

Mendelova univerzita v Brně
Zahradnická fakulta v Lednici



DOZRÁVÁNÍ RAJČAT Z POZDNÍCH SBĚRŮ
Diplomová práce

Vedoucí diplomové práce
prof. Ing. Jan Goliáš, DrSc.

Vypracoval
Bc. Michal Němec

Lednice 2016



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Zpracovatel : **Bc. Michal Němec**
Studijní program: Zahradnické inženýrství
Obor: Řízení zahradnických technologií
Název tématu: **Dozrávání rajčat z pozdních sběrů**
Rozsah práce: 40 stran textu včetně tabulek a grafů

Zásady pro vypracování:

1. Prostudujte procesy zrání plodové zeleniny a jejich ovlivňující faktory, které probíhají po sklizni. Zvýrazněte úlohu etylenu na látkové složky jako je chlorofyl, tvorba lykopenu, měknutí pletiv ve vztahu k posk izňové teplotě.
2. Založte pokusy s jednou nebo dvěma odrůdami rajčat, které budou sklizeny jako zelené v období kuličící sklizně. Plody budou jednotné velikosti a přibližně stejné zelené barvy, mírně růžové barvy a barvy červené. Plody budou uloženy do jedné teploty (18°C). Každou polovinu z barvných skupin ošetřete etylenem v koncentraci 1000 ppm po dobu 24 hodin. Během následného uložení ve stejné teplotě zjištěte změny povrchu plodu podle barevné stupnice nebo sestavené barevné stupnice. Dalšími parametry budou změny rozpustné sušiny a titračních kyselin pevnosti plodu penetrační technikou. Ze získaných výsledků vyjádřete vliv stupně zralosti plodu a ošetření etylenem na dozrání plodu. Termíny měření budou alespoň tři.
3. Výsledky zpracujte do tabulek a grafů, každý dílčí výsledek musí mít průměr a směrodatnou odchylku.

Seznam odborné literatury:

1. GOLIÁŠ, J. – MÝLOVÁ, P. – NĚMCOVÁ, A. A comparison of apple cultivars regarding ethylene production and physico-chemical changes during cold storage. *Horticultural Science*. 2008, sv. 35, č. 4, s. 137–144. ISSN 0862-867X.
2. LEBEDA, A. – GOLIÁŠ, J. Co ovlivňuje zrání rajčat. *Zahradnictvo*. 1978, sv. 2, s. 260–262.
3. GOLIÁŠ, J. Fyziologická zremocnění vyvolaná nízkou teplotou. *Zahradnictví*. 2013, sv. 10, s. 60–69. ISSN 1213-7596.
4. GOLIÁŠ, J. Ethenentfernung aus der Lagerluft bei Lagergemüse und Lagerobst. *Arch. Gartenbau*. 1987, sv. 35, s. 207–215.
5. GOLIÁŠ, J. Ethylene production and non-volatiles evaluation during ripening. *Horticultural Science*. 1998, sv. 25, č. 4, s. 1–5. ISSN 0862-867X.
6. GOLIÁŠ, J. – LEBEDA, A. Mechanicko-fyzikální vlastnosti a látkové složení během ontogenetického vývoje plodů rajčat. II. Vliv doby sklizně na pevnost plodů, sílu slupky a specifickou hmotnost. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*. 1976, sv. 24, s. 227–238. ISSN 1211-8516.

Datum zadání diplomové práce: prosinec 2014

Termín odevzdání diplomové práce: květen 2016

L. S.


Bc. Michal Němec
Autor práce


doc. Ing. Josef Balík, Ph.D.
Vedoucí ústavu




prof. Ing. Jan Goliáš, DrSc.
Vedoucí práce


doc. Ing. Robert Pakluda, Ph.D.
Děkan ZF MENDELU

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto práci: *Dozrávání rajčat z pozdních sběrů* vypracoval samostatně a veškeré použité prameny a informace jsou uvedeny v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou *Směrnici o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací*.

Jsem si vědom, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity o tom, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Lednici dne:

.....

podpis

Poděkování

Chtěl bych poděkovat vedoucímu práce prof. Ing. Janu Goliášovi DrSc. za odborné vedení, cenné rady a ochotu mi pomáhat při tvorbě mé diplomové práce. Dále bych chtěl poděkovat své rodině za pomoc a podporu při studiu.

