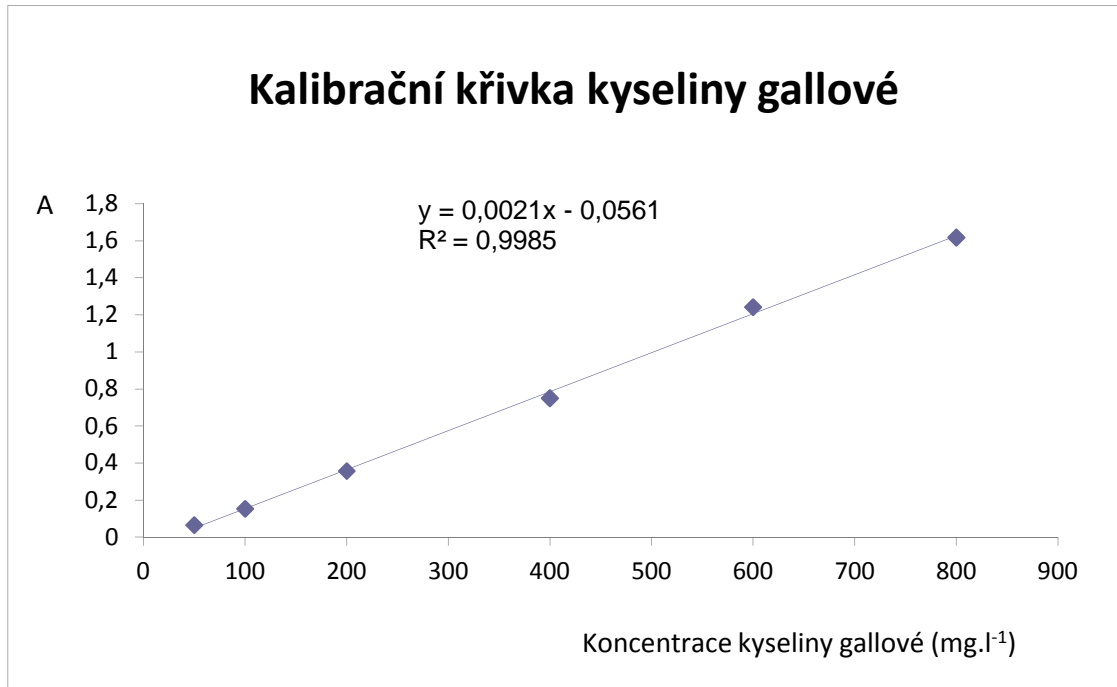
Se stupňujícími dávkami dusíku se u obou odrůd zvyšoval obsah sušiny. U varianty s nejvyšší koncentrací dusíku v půdě byl u obou odrůd nejvyšší obsah sušiny. U odrůdy ‚Beefmaster‘ byl procentický obsah sušiny menší než u odrůdy ‚Bejbino‘. Rozdíl mezi nejvyšším a nejnižším obsahem sušiny u odrůdy ‚Beefmaster‘ byl 2,4 % a u odrůdy ‚Bejbino‘ byl 2,44 %. To ukazuje, že vliv dusíku na obsah sušiny byl u obou odrůd podobný.

6.2 Stanovení celkový polyfenolů

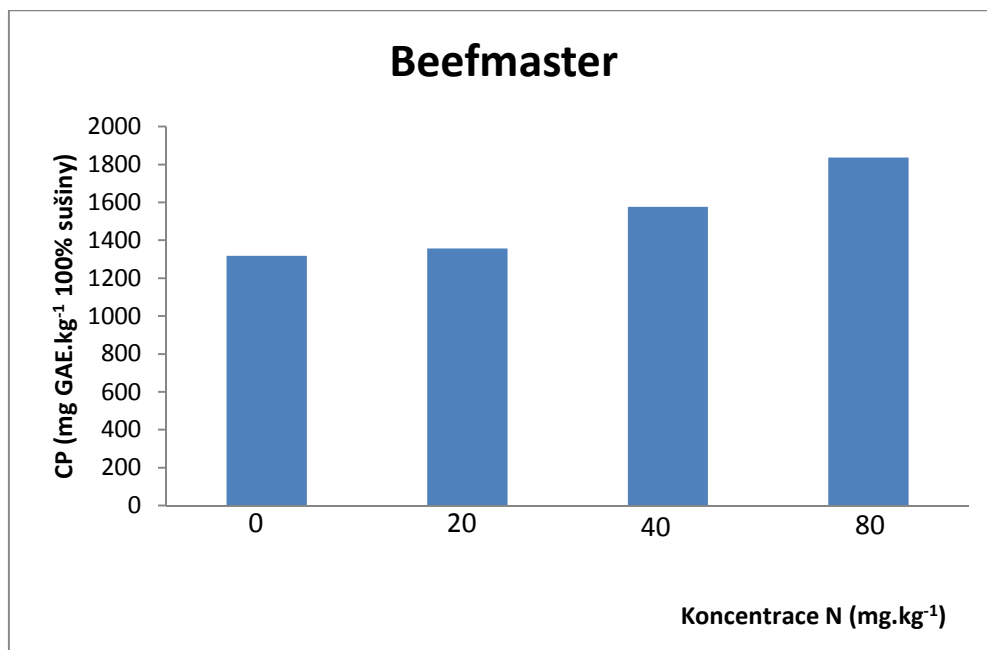
Ze zásobního roztoku kyseliny gallové 4000 mg.l⁻¹ byla vytvořena kalibrační řada s roztoky o koncentraci 800 mg.l⁻¹, 600 mg.l⁻¹, 400 mg.l⁻¹, 200 mg.l⁻¹, 100 mg.l⁻¹, 50 mg.l⁻¹. Výsledky jsou uvedeny v Grafu 3.

Obsah celkových polyfenolů byl stanoven spektrometricky a je uveden v ekvivalentu kyseliny gallové (GAE). Výsledky jsou uvedeny v příloze II. a v Grafu 4 a 5.

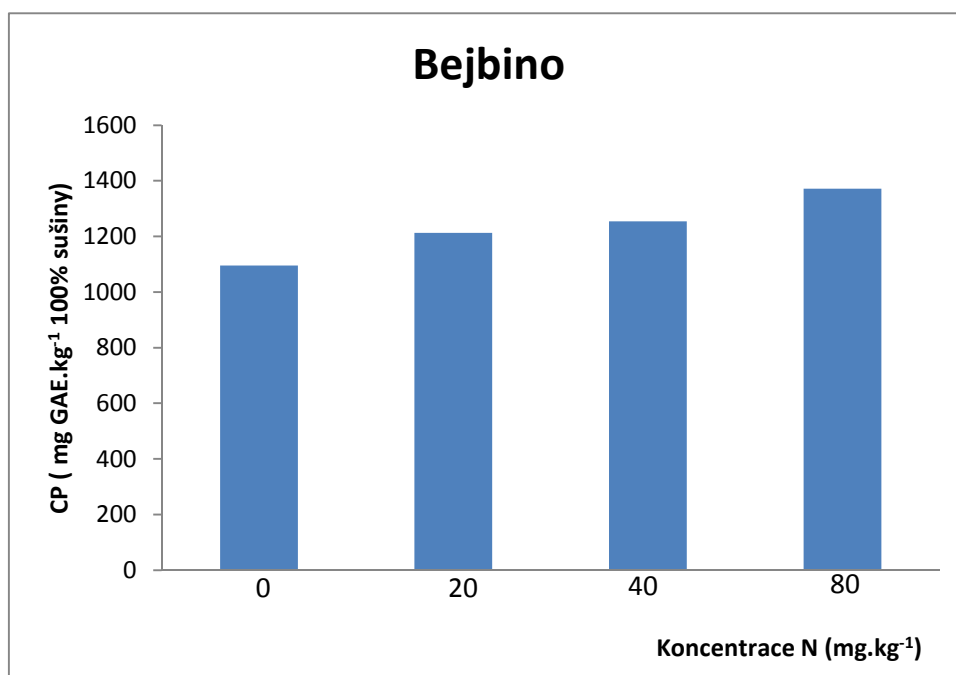
Graf 3 Kalibrační křivka kyseliny gallové



Graf 4 Vliv dusíku na obsah celkových polyfenolů rajčat u odrůdy ‚Beefmaster‘



Graf 5 Vliv dusíku na obsah celkových polyfenolů rajčat u odrůdy ‚Bejbino‘



Obsah celkových polyfenolů u obou odrůd byl nejvyšší u variant s nejvyšší koncentrací dusíku v půdě (80 mg N.kg⁻¹), nejnižší u kontrolního vzorku. U odrůdy ‚Beefmaster‘ byl celkový obsah polyfenolů vyšší u všech jednotlivých variant než u odrůdy ‚Bejbino‘. U