OBSAH

1 ÚVOD.....	11
2 CÍL PRÁCE.....	13
3 LITERÁRNÍ PŘEHLED.....	14
3.1 CHARAKTERISTIKA A VYUŽITÍ PLODOVÉ ZELENINY.....	14
3.1.1 ROZŠÍŘENÍ PLODOVÉ ZELENINY V ČR A VE SVĚTĚ.....	15
3.1.2 NÁROKY NA PĚSTOVÁNÍ PLODOVÉ ZELENINY	15
3.2 CHARAKTERISTIKA PLODU RAJČETE (<i>LYCOPERSICON ESCULENTUM MILL.</i>).....	16
3.2.1 PŮVOD A ROZŠÍŘENÍ RAJČAT	16
3.2.2 BOTANICKÁ CHARAKTERISTIKA RAJČAT.....	16
3.2.3 ROZDĚLENÍ RAJČAT PODLE PĚSTITELSKÝCH TECHNOLOGIÍ	17
3.2.4 KLIMATICKÉ A PĚSTITELSKÉ NÁROKY RAJČAT	18
3.2.5 TECHNOLOGIE PĚSTOVÁNÍ RAJČAT	20
3.3 LÁTKOVÉ SLOŽENÍ PLODŮ RAJČAT	20
3.3.1 ZASTOUPENÍ VODY V ZELENINĚ	21
3.3.2 OBSAH BÍLKOVIN V ZELENINĚ	21
3.3.3 OBSAH SACHARIDŮ V ZELENINĚ.....	21
3.3.4 VÝSKYT LIPIDŮ V ZELENINĚ	22
3.3.5 OBSAH VITAMINŮ V ZELENINĚ	22
3.3.6 ZASTOUPENÍ MINERÁLNÍCH LÁTEK V ZELENINĚ	22
3.3.7 OBSAH ORGANICKÝCH KYSELIN V ZELENINĚ.....	23
3.3.8 OBSAH VLÁKNINY V ZELENINĚ.....	23
3.3.9 PŘÍTOMNOST BARVIV V ZELENINĚ.....	24
3.3.10 VZNIK AROMATICKÝCH LÁTEK V ZELENINĚ.....	27
3.3.11 PŘÍTOMNOST GLYKOALKALOIDŮ V ZELENINĚ.....	27
3.4 VÝZNAMNÉ LÁTKOVÉ SLOŽKY PLODOVÉ ZELENINY A JEJICH ZMĚNY BĚHEM ZRÁNÍ	28
3.5 ZMĚNY MECHANICKÝCH A FYZIKÁLNÍCH VLASTNOSTÍ BĚHEM ZRÁNÍ PLODŮ	31
3.6 OBECNÁ CHARAKTERISTIKA ETYLENU, VÝZNAM A PRODUKCE.....	32
3.6.1 ÚLOHA ETYLENU NA LÁTKOVÉ SLOŽKY A JEHO VYUŽITÍ.....	33
3.7 TECHNOLOGIE A DOPAD NA DOZRÁVÁNÍ PLODŮ	33
3.8 SKLIZEŇ A TŘÍDĚNÍ PLODŮ RAJČAT.....	34
3.9 CHOROBY A ŠKŮDCI RAJČAT.....	35
3.9.1 HOUBOVÉ CHOROBY.....	35
3.9.2 VIROVÉ CHOROBY	36
3.9.3 ŠKŮDCI	37
3.9.4 FYZIOLOGICKÉ PORUCHY	37
3.10 SKLADOVÁNÍ PLODOVÉ ZELENINY	38
3.10.1 FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ ZRÁNÍ RAJČAT PO SKLIZNI	38
3.10.2 CHLADÍRENSKÉ KOMORY	41
3.10.3 SKLADOVÁNÍ V ŘÍZENÉ ATMOSFÉŘE	41
3.10.4 SKLADOVÁNÍ V ULTRA LOW OXYGEN.....	42
3.10.5 OŠETŘENÍ POMOCÍ SYSTÉMU SMARTFRESH	42
3.10.6 FAN (FLUCTUATING ANAEROBIOSE) A BAN (BOARDING ANAEROBIOSE).....	43

3.10.7 SKLADOVÁNÍ RAJČAT	43
4 MATERIÁL A METODY	45
4.1 ODBĚR ROSTLINNÉHO MATERIÁLU	45
4.1.1 POPIS ODRŮD POUŽITÝCH K ROZBORU	45
4.2 METODIKA	45
4.2.1 OŠETŘENÍ PLODŮ RAJČAT EXOGENNÍM ETYLENEM.....	46
4.2.2 VIZUÁLNÍ POSOUZENÍ BAREVNOSTI PLODŮ RAJČAT.....	47
4.2.3 VELIKOSTNÍ PARAMETRY PLODŮ RAJČAT	47
4.2.4 HMOTNOST PLODŮ RAJČAT	47
4.2.5 PENETROMETRICKÁ PEVNOST PLODŮ RAJČAT.....	47
4.2.6 STANOVENÍ ROZPUSTNÉ SUŠINY REFRAKTOMETRICKY.....	47
4.2.7 STANOVENÍ OBSAHU TITRAČNÍCH KYSELIN	48
4.2.8 STATISTICKÉ VYHODNOCENÍ.....	48
5 VÝSLEDKY A DISKUSE	49
5.1 BAREVNÉ ZMĚNY PLODŮ RAJČAT	49
5.2 VELIKOST PLODŮ RAJČAT PŘI OŠETŘENÍ ETYLENEM	51
5.3 ZMĚNY HMOTNOSTI PLODŮ RAJČAT	52
5.4 ZMĚNY PENETROMETRICKÉ PEVNOSTI PLODŮ RAJČAT.....	57
5.5 ZMĚNY OBSAHU ROZPUSTNÉ SUŠINY STANOVENÉ REFRAKTOMETRICKY	61
5.6 ZMĚNY OBSAHU TITRAČNÍCH KYSELIN	66
6 ZÁVĚR.....	71
7 SOUHRN A RESUME, KLÍČOVÁ SLOVA.....	74
8 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	76

SEZNAM TABULEK, GRAFŮ, OBRÁZKŮ

Seznam tabulek

Tab. 1: Průměrné nutriční hodnoty plodu rajčete (PETŘÍKOVÁ, HLUŠEK, 2012; NOGOL, 2012; HLÚBIK, OPLTOVÁ, 2004; KOPEC, 1998; USDA, 2010)

Tab. 2: Obsah vitaminů skupiny B v plodu rajčete (VELÍŠEK, HAJŠLOVÁ, 2009; USDA, 2010)

Tab. 3: Obsah minerálních látek v plodu rajčete (KOPEC, 1998; VELÍŠEK, HAJŠLOVÁ, 2009; PETŘÍKOVÁ, HLUŠEK, 2012)

Tab. 4: Složení vlákniny zeleniny v % (VELÍŠEK, HAJŠLOVÁ, 2009)

Tab. 5: Množství rozpustné a nerozpustné vlákniny v plodu rajčete (VELÍŠEK, HAJŠLOVÁ, 2009)

Tab. 6: Složení a obsah hlavních karotenoidů v plodu rajčete (VELÍŠEK, HAJŠLOVÁ, 2009)

Tab. 7: Obsah tomatinu v rajčatech (VELÍŠEK, HAJŠLOVÁ, 2009)

Tab. 8: Hodnoty intenzity dýchání a výdeje tepla u plodů rajčat (GOLIÁŠ, 1996)

Tab. 9: Hodnocení barevnosti plodů rajčat podle stupně zralosti

Tab. 10: Změny velikosti plodů rajčat u dvou odrůd ('Expres', 'Premio') při ošetření exogenním etylenem o koncentraci 2 100 ppm

Tab. 11: Změny hmotnosti plodů rajčat u dvou odrůd ('Expres', 'Premio') při ošetření exogenním etylenem o koncentraci 2 100 ppm

Tab. 12: Změny hmotnosti plodů rajčat u dvou odrůd ('Expres', 'Premio') při ošetření exogenním etylenem o koncentraci 7 360 ppm

Tab. 13: Změny hmotnosti plodů rajčat u dvou odrůd ('Expres', 'Premio') při ošetření exogenním etylenem o koncentraci 2 200 ppm

Tab. 14: Změny penetrometrické pevnosti plodů rajčat u dvou odrůd ('Expres', 'Premio') při ošetření exogenním etylenem o koncentraci 2 100 ppm

Tab. 15: Změny penetrometrické pevnosti plodů rajčat u dvou odrůd ('Expres', 'Premio') při ošetření exogenním etylenem o koncentraci 7 360 ppm

Tab. 16: Změny penetrometrické pevnosti plodů rajčat u dvou odrůd ('Expres', 'Premio') při ošetření exogenním etylenem o koncentraci 2 200 ppm

Tab. 17: Změny obsahu rozpustné sušiny plodů rajčat u dvou odrůd ('Expres', 'Premio') při ošetření exogenním etylenem o koncentraci 2 100 ppm

Tab. 18: Změny obsahu rozpustné sušiny plodů rajčat u dvou odrůd ('Expres', 'Premio') při ošetření exogenním etylenem o koncentraci 7 360 ppm

Tab. 19: Změny obsahu rozpustné sušiny plodů rajčat u dvou odrůd ('Expres', 'Premio') při ošetření exogenním etylenem o koncentraci 2 200 ppm

Tab. 20: Změny obsahu titračních kyselin plodů rajčat u dvou odrůd ('Expres', 'Premio') při ošetření exogenním etylenem o koncentraci 2 100 ppm