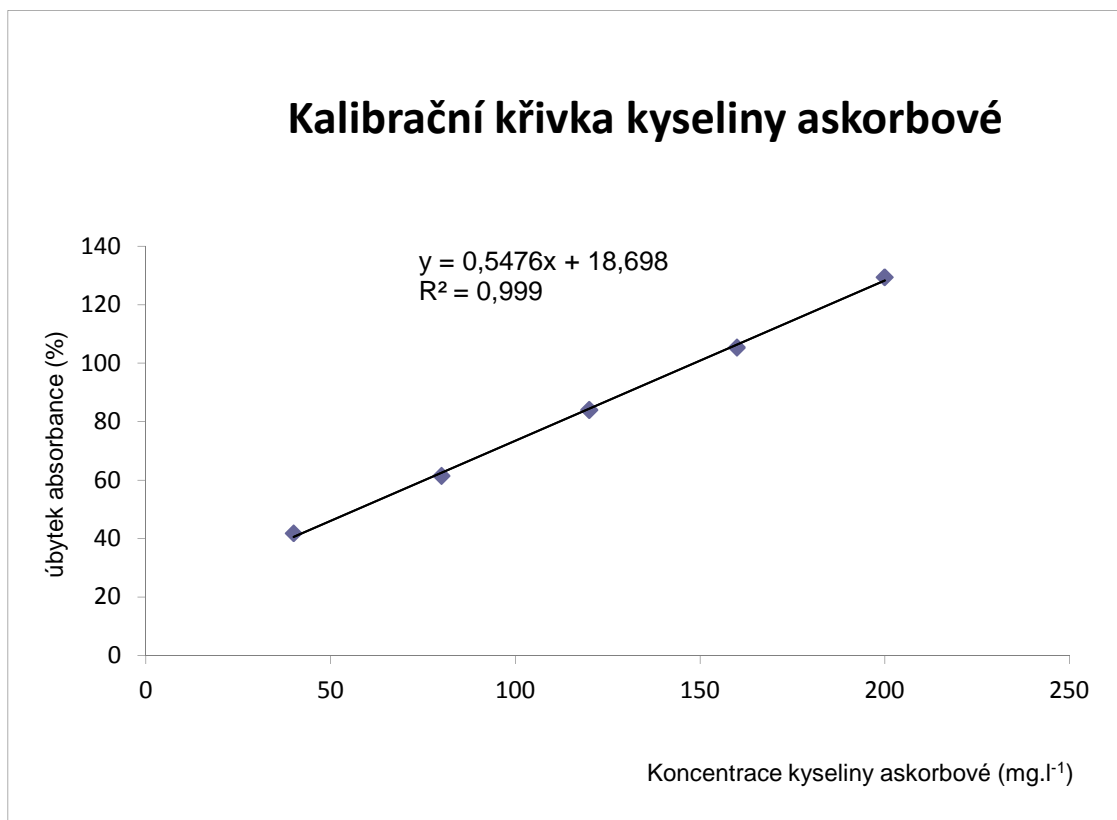
odrůdy 'Beefmaster' byl, mezi kontrolním vzorkem a vzorkem s nejvyšší koncentrací dusíku v půdě, rozdíl 518 mg GAE.kg⁻¹ sušiny, u této odrůdy byl nejmenší rozdíl (28 mg GAE.kg⁻¹ sušiny) mezi první (kontrolní vzorek) a druhou (20 mg N.kg⁻¹) variantou. U odrůdy 'Bejbino' byl nejvyšší rozdíl 276 mg GAE.kg⁻¹ sušiny mezi kontrolním vzorkem a vzorkem s nejvyšší koncentrací dusíku v půdě (80 mg N.kg⁻¹), nejmenší rozdíl (39 mg GAE.kg⁻¹ sušiny) mezi druhou (20 mg N.kg⁻¹) a třetí (40 mg N.kg⁻¹) variantou.

6.3 Stanovení antioxidační aktivity

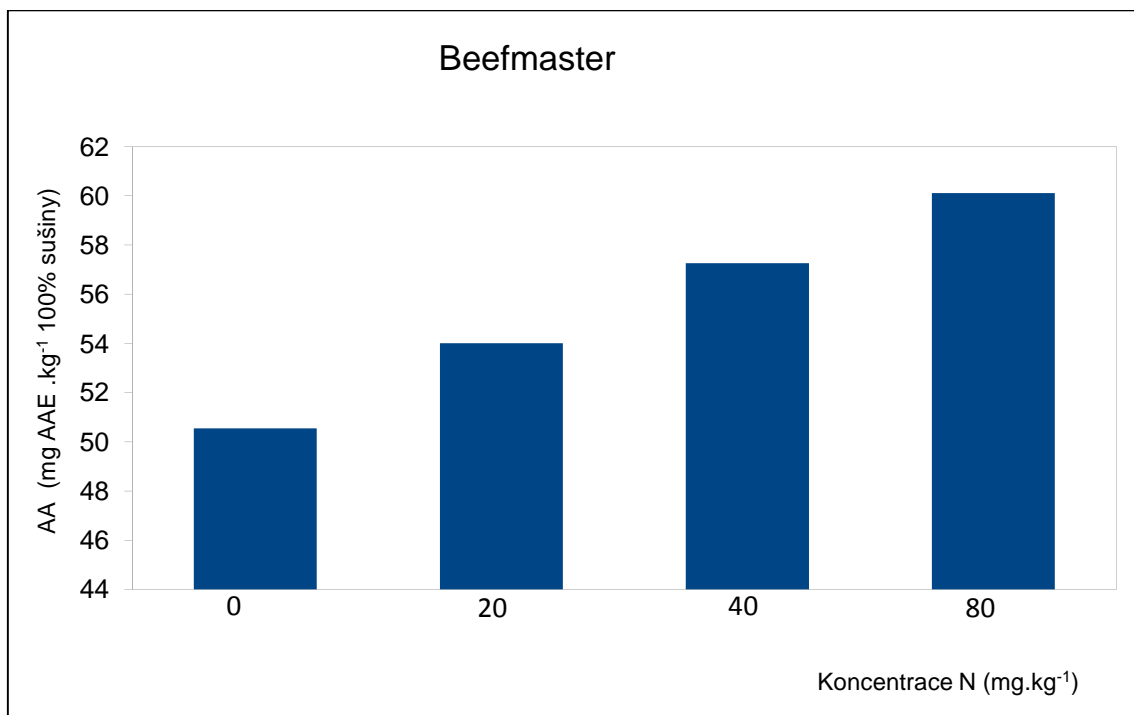
Ze zásobního roztoku kyseliny askorbové 800 mg.l⁻¹ byla vytvořena kalibrační řada s roztoky o koncentraci 200 mg.l⁻¹, 160 mg.l⁻¹, 120 mg.l⁻¹, 80 mg.l⁻¹, 40 mg.l⁻¹. Výsledky jsou uvedeny v Grafu 6.

Antioxidační aktivita byla stanovena spektrofotometricky a je uvedena v ekvivalentu kyseliny askorbové (AAE). Výsledky jsou uvedeny v příloze III. a v Grafu 7 a 8.

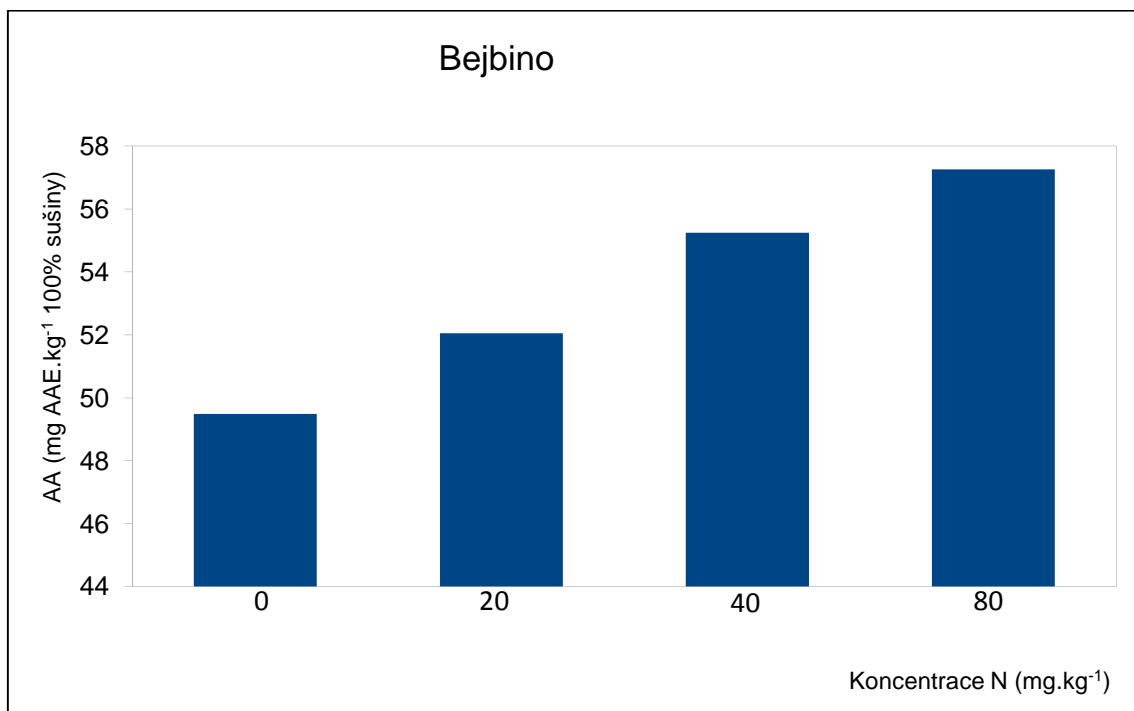
Graf 6 Kalibrační křivka kyseliny askorbové