Tab. 21: Změny obsahu titračních kyselin plodů rajčat u dvou odrůd ('Expres', 'Premio') při ošetření exogenním etylenem o koncentraci 7 360 ppm

Tab. 22: Změny obsahu titračních kyselin plodů rajčat u dvou odrůd ('Expres', 'Premio') při ošetření exogenním etylenem o koncentraci 2 200 ppm

Seznam grafů

Graf 1: Hodnocení barevnosti plodů rajčat u dvou odrůd ('Expres', 'Premio') podle stupně zralosti při ošetření exogenním etylenem o koncentraci 2 100 ppm

Graf 2: Hodnocení barevnosti plodů rajčat u dvou odrůd ('Expres', 'Premio') podle stupně zralosti při ošetření exogenním etylenem o koncentraci 7 360 ppm

Graf 3: Hodnocení barevnosti plodů rajčat u dvou odrůd ('Expres', 'Premio') podle stupně zralosti při ošetření exogenním etylenem o koncentraci 2 200 ppm

Graf 4: Změny hmotnosti plodů rajčat u odrůdy 'Expres' při ošetření exogenním etylenem o třech koncentracích

Graf 5: Změny hmotnosti plodů rajčat u odrůdy 'Premio' při ošetření exogenním etylenem o třech koncentracích

Graf 6: Změny penetrometrické pevnosti plodů rajčat u odrůdy 'Expres' při ošetření exogenním etylenem o třech koncentracích

Graf 7: Změny penetrometrické pevnosti plodů rajčat u odrůdy 'Premio' při ošetření exogenním etylenem o třech koncentracích

Graf 8: Změny obsahu rozpustné sušiny plodů rajčat u odrůdy 'Expres' při ošetření exogenním etylenem o třech koncentracích

Graf 9: Změny obsahu rozpustné sušiny plodů rajčat u odrůdy 'Premio' při ošetření exogenním etylenem o třech koncentracích

Graf 10: Změny obsahu veškerých kyselin plodů rajčat u odrůdy 'Expres' při ošetření exogenním etylenem o třech koncentracích

Graf 11: Změny obsahu veškerých kyselin plodů rajčat u odrůdy 'Premio' při ošetření exogenním etylenem o třech koncentracích

1 ÚVOD

Plodová zelenina patří k nejoblíbenějším druhům zeleniny ve světě. Je významná z hlediska spotřeby v čerstvém stavu, ale také jako konzervářská surovina. Nejžádanější plodovou zeleninou jsou rajčata, která mají mnohostranné využití a jsou cenná z hlediska zdraví prospěšných látek. Plody rajčat zabezpečují velkou část potřebných minerálů, především draslíku a také obsahují mnoho antioxidantů. Obsahují mimořádně významné množství vitamínu C, provitaminu A, cukrů, organických barviv, kyselin a aromatických látek. Zbarvení rajčat ovlivňují karotenoidy, zejména lykopen, který se vyznačuje antioxidantními účinky. Mezi významné látkové složky, které ovlivňují zrání rajčat a jejich změny se řadí titrační kyseliny, refraktometrická sušina, pevnost plodu, měrná hmotnost, látky polysacharidové povahy, látky glycidové povahy, organické kyseliny a karotenoidní barviva.

V průběhu zrání plodů se vyskytuje přirozeně etylen jako rostlinný hormon, který ovlivňuje růst, vývoj a posklizňovou údržnost. Etylen má v praxi velké využití, slouží především k urychlení dozrávání plodin, také napomáhá nebo zpomaluje kvetení a podporuje syntézu barviv u rajčat. Během dozrávání plodů rajčat se uplatňují soubory dějů ovlivňující chemické složení, ale také mechanické a fyzikální vlastnosti, mezi které se řadí velikost, pevnost, tvar, textura a měrná hmotnost. Zrání plodů může být také vyvoláno technikou řízeného zrání. Řízené zrání je založeno na kombinovaném účinku tepla a ovzduší přesyceného kyslíkem se záměrným přídavkem etylenu nebo vzduchová atmosféra s řízenou hladinou etylenu.

Pro udržení vysoké kvality plodů rajčat je důležité je sklízet ve správné sklizňové zralosti. Sklizeň je jedním z nejobtížnějších procesů v technologii pěstování. Opožděné sklizně znamenají ztráty praskáním plodů i poškozením mrazy.

Po sklizni, tedy v průběhu skladování může délku a údržnost skladovaných produktů ovlivnit celá řada faktorů, mezi které patří především teplota, relativní vlhkost vzduchu, intenzita dýchání, složení vzduchu v chladírenské komoře, etylen a doba sklizně. Pro uchování plodů rajčat se využívají různé skladovací technologie, mezi které patří zejména chladírenské komory, řízená atmosféra, ultra low oxygen, SmartFreshSM, FAN (fluctuating anaerobiose) a BAN (boarding anaerobiose). Cílem posklizňového skladování rajčat z pozdních sběrů, které běžně zůstávají nesklizeny proto, že za

běžných podmínek na poli, kdy se střídají vysoké a nízké teploty, nemají schopnost přirozeného dozrávání, a proto se u zelených plodů rajčat využívá účinku exogenního etylenu a vlivu teploty v prostorách skladování.

2 CÍL PRÁCE

Cílem diplomové práce bylo na základě prostudované literatury popsat procesy zrání plodové zeleniny a jejich ovlivňující faktory na změny látkových složek a zvýraznit úlohu účinku exogenního etylenu.

V experimentální části bylo cílem založit pokus se dvěma odrůdami rajčat, které byly sklizeny v období, kdy plody ukončují svůj růstový cyklus a jsou jako poslední plody v období končící sklizně a vizuálně jsou zřetelně nezralé. Na těchto plodech uplatnit vnější účinky exogenního etylenu na povzbuzení dozrávacího cyklu, které byly uplatněny ve třech koncentracích. Jako druhý podpůrný fyziologický účinek pro dozrávání plodů se po sklizni uplatnila teplota 20 °C.

Dozrávání bylo hodnoceno látkovými složkami jako je rozpustná sušina, penetrometrická pevnost, povrchová barva plodů a hladina organických kyselin měřená jako titrační kyselost. Ostatní parametry se týkaly fyzikálních vlastností, jako jsou velikost a hmotnost plodů.

3 LITERÁRNÍ PŘEHLED

3.1 Charakteristika a využití plodové zeleniny

Plodová zelenina představuje skupinu zelenin z pěstitelského hlediska náročnou na klimatické podmínky, avšak patří celkově k nejoblíbenějším druhům zeleniny ve světě. Pěstuje se pro plody, které jsou sklizeny v nedozrálém stavu, nebo ve stavu již plně vyzrálém. Nejčastěji se konzumuje syrová, upravuje se také tepelně nebo se konzervárensky a z části i mrazírensky zpracovává. Při tepelné úpravě je však nutno počítat s úbytkem minerálních látek a vitamínů. Zelenina zabezpečuje velkou část potřebných minerálií, obsahuje mnoho antioxidantů. Některé druhy obsahují mimořádně významné množství vitamínu C, provitaminu A, cukrů, organických barviv, kyselin a aromatických látek. Jelikož se většina plodů zeleniny konzumuje v syrovém, čerstvém stavu, zůstává tak v plodové zelenině vysoká biologická hodnota. Lze ji konzumovat ve velkém množství. Obsahuje také nejméně dusičnanů ze všech zelenin, v lidské potravě tolik nežádoucích. Ve světové produkci se na první místo z tržního hlediska řadí rajčata a okurky (PETŘÍKOVÁ, MALÝ, 2003; PEKÁRKOVÁ 2002; POKLUDA 2009; PETŘÍKOVÁ, HLUŠEK a kol. 2012).

Hlavní pěstované druhy plodové zeleniny:

- Rajčata (*Lycopersicon esculentum* MILL.) – čeleď lilkovité (*Solanaceae*)
- Paprika zeleninová (*Capsicum annuum* L.) – čeleď lilkovité (*Solanaceae*)
- Okurka (*Cucumis sativus* L.) – čeleď tykvovité (*Cucurbitaceae*)
- Ačokča (*Cyclanthera pedata* L.) – čeleď tykvovité (*Cucurbitaceae*)
- Lilek Jedlý (*Solanum melongena* L.) – čeleď lilkovité (*Solanaceae*)
- Meloun cukrový (*Cucumis melo* L.) – čeleď tykvovité (*Cucurbitaceae*)
- Meloun vodní (*Citrullus lanatus* M. et N.) – čeleď tykvovité (*Cucurbitaceae*)
- Mochyně (*Physalis alkekengi* L.) – čeleď lilkovité (*Solanaceae*)
- Tykve (*Cucurbita* L.) – čeleď tykvovité
- Kukuřice cukrová (*Zea mays* L. conv. *Saccharata* Koern.) – čeleď lipnicovité (*Poaceae*)
- Kukuřice pukancová (*Zea mays* L. conv. *microsperma* Koern.) – čeleď lipnicovité (*Poaceae*) (*Cucurbitaceae*) (PRUGAR a kol., 2008; KOPEC 1998)

3.1.1 Rozšíření plodové zeleniny v ČR a ve světě

Plodová zelenina pochází z tropických a subtropických krajín. Dnes je již rozšířená ve všech zemích světa. Ze všech zeleninových druhů představuje 35 % světové produkce. V ČR je plodová zelenina spotřebitelsky i obchodně jednou z nejzajímavějších skupin zelenin a její spotřeba stále roste. Největší zájem z plodové zeleniny je o čerstvá rajčata, která jsou ve světové produkci na prvním místě (PEKÁRKOVÁ, 2001; PETŘÍKOVÁ, HLUŠEK, 2012; ROP a kol. 2005).