Graf 7 Vliv dusíku na antioxidační aktivitu rajčat u odrůdy ‚Beefmaster‘



Graf 8 Vliv dusíku na antioxidační aktivitu rajčat u odrůdy ‚Bejbino‘

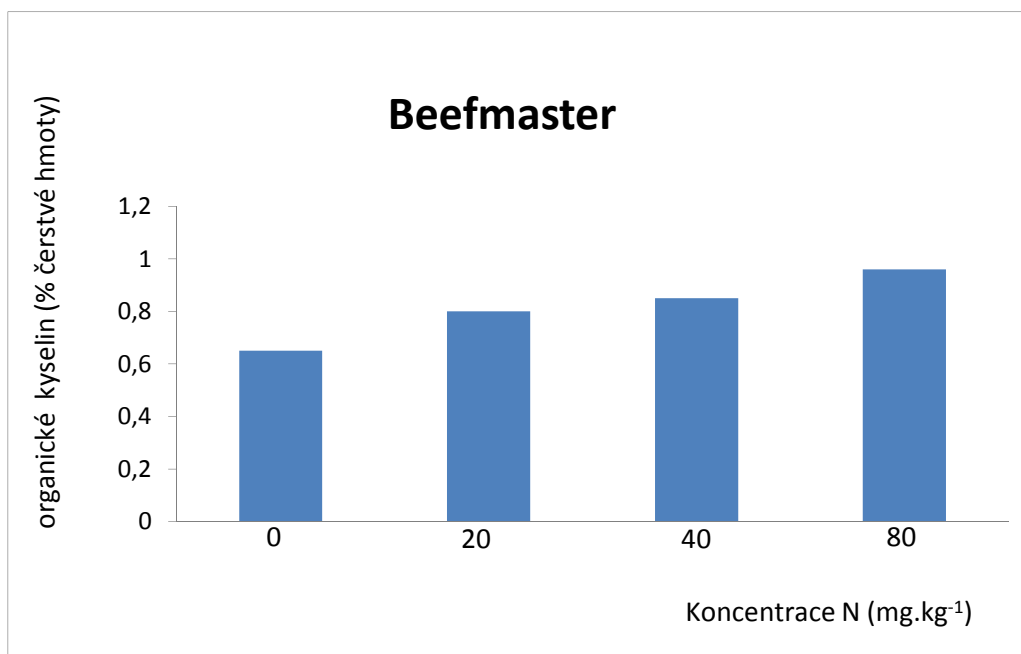


Se zvyšující koncentrací dusíku v půdě se antioxidační aktivita zvyšovala, ale rozdíly u obou odrůd byly malé. Nejvyšší antioxidační aktivita u obou odrůd byla u variant s nejvyšší koncentrací dusíku v půdě (80 mg N.kg^{-1}), nejnižší byla u kontrolního vzorku. U odrůdy 'Beefmaster' byl rozdíl mezi nejnižší a nejvyšší hodnotou dusíku v půdě $9,56 \text{ mg AAE.kg}^{-1}$ sušiny, u odrůdy 'Bejbino' byl rozdíl $7,79 \text{ mg AAE.kg}^{-1}$ sušiny. U odrůdy 'Beefmaster' se antioxidační aktivita postupně zvyšovala, nejmenší rozdíl ($2,85 \text{ mg AAE.kg}^{-1}$ sušiny) byl mezi variantou s koncentrací 40 a 80 mg N.kg^{-1} dusíku v půdě. U odrůdy 'Bejbino' byla rozdíl AA nejnižší u variant s koncentrací dusíku 40 a 80 mg N.kg^{-1} v půdě, a to: $2,02 \text{ mg AAE.kg}^{-1}$ sušiny. Vyšší antioxidační aktivitu byla zjištěna u odrůdy 'Beefmaster' ve všech variantách.

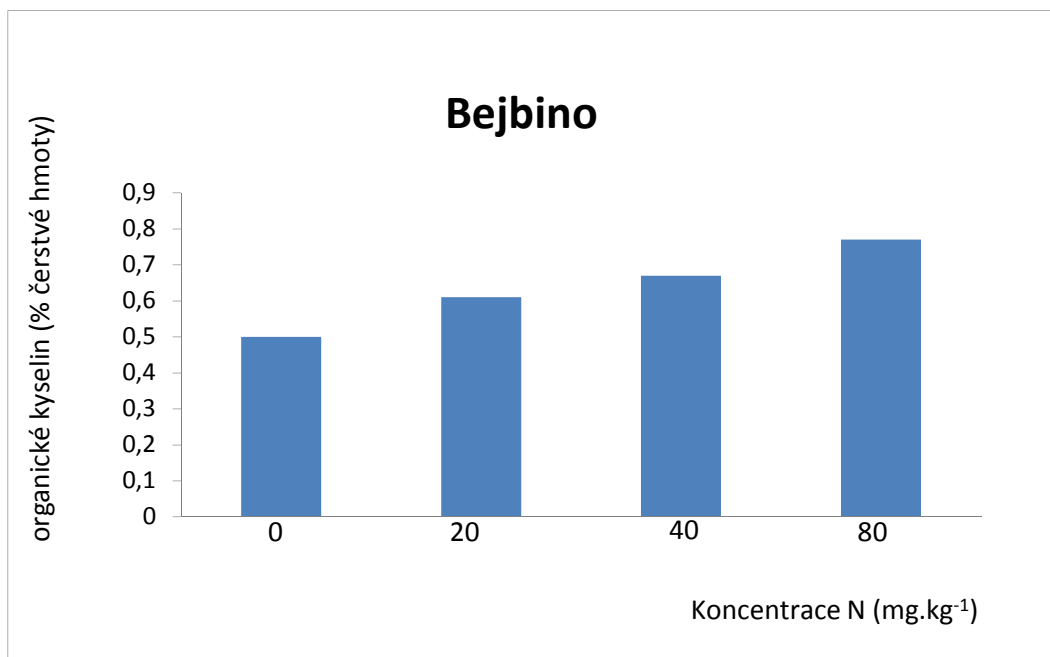
6.4 Stanovení obsahu organických kyselin

Obsah organických kyselin byl stanoven titrační metodou. Výsledky jsou uvedeny v příloze IV. a Grafu 9 a 10.

Graf 9 Vliv dusíku na obsah organických kyselin rajčat u odrůdy 'Beefmaster'



Graf 10 Vliv dusíku na obsah organických kyselin rajčat u odrůdy ‚Bejbino‘



Z výsledků vyplývá, že se stoupající koncentrací dusíku v půdě se u obou odrůd zvyšoval obsah organických kyselin. U odrůdy 'Beefmaster' byl největší rozdíl mezi kontrolním vzorkem a variantou s 80 mg N.kg⁻¹ dusíku v půdě, a to: 0,31 % v čerstvé hmotě, u druhé odrůdy byl největší rozdíl 0,27 %, v čerstvé hmotě u stejných variant. Nejnižší rozdíl 0,05 % v čerstvé hmotě byl u odrůdy 'Beefmaster' ve variantě s koncentrací dusíku v půdě 20 a 40 mg N.kg⁻¹.

7 DISKUZE

Dostatek živin v půdě je důležitý pro růst a chemické složení rostlin. Dusík patří mezi nejdůležitější prvky důležité pro růst rostlin [66]. V této práci byl zjišťován vliv stupňovitých dávek půdního dusíku na obsah sušiny, antioxidační aktivitu, obsah celkových polyfenolů a obsah organických kyselin rajčat.

Získané výsledky ukazují, že obsah sušiny se se zvyšující koncentrací dusíku v půdě zvyšoval u obou odrůd rajčat. Nejvyšší obsah sušiny byl u varianty s nejvyšší koncentrací dusíku (80 mg N.kg^{-1}). Odrůda 'Beefmaster' měla menší obsah sušiny než odrůda 'Bejbino'. Bylo zjištěno, že obě odrůdy byly ovlivněny zvyšující se koncentrací dusíku v půdě.