Pro plodovou zeleninu se rok 2011 stal z pěstitelského hlediska nejlepším za posledních 10 let. K největšímu nárůstu došlo z plodové zeleniny u rajčat.

Rok 2012 pro ČR lze z hlediska produkce plodové zeleniny hodnotit jako průměrný až podprůměrný.

Celková pěstební plocha i výměry jednotlivých druhů pěstovaných v krytých plochách jsou ve srovnání s rokem 2014 beze změn a dosahují 50 ha, rajčata se pěstují na 21 ha (BUCHTOVÁ, 2015).

3.1.2 Nároky na pěstování plodové zeleniny

Plodová zelenina je náročná na vodu. Prakticky všechny druhy mají po výsadbě vysoké požadavky, největší potřebu mají v průběhu nasazování plodů. Z toho vyplývá, že nutnost závlahy je nejméně po polovinu vegetační doby. Nejvhodnějším způsobem závlahy je kapková, která je z hlediska spotřeby vody dobře kombinovatelná s přihnojováním. Je nutno zajistit, aby závlahová voda nebyla příliš studená, jinak trpí kořeny rostlin a dochází ke zpomalení růstu. Půda se musí zvlhčit už před výsevem (POKLUDA, 2009; PETŘÍKOVÁ, HLUŠEK, 2012).

Ve vztahu k výživě a hnojení má plodová zelenina vysoké nároky na klimatické podmínky a kvalitu půdy, obsah humusu a živin. Všechny druhy plodové zeleniny vyžadují dobře zásobené půdy humusem a musí být dostatečně provzdušněné.

Plodová zelenina se zařazuje do 1. trati s hnojením statkovými hnojivy, kompostem nebo zeleným hnojením, které se doplňuje minerálními hnojivy. Hnojení zeleniny vyžaduje rozdílný přístup podle náročnosti jednotlivých druhů a celkové doby pěstování (PETŘÍKOVÁ, HLUŠEK, 2012).

3.2 Charakteristika plodu rajčete (*Lycopersicon esculentum* MILL.)

3.2.1 Původ a rozšíření rajčat

Rajčata (*Lycopersicon esculentum* MILL.) pochází z horských oblastí peruánských And, kde plody používali Indiáni jako potravu již v 5. stol. před našim letopočtem. Z původně drobných třešňovitých plodů vyšlechtili větší a dali jim aztécké jméno „tomatle“. Do Evropy rajčata dovezl Kolumbus ze své druhé cesty do Ameriky. První se dostala do Španělska, kde se již v 16. století využívala jako zelenina. V ostatních částech Evropy se zpočátku pěstovala jako okrasné rostliny, přičemž plody se považovaly za jedovaté. Jako zelenina se začala pěstovat až v polovině 18. století (PETŘÍKOVÁ, MALÝ, 1998; PETŘÍKOVÁ a kol., 2006; PETŘÍKOVÁ, HLUŠEK, 2012).

3.2.2 Botanická charakteristika rajčat

Rajče je jednoletá rostlina z čeledi *Solanaceae* (lilkovité). Rajče patří k rostlinám s bohatým kořenovým systémem. Při pěstování z přímého výsevu dosahují kořeny do hloubky 100 cm i více, u rostlin přesazovaných se kořenový systém vyvíjí převážně horizontálně. Na hypokotylu i na stonku se snadno vytvářejí adventivní kořeny.

Stonk u mladých rostlin je zpočátku bylinný, později dřevnatí. Na povrchu stonku, ale i listů jsou žláznaté trichomy, které vylučují látku na vzduchu tuhnoucí, dávající rostlinám typický zápach. Růst hlavního stonku může být neomezený – indeterminantní (tyčkové) odrůdy, nebo ukončený květenstvím – determinantní (keříčkové) odrůdy.

Listy jsou peřenodílné, rozdělené hlubokými výřezy na jednotlivé páry. Podle členitosti okraje listové čepele se rozlišují tři typy listů: pravý rajčatový, bramborový a typ mikádo. Listy obsahují steroidní alkaloid tomatin. Za každým druhým až třetím listem se tvoří jednoduchý nebo složený vijan, v závislosti na odrůdě. Délka internodií mezi jednotlivými listy je závislá na odrůdě. V úžlabí listů se vytvářejí boční výhony.

Květenství u rajčat představuje jednoduchý nebo složitý vijan. Květ je pětičetný až vícečetný, se žlutými korunními plátky, kališní lístky jsou špičaté. Tyčinky nemají nitku nebo je silně zkrácená, prašníky jsou dvoudílné a kuželovitě srostlé okolo pestíku. Štěrbínou se otevírají dovnitř, takže pyl vypadává na kulovitou bliznu položenou níže.

Plodem rajčat jsou dvou až vícekomorové dužnaté bobule různých velikostí, kulovitého nebo protáhlého tvaru, různého zbarvení. Barva nezralých plodů může být v závislosti na odrůdě různě intenzivně zelená se žiháním nebo bez něj. Plody bez tmavšího zbarvení v okolí kalichu při dozrávání lépe vybarvují, tj. netvoří v okolí kalichu světlejší pruh. Oranžová barva plodu je výsledkem vzestupu karotenu, červená barva je výsledkem vzestupu lykopenu. Při dozrávání plodu se také odbourává nežádoucí alkaloid solanin. K praskání plodů dochází při přezrání nebo při nadměrných srážkách.

Semena jsou umístěna ve slizovité hmotě na placentě, u většiny odrůd jsou pokryta chloupky. HTS je 2,5 – 3,5 g, min. klíčivost 80 %, čistota 97 % (PETŘÍKOVÁ, MALÝ, 1998; PETŘÍKOVÁ a kol., 2006; PETŘÍKOVÁ, HLUŠEK, 2012; VALŠÍKOVÁ, 1987).

3.2.3 Rozdělení rajčat podle pěstitelských technologií

Determinantní (keříčková) – ta se dále dělí na odrůdy určené k přímému konzumu, které se sklízí ručně. A odrůdy určené pro průmyslové zpracování, sklizené mechanicky. Nízké determinantní odrůdy jsou sklizeny v plné zralosti i jednorázově. U keříčkových odrůd je kladen důraz především na odolnost vůči praskání a pevnosti plodů, ale také aby se plody dobře oddělovaly od kalichu při sklizni a měly vysoký obsah refraktometrické sušiny. Mezi keříčkové odrůdy se řadí např. Darinka F₁, Diana, Oranže, Pavlína, Šejk, Tumbling Tom Red.

Indeterminantní (tyčková) – ta se dále dělí na odrůdy, které jsou určené k polnímu pěstování a odrůdy určené k rychlení. Sklizně vysokých indeterminantních odrůd jsou náročnější, sklízí se postupně tak, jak dozrávají. Tyčková rajčata se vyznačují odolností vůči praskání a rychlému měknutí plodů. Z velké části jsou rezistentní vůči houbovým chorobám a také dobře snášejí transport. Mezi tyčkové odrůdy se řadí např. Bejbino F₁, Parto F₁, Romus, Start S F₁, Torino F₁, Toro F₁, Vilma (PETŘÍKOVÁ, MALÝ, 2003, POKLUDA 2009; PETŘÍKOVÁ, MALÝ, 1998; MELICHAR a kol., 1997).

Ve Státní odrůdové knize bylo pro rok 2011 zapsáno 32 odrůd keříčkových a 43 odrůd tyčkových rajčat (PETŘÍKOVÁ, HLUŠEK, 2012).

3.2.4 Klimatické a pěstitelské nároky rajčat

Nároky na stanoviště

Rajčata patří k teplomilným zeleninám. Jsou náročné na teplo a slunce, první mrazíky rostliny ničí. Pro pěstování jsou optimální teploty 20 – 28 °C. Pro klíčení semen je minimální teplota 9 °C, pro růst rostlin 10 °C. Při teplotách pod 15 °C dochází k poruchám ve vývoji květů. Poruchy růstu nastávají i při teplotách nad 30 °C. Při teplotě vyšší než 16 °C se tvoří červené barvivo lykopen a jeho tvorba přestává při teplotě nad 35 °C.

Půda musí být dobře zásobená živinami a organickými látkami, s neutrální reakcí. Nejvhodnější jsou pro pěstování záhřevné, humózní, hlinitopísčité až písčitohlinité půdy s pH 5,5 – 7. Nevhodné jsou půdy zamokřené, těžké nebo půdy extrémně lehké.

Teplota půdy při pěstování sadby rajčete by se měla při vzcházení pohybovat v rozmezí 24 – 25 °C. Do vytvoření děložních lístků 18 °C, při dopěstování ve dne 18 – 21 °C, v noci 16 – 18 °C. Otužení před výsadbou ve dne 17 °C a v noci 16 °C.