Podle výzkumu Aldosona a Khalila (1993) rozdílné odrůdy při přidavku dusíku do půdy neměli vliv na obsah sušiny. Nicméně, tito autoři zjistili, že každá odrůda byla významně ovlivněna přidavkem dusíku do půdy. Zjistili, že nejvyšší obsah sušiny u jimi vybraných odrůd byl získán při nejvyšším přidavku dusíku do půdy [122].

Samaila (2011) ve své práci uvádí, že obsah sušiny rajčat byl při použití dusíkatých hnojiv vyšší, než obsah sušiny rajčat, kde nebyla dusíkatá hnojiva použita [123].

Plody rajčat jsou považovány za vynikající zdroj polyfenolických látek [124]. Uvedené výsledky v této práci ukazují, že se zvyšující se koncentrací dusíku v půdě se zvyšoval obsah polyfenolických látek. Nejvyšší obsah celkových polyfenolických látek byl zjištěn u odrůdy 'Beefmaster' při koncentraci 80 mg N.kg^{-1} dusíku v půdě. U odrůdy 'Bejbino' byl také nejvyšší obsah polyfenolů zjištěn při koncentraci dusíku v půdě 80 mg N.kg^{-1} . U odrůdy 'Beefmaster' byl celkový obsah polyfenolů vyšší než u odrůdy 'Bejbino'.

Podle Häkkinena a Törröna (2000) vliv různých koncentrací dusíku v půdě při pěstování ovoce a zeleniny nemá žádný významný efekt na obsah fenolických látek. Tito autoři však připouštějí, že to nemusí platit u všech plodin a konkrétně je nutno tuto skutečnost ověřit na jednotlivých plodinách [124]. Podle Brandta a Molgaard (2001) je důležitý poměr uhlíku a dusíku přijatého rostlinou; když rostlina přijímá dostatek dusíku tvoří se v rostlině sloučeniny s vysokým obsahem dusíku, jako například proteiny. Když je omezená dostupnost dusíku k rostlině, metabolismus tvoří spíše sekundární metabolity, které mají vysoký obsah uhlíku, jako je škrob, celulóza, fenolické a terpenové látky i když opět to může být u jednotlivých plodin velmi individuální [125].

Antioxidační aktivita je schopnost zabránit oxidaci volnými radikály [126]. Antioxidační aktivita v této práci byla uvedena v AAE mg.kg^{-1} sušiny. Se zvyšující se koncentrací dusíku v půdě se nepatrně zvyšovala i antioxidační aktivita u obou odrůd rajčat. Rozdíly

mezi odrůdami i variantami odrůd byly malé. Odborné výzkumy, jak ovlivňuje dusík v půdě antioxidační aktivitu nejsou, pouze podle Núñez-Ramiréze et al. (2011) zvyšování dávek dusíku u paprik, které patří mezi plodovou zeleninu stejně jako rajčata, nemělo žádný vliv na antioxidační aktivitu [127]. Ke stejnému zjištění dospěl Ferrante et al. (2008) při pokusech na melounech [128]. Nicméně existují studie, které poukazují na nutnost ověřovat tyto skutečnosti i u jiných plodin, protože genetická variabilita mezi plodinami může být značná [87]. Jelikož u rajčat nejsou v literatuře uspokojivě popsány vlivy půdních prvků na fenolické látky a antioxidační aktivitu zvolila jsem si tuto práci jako inovativní průzkum. Z výsledků mé práce je patrné, že vliv půdního dusíku na antioxidační vlastnosti může mít u rajčat význam. Nicméně bude potřeba dalšího výzkumu, protože moje výsledky jsou jen jednoleté a jsou tak podnětem pro pokračující vědeckou práci nejenom u rajčat, ale i dalších plodin.

Výsledky této práce ukazují, že se zvyšující se koncentrací dusíku v půdě se zvyšoval i obsah organických kyselin. Při nejvyšší koncentraci dusíku byl u obou odrůd obsah organických kyselin nejvyšší. Naopak při nejnižší koncentraci dusíku byl u obou odrůd nejnižší obsah organických kyselin. Vyšší obsah organických kyselin byl u odrůdy ‚Beefmaster‘.

Heeb et al. (2004) uvádějí, že zvýšená aplikace dusíkatých hnojiv vede k vyšší syntéze cukrů, kyselin, vitamínu C [129]. Podle Bénarda et al. (2009) se obsah kyseliny citrónové v plodech rajčat se zvyšujícími dávkami dusíku výrazně zvyšuje [130]. Podle Núñez-Ramiréze et al. (2011) se se zvyšujícími dávkami dusíku v půdě zvyšuje obsah organických kyselin i u jiných plodových zeleniny, jako např. paprika [127].

8 ZÁVĚR

Cílem práce bylo vést nádobový pokus se dvěma odrůdami rajčat, při použití různých koncentrací dusíku v půdě. K nádobovému pokusu byly vybrány odrůdy 'Beefmaster' a 'Bejbino'. U plodů rajčat byla provedena analýza obsahu sušiny, organických kyselin, antioxidační aktivity a celkového obsahu polyfenolů. Teoretická část byla psána formou rešerše a byly v ní popsány základní informace o rajčatech, antioxidační aktivitě a vlivu výživy a hnojení na růst a složení rostlin.

Výsledky analýz byly zpracovány a vyhodnoceny. Konkrétní závěry jsou následující:

1. S rostoucími koncentracemi půdního dusíku se u obou odrůd zvyšoval obsah sušiny, přičemž i odrůda rajčat měla vliv na obsah sušiny. U odrůdy 'Beefmaster' i 'Bejbino' byla nejvyšší sušina ve variantě s nejvyšší koncentrací dusíku v půdě (80 mg N.kg^{-1}). Nejnižší obsah sušiny byl zjištěn u kontrolního vzorku, kam se dusík nepřidával. Celkově vyšší obsah sušiny měla odrůda 'Bejbino'.
2. Obsah celkových polyfenolů ze vzrůstající koncentrací dusíku v půdě narůstal u obou odrůd. Nejvyšší obsah celkových polyfenolů byl, u obou odrůd, u varianty s koncentrací dusíku v půdě 80 mg N.kg^{-1} . Nejnižší obsah celkových polyfenolů byl u obou odrůd u kontrolního vzorku. Vyšší obsah celkových polyfenolů byl zaznamenán u odrůdy 'Beefmaster'.
3. Antioxidační aktivita byla celkově větší u odrůdy 'Beefmaster'. Se zvyšující se koncentrací dusíku v půdě se antioxidační aktivita u obou odrůd mírně zvyšovala. Rozdíly v antioxidační aktivitě mezi odrůdami i všemi variantami odrůd rajčat však byly všeobecně malé. Nejvyšší antioxidační aktivita byla u obou odrůd při koncentraci dusíku v půdě 80 mg N.kg^{-1} .
4. Obsah organických kyselin byl u obou odrůd nejvyšší u varianty s nejvyšší koncentracemi dusíku v půdě (80 mg N.kg^{-1}). Nejnižší obsah organických kyselin byl zjištěn u kontrolního vzorku. Jejich obsah byl vyšší u odrůdy 'Beefmaster'.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] PELEŠKA, S. *Zelenina na zahrádce a na balkoně*. 3. vyd. Praha: Ottovo nakladatelství. 2008. 128 s. ISBN: 978-80-7360-771-5.
- [2] VALLVERDÚ-QUERAL, T. A., MEDINA-REMÓN, A., ANDRES-LACUEVA, C. et al. Changes in Phenolic Profile and Antioxidant Activity during Production of Diced Tomatoes. *Food Chemistry*, 2011, vol. 126, p. 1700-1707, ISSN: 0308-8146.
- [3] JAŠA, B. *Zahradnictví I. Zelinářství*. 1. vyd. Praha: Státní pedagogické nakladatelství. 1980. 189 s. Bez ISBN.
- [4] VALŠÍKOVÁ, M. a kol. *Papriky, rajčičky a baklažány*. 1. vyd. Bratislava: Příroda. 1987. 155 s. Bez ISBN.
- [5] SKORŇAKOV S., JENÍK J., VĚTVIČKA V. *Zelená kuchyně*. 2. vyd. Praha: Lidové nakladatelství. 1991. 234 s. ISBN: 80-7022-042-2.
- [6] PETŘÍKOVÁ, K. *Zelenina - pěstování – ekonomika - prodej*. 1. vyd. Praha: Profi Press. 2006. 95 s. ISBN: 80-86726-20-7.
- .
- [7] POKORNÝ, J. *Zelinářství: pro odborná učiliště*. 1. vyd. Praha: Septima. 2001. 62 s. ISBN: 80-7216-159-8.
- [8] DOLEJŠÍ, A. *Zelenina na zahrádce*. 1. vyd. Praha: Státní zemědělské nakladatelství. 1982. 216 s. Bez ISBN.
- [9] MALÝ, I. a kol. *Polní zelinářství* 1. vyd. Praha: Agrospoj. 1998. 196 s. ISBN: 80-239-4232-8.
- [10] DUFFEK, J. *Cvičení ze zahradnictví I: Zelinářství*. 1. vyd. Praha: Státní pedagogické nakladatelství. 1981. 144 s. Bez ISBN.

- [11] ŠTEMBERA, J., JAŠA, B. *Zelínářství Morfologie druhů zelenin*. 1. vyd. Praha: Státní pedagogické nakladatelství. 1954. 138 s. Bez ISBN.
- [12] PEVNÁ, V. a kol. *Záhradnictvo: zeleninářstvo, ovocinářstvo, vinohradnictvo*. 1. vyd. Bratislava: Příroda. 1989. 622 s. ISBN: 80-07-00039-9.
- [13] PEKÁRKOVÁ, E. *Pěstujeme rajčata, papriky a další plodové zeleniny*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing. 2001. 72 s. ISBN: 80-247-0170-7.
- [14] PINELA, J., BARROS, L., CARVALHO, A. M., FERREIRA, I. Nutritional Composition and Antioxidant Activity of Four Tomato (*Lycopersicon Esculentum* L.) Farmer' Varieties in Northeastern Portugal Homegardens. *Food and Chemical Toxicology*, 2012, vol. 50, p. 829-834, ISSN: 0278-6915.
- [15] STEIN, S. *Zelenina*. 1. vyd. Bratislava: Příroda. 1999. 101 s. ISBN: 80-07-01074-2.
- [16] ANDRLE, P., SCHWARTZ, H., BORUVKOVÁ, V. a kol. *Zbožížnalství – poživatiny – potraviny, pochutiny*. 2. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury. 1996. 249 s. ISBN: 80-902110-3-8.
- [17] MELICHAR, M. a kol. *Zelínářství*. 1. vyd. Praha: Květ. 1997. 165 s. ISBN: 80-85362-29-5.
- [18] PELEŠKA, S., SEDLÁČKOVÁ, H. *Zelenina na zahrádce a kuchyni*. 1. vyd. Praha: Ikar. 2010. 131 s. ISBN: 978-80-249-1351-3.
- [19] PETŘÍKOVÁ, K. *Zelínářství: (obecná část)*. 1. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita. 1997. 58 s. ISBN: 80-7157-277-2.
- [20] DUFFEK, J. *Zelínářství: Obecná část*. 1. vyd. Praha: Česká zemědělská univerzita. 1998. 112 s. ISBN: 80-902584-0-9.

- [21] DRDÁK, M. *Techológia rastlinných neúdržných potravín*. 1. vyd. Bratislava: Alfa. 1989. 304 s. ISBN: 80-05-00121-5.
- [22] HOZA, I. a KRAMÁŘOVÁ, D. *Potravinářská biochemie I*. 1. vyd. Zlín: Univerzita Tomáše Bati. 2005. 168 s. ISBN: 80-7318-295-5.
- [23] VODRÁŽKA, Z. *Biochemie*. 2. vyd. Praha: Academia. 2007. 191 s. ISBN: 978-80-200-0600-4.
- [24] VELÍŠEK, J. a HAJŠLOVÁ, J. *Chemie potravin I*. 2. vyd. Tábor: OSSIS. 2002. 331 s. ISBN: 80-86659-00-3.
- [25] ODSTRČIL, J. a ODSTRČILOVÁ, M.. *Chemie potravin*. 1. vyd. Brno: Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů. 2006. 164 s. ISBN: 80-7013-435-6.
- [26] DAVÍDEK, J., JANÍČEK, G., POKORNÝ, J. *Chemie potravin*. 1. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury. 1983. 632 s. Bez ISBN.
- [27] HORÁK, V. a STASZKOVÁ, L. *Biochemie*. 1. vyd. V Praze: Česká zemědělská univerzita. 2006. 181 s. ISBN: 80-213-0980-6.
- [28] ZEHNÁLEK, J. *Biochemie*. 2. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita. 2005. 168 s. ISBN: 80-7157-840-1.
- [29] ŠABYKINOVÁ, L. V. *Zelenina v kuchyni*. 2. vyd. Praha: Státní zemědělské nakladatelství. 1988. 160 s. ISBN: 5-03-000196-4.
- [30] HANOUSEK, M. *Domácí výroba moštů*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing. 2006. 76s. ISBN: 80-247-1445-0.

- [31] ROP, O., VALÁŠEK, P., HOZA, I. *Teoretické principy konzervace potravin I Hlavní konzervářské suroviny*. 1. vyd. Zlín: Univerzita Tomáše Bati. 2005. 130 s. ISBN: 80-7318-339-0.
- [32] HRABĚ, J., ROP, O., HOZA, I. *Technologie výroby potravin rostlinného původu*. 1. vyd. Zlín: Univerzita Tomáše Bati. 2006. 178 s. ISBN: 80-7318-372-2.
- [33] TRONÍČKOVÁ, E. *Zelenina*. 1. vyd. Praha: Artia. 1985. 223 s. Bez ISBN.
- [34] CHARLAMPOVIČ, G. D.č a ČURKIN, J. V.. *Fenoly*. 1. vyd. Moskva: Chimija. 1974. 375 s. Bez ISBN.
- [35] HORNA, A. *Vitaminy 2003: Přírodní antioxidanty a volné radikály* 1. vyd. Pardubice: Univerzita Pardubice. 2003. 312 s. ISBN: 80-7194-549-8.
- [36] IBRAHIM, M. H., JAAFAR, H. Z. E., RAHMAT, A. and RAHMAN, Z. A. Effects of Nitrogen Fertilization on Synthesis of Primary and Secondary Metabolites in Three Varieties of Kacip Fatimah (*Labisia Pumila Blume*). *International Journal of Molecular Sciences*, 2011, vol. 12, p. 5238-5254, ISSN: 1422-0067.
- [37] PERNICA, R., PARISI, M., ITALO, G. et al. Antioxidants Profile of Small Tomato Fruits: Effect of Irrigation and Industrial Process. *Scientia Horticulturae*, 2010, vol. 126, p. 156-163, ISSN: 0304-4238.
- [38] VELÍŠEK, J. *Chemie potravin 3*. 1. vyd. Tábor: OSSIS. 1999. 368 s. ISBN: 80-86659-02-X.
- [39] OZHOGINA, O. A., KASAIKINA, O. T. β -karoten as an Interceptor of Free Radicals. *Free Radical Biology and Medicine*, 1995, vol. 19, p. 575-581, ISSN: 0891-5849.
- [40] CEREVITINOV, F. V. *Chemické složení a fyzikální vlastnosti ovoce a zeleniny*. 1.vyd. Praha: Průmyslové vydavatelství. 1952. 322 s. Bez ISBN.

- [41] CANO, A., ACOSTA, M., ARNAO, M. B. Hydrophilic and Lipophilic Antioxidant Activity Changes during On-vine Ripening of Tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Postharvest Biology and Technology*, 2003, vol. 28, p. 59-65, ISSN: 0925-5214.
- [42] KALÁČ, P. Lykopen a tomatin v rajčatech. *Výživa a potraviny*, 2009, roč. 64, č. 4, s. 89-91, ISSN: 1211-846X.
- [43] INGR, I. *Základy konzervace potravin*. 3. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita. 2007. 119 s. ISBN: 978-80-7375-110-4.
- [44] VOKÁL, B., ČEPL., J., ZAVADIL, K. a kol. *Pěstujeme brambory a rajčata: rady od A do Z pro zahrádkáře*. Brno: Rena. 1999. 40 s. ISBN: 80-85904-41-1.
- [45] PETŘÍKOVÁ, K. a MALÝ, I. *Základy pěstování plodové zeleniny*. 2. vyd. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací. 2003. 51 s. ISBN: 80-7271-141-5.
- [46] PETŘÍKOVÁ, K. *Zelinářství - pěstitelská technologie*. 1. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita. 1996. 94 s. ISBN: 80-7157-225-X.
- [47] VALÍČEK, P., a kol. *Užitkové rostliny tropů subtropů*. 1. vyd. Praha: Academia. 1989. 420 s. ISBN: 80-200-0000-3.
- [48] ZIMOLKA, J. *Speciální produkce rostlinná – rostlinná výroba*. 1. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita. 2005. 245 s. ISBN: 80-7157-451-1.
- [49] PODEŠVA, J. a kol. *Encyklopedie zelinářství /část všeobecná I./*. 1. vyd. Praha: Státní zemědělské nakladatelství. 1959. 439 s. Bez ISBN.
- [50] BIGGS, M., MCVICAR, J. a FLOWERDEW, B. *Velká kniha zeleniny, bylin a ovoce*. 1. vyd. Praha: Volvox Globator. 2004. 640 s. ISBN: 80-7207-537-3.
- [51] KADZA, J. *Choroby a škůdci polních plodin, ovoce a zeleniny*. 1. vyd. Praha: Farmář – Zemědělské listy. 1997. 116 s. ISBN: 80-902413-0-1.

[52] ROD, J. *Atlas chorob a škůdců ovoce, zeleniny a okrasných rostlin*. 2. vyd. Líbeznice: Víkend. 2006. 94 s. ISBN: 80-86891-29-1.

[53] TEDESCHI, P., COISSON, J.D., MAIETTI, A. et al. Chemotype and Genotype Combined Analysis Applied to Tomato (*Lycopersicon Esculentum* Mill.) Analytical Traceability. *Journal of Food Composition and Analysis*, 2011, vol. 24, p. 131-139, ISSN: 0889-1575.

[54] TOOR, R. K., SAVAGE, G. P. Antioxidant Activity in Different Fractions of Tomatoes. *Food Research International*, 2005, vol. 38, p. 487-494, ISSN: 0963-9969.

[55] BECKLES, D. M. Factors Affecting the Postharvest Soluble Solids and Sugar Content of Tomato Fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 2012, vol. 63, p. 129-140, ISSN: 0925-5214.

[56] JÍLEK, J. *Učebnice zavařování a konzervace*. 1. vyd. Olomouc: Fontána. 2001. 232 s. ISBN: 80-86179-67-2.

[57] KOPEC, K. *Zelenina ve výživě člověka*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing. 2010. 159 s. ISBN: 978-80-247-2845-2.

[58] ŠAPIRO, D. *Ovoce a zelenina ve výživě člověka*. 1. vyd. Praha: Státní zemědělské nakladatelství. 1988. 232 s. Bez ISBN.

[59] SOGUT, Z., ILTEN, N., OKTAY Z. Energetic and Exergetic Performance Evaluation of the Quadruple-effect Evaporator Unit in Tomato Paste Production. *Energy*, 2010, vol. 35, p. 3821-3826, ISSN: 0360-5422.

[60] KYZLINK, V. *Základy konzervace potravin*. 2. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury. 1980. 516 s. Bez ISBN.

[61] DAUTHY, M. E. *Fruit and Vegetable Processing*. 1. vyd. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 1995. 249 s. ISBN: 92-5-103657-8.

[62] BAYOD, E., WILLERS, E. P., TORNBORG, E. Rheological and Structural Characterization of Tomato Paste and its Influence on the Quality of Ketchup. *LWT-Food Science and Technology*, 2008, vol. 41, p. 1289-1300, ISSN: 0023-6438.

[63] HAVELKA, B. *Výživa a hnojení zahradnických rostlin*. 1. vyd. Praha: Státní pedagogické nakladatelství. 1990. 271 s. Bez ISBN.

[64] HLUŠEK, J. *Základy výživy a hnojení zeleniny a ovocných kultur*. 2. vyd. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací. 2004. 56 s. ISBN: 80-7271-147-4.

[65] KALINA, M. *Hnojení v zahradě*. 2. vyd. Praha: Grada Publishing. 2005. 109 s. ISBN: 80-247-1275-X.

[66] RICHTER, R. a kol. *Výživa a hnojení rostlin /I. obecná část/*. 1. vyd. Brno: Mendlova zemědělská a lesnická univerzita. 1997. 177 s. ISBN: 80-7157-138-5.

[67] LOVDAL, T., OLSEN, K. M., SLIMESTAD, R. et al. Synergetic Effects of Nitrogen Depletion, Temperature, and Light on the Content of Phenolic Compounds and Gene Expression in Leaves of Tomato. *Phytochemistry*, 2010, vol. 71, p. 605-613, ISSN: 0031-9422.

[68] KOVAČÍK, P. *Výživa a systém hnojení rostlin*. 1. vyd. Praha: Agropol Chem. 2009. 107 s. ISBN: 978-80-87111-16-1.

[69] CLARK, M.S., HORWATH, W. R., SHENNAN, C. et al. Nitrogen, Weeds and Water as Yield-Limiting Factors in Conventional, Low-Input, and Organic Tomato Systems. *Agriculture Ecosystems and Environment*, 1999, vol. 73, p. 257-270, ISSN: 0167-8809.

[70] MORI, M., AMATO, M., DI MOLA, I. et al. Productive Behaviour of “Cherry”-Type Tomato Irrigated with Saline Water in Relation to Nitrogen Fertilisation. *European Journal of Agronomy*, 2008, vol. 29, p. 135-143, ISSN: 1161-0301.

[71] BAIER, J. *Abeceda výživy rostlin a hnojení*. 1. vyd. Praha: Státní zemědělské nakladatelství. 1985. 360 s. Bez ISBN.

[72] NEUBERG, J. *Hnojení a výživa rostlin na zahradě*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing. 1998. 149 s. ISBN: 80-7169-496-7.

[73] HAMER, P.J.C. Analysis of Strategies for Reducing Calcium Deficiencies in Glasshouse Grown Tomatoes: Model Functions and Simulations. *Agricultural Systems*, 2003, vol. 76, p. 181-205, ISSN: 0308-521X.

[74] SAURE, M. C. Blossom-End Rot of Tomato (*lycopersicon esculentum* Mill.) - a Calcium - or a Stress-Related Disorder? *Scientia Horticulturae*, 2001, vol. 90, p. 193-208, ISSN: 0304-4238.

[75] YANG, L., QU, H., ZHANG, Y. Effects of Partial Root-Zone Irrigation on Physiology, Fruit Yield and Quality and Water Use Efficiency of Tomato under Different Calcium Levels. *Agricultural Water Management*, 2012, vol. 104, p. 89-94, ISSN: 0378-3774.

[76] VANĚK, V. *Hořčík a jeho význam v zemědělství*. Praha: Česká zemědělská univerzita. 1995. 91 s. Bez ISBN.

[77] CHAPAGAIN, B.P., WIESMAN, Z. Effect of Potassium Magnesium Chloride in the Fertigation Solution as Partial Source of Potassium on Growth, Yield and Quality of Greenhouse Tomato. *Scientia Horticulture*, 2004, vol. 99, p. 279-288, ISSN: 0304-4238.

[78] MARTINEC, M., ZLOCH, Z. Nutriční hodnoty a antioxidační kapacita biopotravin a standardních potravin. Jejich změny po jednotýdenním skladování. *Výživa a potraviny*, 2009, roč. 64, č. 2, s. 43-36, ISSN: 1211-846X.

[79] ŠULC M., LACHMAN J., HAMOUZ K., ORSÁK M., DVOŘÁK P., HORÁČKOVÁ V. Výběr a zhodnocení vhodných metod pro stanovení antioxidační aktivity fialových a červených odrůd brambor. *Chemické Listy*, 2007, roč. 101, č. 7, s. 584-591, ISSN: 0009-2770.

[80] DAWIDOWICZ, A. L., OLSZOWY, M. Antioxidant Properties of BHT Estimated by ABTS Assai in Systems Differing in pH or Metal Ion or Water Concentration. *European Food Research and Technology*, 2011, vol. 232, p. 837-842, ISSN: 1438-2377.

[81] TYUG, T. S., PRASAD, K. N., ISMAIL, A. Antioxidant Capacity, Phenolics and Isoflavones in Soybean by Products. *Food Chemistry*, 2010, vol. 123, p. 583-589, ISSN: 0308-8146.

[82] OU, B., HUANG, D., HAMPSCH-WOODILL, M. et al. Analysis of Antioxidant Activities of Common Vegetables Employing Oxygen Radical Absorbance Capacity (ORAC) and Ferric Reducing Antioxidant Power (FRAP) Assays: a Comparative Study. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2002, vol. 50, p. 3122–3128, ISSN: 1520-5118.

[83] BRAND–WILLIAMS, W., CUVELIER, M. E., BERSET, C. et al. Use of a Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity. *LWT-Food Science and Technology*, 1995, vol. 28, p. 25–30, ISSN: 0023-6438.

[84] PASSWATER, R. A. *O antioxidantech*. 1. vyd. Praha: Pragma. 2002. 94 s. ISBN: 80-7205-897-5.

[85] GOLKOVÁ, M. *Anti-aging: jak si zachovat mládí a krásu*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing. 2010. 134 s. ISBN: 978-80-247-2106-4.

[86] RACEK, J. *Oxidační stres a možnosti jeho ovlivnění*. 1. vyd. Praha: Galén. 2003. 89 s. ISBN: 80-7262-231-5.

[87] CADENAS, E., PACKER, L. *Handbook of Antioxidant*. 2. vyd. New York: Marcel Dekker. 2001. 712 s. ISBN: 978-0-8247-0547-3.

[88] GILLE, G., SIGLER, K. Oxidative Stress and Living Cells. *Folia Microbiologica*, 1995, vol. 40, p. 131-152, ISSN: 0015-5632.

[89] GARCÍA-ALONSO, M., PASCUAL-TERESA, S., SANTOS-BUELGA, J. et al. Evaluation of the Antioxidant Properties of Fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2004, vol. 84, p. 13–18, ISSN: 0308-8146.

[90] OPLETAL, L. *Přírodní látky a jejich biologická aktivita. Svazek 1, Nutraceutika: primární metabolity a látky obsažené ve strukturovaných biologických systémech*. 1. vyd. Praha: Karolinum. 2010. 378 s. ISBN: 978-80-246-1884-5.

[91] TRABERA, M. G., SIDDENSA, L. K., LEONARDA, S. W. et al. α -Tocopherol Modulates Cyp3a Expression, Increases γ -CEHC Production, and Limits Tissue γ -tocopherol Accumulation in Mice Fed High γ -tocopherol Diets. *Free Radical Biology and Medicine*, 2005, vol. 38, p. 773-785, ISSN: 0891-5849.

[92] SZYMANSKA, R., KRUK, J. Tocopherol Content and Isomers' Composition in Selected Plant Species. *Plant Physiology and Biochemistry*, 2008, vol. 46, ISSN: 0981-9428.

[93] RUMSEY, S. C., LEVINE, M. Absorption, Transport, and Disposition of Ascorbic Acid in Humans. *Nutritional Biochemistry*, 1998, vol. 9, p. 116-130, ISSN: 0955-2863.

[94] ZHANG, D., HAMAUZU, Y. Phenolics, Ascorbic Acid, Carotenoids and Antioxidant Activity of Broccoli and Their Changes during Conventional and Microwave Cooking. *Food Chemistry*, 2004, vol. 88, p. 503–509, ISSN: 0308-8146.

[95] TANIGUCHI, M., ARAI, N., KOHNO, K et al. Anti-oxidative and Anti-aging Activities of 2-O- α -glucopyranosyl-L-ascorbic Acid on Human Dermal Fibroblasts. *European Journal of Pharmacology*, 2012, vol. 674, p. 126-131, ISSN: 0014-2999.

[96] ODRIOZOLA-SERRANO, I., SOLIVA-FORTUNY, R., HERNANDEZ-JOVER, T. et al. Carotenoid and Phenolic Profile of Tomato Juices Processed by High Intensity Pulsed Electric Fields Compared with Conventional Thermal Treatments. *Food Chemistry*, 2009, vol. 112, p. 258-266, ISSN: 0308-8146.

[97] SULLIVANOVÁ, K. *Vitaminy a minerály v kostce*. 1. vyd. Brastislava: Slovrat. 1997. 58 s. ISBN: 80-7209-068-2.

[98] URQUIAGA, I., LEIGHTON, F. Plant Polyphenol Antioxidants and Oxidative Stress. *Biological Research*, 2000, vol. 33, p. 55-64, ISSN: 0253-7613.

[99] VELIOGLU, Y. S., MAZZA, G., GAO, L. et al. Antioxidant Activity and Total Phenolics in Selected Fruits, Vegetables, and Grain Products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 1998, vol. 46, p. 4113-4117, ISSN: 0021-8561.

[100] SCALBERT, A., JOHNSON, I. T., SALTMARSH, M. Polyphenols: Antioxidants and Beyond. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 2005, vol. 81, p. 215–217, ISSN: 1554-0200.

[101] SCALBERT, A., WILLIAMSON, G. Dietary Intake and Bioavailability of Polyphenols. *Journal of Nutrition*, 2000, vol. 130, p. 2073–2085, ISSN: 0022-3166.

[102] SZYMANSKA, R., KRUK, J. Tocopherol Content and Isomers' Composition in Selected Plant Species. *Plant Physiology and Biochemistry*, 2008, vol. 46, p. 29-33, ISSN: 0981-9428.

[103] GUIL-GUERRERO, J. L. , REBOLLOSO-FUENTES M.M. Nutrient Composition and Antioxidant Activity of Eight Tomato (*Lycopersicon esculentum*) Varieties. *Journal of Food Composition and Analysis*, 2009, vol. 22, p. 123-129, ISSN: 0889-1575.

[104] HONGYAN, L. et al. Microwave-assisted Extraction of Phenolics with Maximal Antioxidant Activities in Tomatoes. *Food Chemistry*, 2012, vol. 130, p. 928-936, ISSN: 0308-8146.

[105] ZUORRO, A., FIDALEO, M., LAVECCHIA, R. Enzyme-Assisted Extraction of Lycopene from Tomato Processing Waste. *Enzyme and Microbial Technology*, 2011, vol. 49, p. 567– 573, ISSN: 0141-0229.

[106] BRANDT, S., PEK, Z., BARNA, E. et al. Lycopene Content and Colour of Ripening Tomatoes as Affected by Environmental Conditions. *Science of Food and Agriculture*, 2006, vol. 86, p. 568-572, ISSN: 0096-4522.

[107] UHER, A. The Effect of the Length of Storage on the Amount of Lycopene in the Fruits of Tomato (*Lycopersicon Esculentum* L.). *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 2008, vol. 56, p. 245-249, ISSN: 1211-8516.

[108] YAPINGA, Z., SUPINGB, Q., YUWENLI, A. et al. Antioxidant Activity of Lycopene Extracted from Tomato Paste Towards Trichloromethyl Peroxyl Radical CCl_3O_2 . *Food Chemistry*, 2002, vol. 77, p. 2209-212, ISSN: 0308-8146.

[109] CHANG, CH. H., LIN, H. Y., CHANG, CH. Y. et al. Comparisons on the Antioxidant Properties of Fresh, Freeze-Dried and Hot-Air-Dried Tomatoes. *Journal of Food Engineering*, 2006, vol. 77, p. 478-485, ISSN: 0260-8774.

[110] NAVARRO-GONZÁLEZ, I., GARCÍA-VALVERDE, V., GARCÍA-ALONSO, J. et al. Chemical Profile, Functional and Antioxidant Properties of Tomato Peel Fiber. *Food Research International*, 2011, vol. 44, p. 1528-1535, ISSN: 0963-9969.

[111] YANG, J., GUO, J., YUAN, J. In Vitro Antioxidant Properties of Rutin. *LWT – Food Science and Technology*, 2008, vol. 41, p. 1060-1066, ISSN: 0023-6438.

[112] YAN, M., LI, B., ZHAO, X. et al. Physicochemical Properties of Gelatin Gels from Walleye Pollock (*Theragra chalcogramma*) Skin Cross-Linked by Gallic Acid and Rutin. *Food Hydrocolloids*, 2011, vol. 25, p. 907-914, ISSN: 0268-005X.

[113] JAGETIA, G. CH., REDDY, T. K. Alleviation of Iron Induced Oxidative Stress by the Grape Fruit Flavonone Naringin in Vitro. *Chemico-Biological Interactions*, 2011, vol. 190, p. 121-128, ISSN: 0009-2797.

[114] GUO, D., WANG, J., WANG, X. et al. Double Directional Adjusting Estrogenic Effect of Naringin from *Thizoma Drynariae* (Gusuibu). *Journal of Ethnopharmacology*, 2011, vol. 138, p. 451-457, ISSN: 0378-8741.

[115] SATO, Y., ITAGAKI, S. KUROKAWA, T. et al. In Vitro and in vivo Antioxidant Properties of Chlorogenic Acid and Caffeic Acid. *International Journal of Pharmaceutics*, 2011, vol. 403, p. 136-138, ISSN: 0378- 5173.

[116] RICHTER, R., HLUŠEK, J., HŘIVNA L. *Výživa a hnojení rostlin – návody do cvičení*. 1.vyd. Brno: Mendlova zemědělská a lesnická univerzita. 1999. 187 s. Bez ISBN.

[117] NOVOTNÝ, F. *Metodiky chemických rozborů pro hodnocení kvality odrůd I. Díl*. 1. vyd. Brno: Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský. 2000. 173 s. ISBN: 80-86051-70-6.

[118] LACHMAN, J., ŠULC, M., SUS, J. et al. Polyphenol Content and Antiradical Activity in Different Apple Varieties. *Czech Journal of Food Science*, 2006, vol. 33, p. 95–102, ISSN: 0862-867X.

[119] ROP, O., MLČEK, J., JURIKOVA, T. et al. Phenolic Content, Antioxidant Capacity, Radical Oxygen Species Scavenging and Lipid Peroxidation Inhibiting Activities of Extracts of Five Black Chokeberry (*Aronia melanocarpa* (Michx.) Elliot) Cultivars. *Journals of Medicinal Plants Research*, 2010, vol. 4, p. 2431-2437, ISSN: 1996-0875.

[120] CAO, G., SOFIC, E., PRIOR, R.L. Antioxidant and Prooxidant Behavior of Flavonoids: Structure-Activity Relationships. *Free Radical Biology and Medicine*, 1997, vol. 22, p. 749-760, ISSN: 0891-5849.

[121] NOVOTNÝ, F. *Metodiky chemických rozborů pro hodnocení kvality odrůd II. Díl. 1.* vyd. Brno: Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský. 2000. 553 s. ISBN: 80-86051-75-7.

[122] ALSADON, A. A., KHALIL, S. O. Effect of Nitrogen Level on Two Tomato Cultivars Under Plastic House Conditions. *Journal King Saud University. Agricultural Sciences*, 1993, vol. 5, p. 69-77, ISSN: 1018-3590.

[123] SAMAILA, A. Nutritional Quality of Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) as Influenced by Mulching, Nitrogen and Irrigation Interval. *Journal of Agricultural Science*, 2011, vol. 3, p. 266-270, ISSN: 1916-9752.

[124] HÄKKINEN, S. H., TÖRRÖNEN, A. R. Content of Flavonols and Selected Phenolic Acids in Strawberries and Vaccinium Species: Influence of Cultivar, Cultivation Site and Technique. *Food Research International*, 2000, vol. 33, p. 517–524, ISSN: 0963-9969.

[125] BRANDT, K., MOLGAARD, P., Organic Agriculture: Does it Enhance or Reduce the Nutritional Value of Plant Foods? *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2001, vol. 81, p. 924–931, ISSN: 0022-5142.

[126] HALLIWELL, B. How to Characterize Biological Antioxidants? *Free Radical Research Communications*, 1990, vol. 9, p. 1-32, ISSN: 8755-0199.

[127] NÚÑEZ-RAMÍREZ, F., GONZÁLEZ-MENDOZA, D., GRIMALDO-JUÁREZ, O. et al. Nitrogen and Antioxidants Compounds in Habanero Pepper. *International Journal of Agriculture and Biology*, 2011, vol. 13, p. 827-830, ISSN: 1814–9596.

[128] FERRANTE, A., SPINARDI, A., MAGGIORE T. et al. Effect of Nitrogen Fertilisation Levels on Melon Fruit Quality at the Harvest Time and During Storage. *Journal of the Science of Food Agriculture*, 2008, vol. 88, p.707–713, ISSN: 0022-5142.

[129] HEEB, A., LUNDEGARDH, B., ERICSSON, T. et al. Nitrogen form Affects Yield and Taste of Tomatoes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2005, vol. 85, p. 1405-1414, ISSN: 0022-5142.

[130] BÉNARD, C., GAUTIER, H., BOURGAUD, F. et al. Effects of Low Nitrogen Supply on Tomato (*Solanum lycopersicum*) Fruit Yield and Quality with Special Emphasis on Sugars, Acids, Ascorbate, Carotenoids and Phenolic Compounds. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 2009, vol. 57, p. 4112–4123, ISSN: 1934-8424.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Apod.	A podobně
Aj.	A jiné
Např.	Například
AA	Antioxidační aktivita
CP	Celkové polyfenoly
AAE	Ekvivalent kyseliny askorbové
GAE	Ekvivalent kyseliny gallové
DPPH	1,1-difenyl-2-picrylhydrazyl
FC	Folin-Ciocaltauovo činidlo
PUFA	Polynenasycené mastné kyseliny
ROS	Reaktivní formy kyslíku
RNS	Reaktivní formy dusíku
NaOH	Hydroxid sodný
RNA	Ribonukleová kyselina
DNA	Deoxyribonukleová kyseliny
HOCl	Kyselina chlorná
O ₃	Ozón
ONOO ⁻	Peroxyinitril
O ₂	Kyslík
H ₂ O ₂	Peroxid vodíku
HNO ₂	Kyselina dusitá
N ₂ O ₄	Dimerní oxid dusičitý
OH•	Hydroxylový radikál

NO ₂	Oxid dusičitý
RO ₂	Alkoxylový radikál
RO	Peroxylový radikál

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 <i>Rajče</i>	12
Obrázek 2 <i>Květenství rajčete</i>	14
Obrázek 3 <i>Schéma výroby rajčatového protlaku [59]</i>	25
Obrázek 4 <i>Tokoferol (vitamin E) [90]</i>	38
Obrázek 5 <i>Kyselina askorbová a dehydroaskorbová [38]</i>	39
Obrázek 6 <i>Karotenoidy [96]</i>	40
Obrázek 7 <i>Lykopen [105]</i>	43
Obrázek 8 <i>Rutin [112]</i>	44
Obrázek 9 <i>Naringin [114]</i>	44
Obrázek 10 <i>Kyselina chlorogenová [115]</i>	45

SEZNAM GRAFŮ

Graf 1 <i>Vliv dusíku na obsah sušiny rajčat u odrůdy ,Beefmaster‘</i>	53
Graf 2 <i>Vliv dusíku na obsah sušiny rajčat u odrůdy ,Bejbino‘</i>	53
Graf 3 <i>Kalibrační krivka kyseliny gallové</i>	54
Graf 4 <i>Vliv dusíku na obsah celkových polyfenolů rajčat u odrůdy ,Beefmaster‘</i>	55
Graf 5 <i>Vliv dusíku na obsah celkových polyfenolů rajčat u odrůdy ,Bejbino‘</i>	55
Graf 6 <i>Kalibrační křivka kyseliny askorbové</i>	56
Graf 7 <i>Vliv dusíku na antioxidační aktivitu rajčat u odrůdy ,Beefmaster‘</i>	57
Graf 8 <i>Vliv dusíku na antioxidační aktivitu rajčat u odrůdy ,Bejbino‘</i>	57
Graf 9 <i>Vliv dusíku na obsah organických kyselin rajčat u odrůdy ,Beefmaster‘</i>	58
Graf 10 <i>Vliv dusíku na obsah organických kyselin rajčat u odrůdy ,Bejbino‘</i>	59

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 <i>Choroby vyskytující se na rajčatech [49]</i>	22
Tabulka 2 <i>Schéma pokusu</i>	48

SEZNAM PŘÍLOH

- PI Vliv koncentrace dusíku v půdě na obsah sušiny rajčat
- PII Vliv koncentrace dusíku v půdě na obsah celkových polyfenolů rajčat
- PIII Vliv koncentrace dusíku v půdě na antioxidační aktivitu rajčat
- PIV Vliv koncentrace dusíku v půdě na obsah organických kyselin rajčat

**PŘÍLOHA P I: VLIV KONCENTRACE DUSÍKU V PŮDĚ NA OBSAH
SUŠINY RAJČAT**

Koncentrace N (mg.kg ⁻¹)	Odrůda ‚Beefmaster‘ (% sušiny)	Odrůda ‚Bejbino‘ (% sušiny)
0	5,52	6,12
20	6,03	6,39
40	6,97	7,28
80	7,92	8,56

PŘÍLOHA P II: VLIV KONCENTRACE DUSÍKU V PŮDĚ NA OBSAH CELKOVÝCH POLYFENOLŮ RAJČAT

Koncentrace kyseliny gallové (mg.l ⁻¹)	Absorbance
50	0,07
100	0,15
200	0,36
400	0,75
600	1,24
800	1,62

Koncentrace N v půdě (mg.kg ⁻¹)	Odrůda ‚Beefmaster‘ (CP ± směrodatná odchylka) (mg.kg ⁻¹ 100% sušiny)	Odrůda ‚Bejbino‘ (CP ± směrodatná odchylka) (mg.kg ⁻¹ 100% sušiny)
0	1318,08 ± 14,06	1095,65 + 29,97
20	1356,38 ± 34,06	1213,01 + 33,45
40	1575,84 ± 47,36	1254,08 + 24,43
80	1836,98 ± 30,60	1371,99 + 20,25

Obsah celkových polyfenolů (CP) je uveden v ekvivalentu kyseliny gallové.

PŘÍLOHA P III: VLIV KONCENTRACE DUSÍKU V PŮDĚ NA ANTIOXIDAČNÍ AKTIVITU RAJČAT

Koncentrace kyseliny askorbové (mg.l ⁻¹)	Úbytek absorbance (%)
40	41,81
80	61,46
120	84,02
160	105,35
200	129,40

Koncentrace N v půdě (mg.kg ⁻¹)	Odrůda ‚Beefmaster‘ (AA ± směrodatná odchylka) (mg.kg ⁻¹ 100% sušiny)	Odrůda ‚Bejbino‘ (AA ± směrodatná odchylka) (mg.kg ⁻¹ 100% sušiny)
0	50,55 ± 0,35	49,48 ± 0,21
20	54,01 ± 0,13	52,06 ± 0,21
40	57,26 ± 0,37	55,24 ± 0,35
80	60,11 ± 0,12	57,26 ± 0,22

Antioxidační aktivita (AA) je uvedena v ekvivalentu kyseliny askorbové.

PŘÍLOHA P IV: VLIV KONCENTRACE DUSÍKU V PŮDĚ NA OBSAH ORGANICKÝCH KYSELIN RAJČAT

Koncentrace N v půdě (mg.kg ⁻¹)	Odrůda ‚Beefmaster‘ (org. kyseliny v % čerstvé hmoty)	Odrůda ‚Bejbino‘ (org. kyseliny v % čerstvé hmoty)
0	0,65	0,5
20	0,8	0,61
40	0,85	0,67
80	0,96	0,77