Rajčata vyžadují dostatek vláhy. Orientační závlahové množství je u rajčat 210 mm. Závlaha je nutná především u rajčat tyčkových, u nichž je vysoká intenzita pěstování. Jelikož rostliny mají velkou schopnost vytvářet ze stonku adventivní kořeny, jsou ve srovnání s paprikou nebo lilkem odolnější vůči suchu. S nedostatkem vláhy se lépe vyrovnávají rostliny z přímého výsevu než rostliny vysazované, jejichž kořenová soustava nedosahuje takové hloubky jako přímo vysévaných (PETŘÍKOVÁ, MALÝ, 1998; PETŘÍKOVÁ a kol., 2006; POKLUDA 2009; PETŘÍKOVÁ, HLUŠEK, 2012).

Zpracování půdy

Základní zpracování půdy se skládá z podmítky, zaorání chlévského hnoje střední orbou a z hluboké orby. Těžištěm podzimní přípravy půdy je hluboká orba, která musí být kvalitní, protože na ní závisí fyzikální vlastnosti půdy. Jarní příprava půdy se skládá z urovnání a prokypření povrchu, případně ze záhonování (PETŘÍKOVÁ, MALÝ, 1998; PETŘÍKOVÁ, HLUŠEK, 2012).

Zařazení do osevního postupu

V osevním postupu se zařazují rajčata po sobě v čtyřletém odstupu. Rajčata nemají zvláštní nároky na předplodinu. Nevhodné jsou druhy z čeledi *Solanaceae*

(brambory, papriky, rajčata, lilek), které se zařazují až za 4 – 5 let. Vhodné předplodiny jsou obiloviny, jeteloviny, okopaniny, luskoviny, případně zeleniny – košťáloviny a kořenoviny. Plodiny se musejí střídát, aby se zabránilo šíření škůdců a chorob (PETŘÍKOVÁ, MALÝ, 1998; PETŘÍKOVÁ a kol., 2006; BIGGS, 1997).

Výživa a hnojení

Rajčata mají střední nároky na výživu. Dobře reagují na hnojení statkovým hnojivem, takže se zařazují do 1. tratě, po hnojených okopaninách do 2. tratě. Dávka hnojiva se pohybuje od 40 do 50 t. Rajčata jsou citlivá na čerstvé vápnění, na něž reagují žloutnutím listů. Jsou také citlivá na vyšší koncentrace solí a chloridů. Potřeba dusíku je zpočátku poměrně nízká, asi $80 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ a narůstá k maximum v době, kdy první plody dosahují velikosti vlašského ořechu. V tomto stadiu je vhodné přihnojení dávkou 50 – 60 kg dusíku na ha. Odběr fosforu závisí na jeho zásobě v půdě i na půdní teplotě. Při jejím poklesu pod $14 \text{ }^\circ\text{C}$ klesá odběr fosforu, což lze pozorovat podle antokyanového zbarvení na spodní straně listu. Vedle dobrého zásobení rajčat fosforem je důležité i optimální zásobení půdy hořčíkem, jenž je významnou živinou pro vývoj a růst rajčat. Draslík má příznivý vliv na velikost plodů a je potřebné jej dodávat v síranové formě (PETŘÍKOVÁ, MALÝ, 1998; PETŘÍKOVÁ a kol., 2006; PETŘÍKOVÁ, HLUŠEK, 2012).

Pěstování

Keříčková rajčata pro průmyslové zpracování se pěstují z přímého výsevu a částečně i z předpěstované sadby, kvůli snížení rizika sklizně při deštivém počasí v září. Vysévá se v době, kdy teplota půdy v hloubce 50 mm dosáhne $14 \text{ }^\circ\text{C}$ po dobu tří dnů. Obvykle je to v době mezi 10. až 25. dubnem. Tyčková rajčata se zakládají z předpěstované sadby, osivo se seje do větších sadbovačů. Sazenice se vysazují ve druhé polovině května do sponu $100 \times 70 \text{ cm}$. Vytažená sadba se může usadit hlouběji, koření dobře i ze stonku. V závěru srpna se zakracuje hlavní výhon, aby zbývající plody dozrály. Při pěstování keříčkových rajčat postačí přímý výsev na záhony od konce dubna. V takovém případě je spon užší. Je nutno se vyvarovat závlahy postřikem, která může vést k šíření plísně bramborové (POKLUDA, 2009; PETŘÍKOVÁ, HLUŠEK 2012).

Rajčata se množí převážně generativně, i když vzhledem k snadné tvorbě adventivních kořenů je možné také vegetativní množení zakořeňováním postranních

řízků. Přesto se tento způsob v praxi příliš nerozšířil, protože porost z takto získaných sazenic je značně nehomogenní (PETŘÍKOVÁ, MALÝ, 2003).

3.2.5 Technologie pěstování rajčat

- Pěstování keříčkových odrůd pro přímý konzum (sklízají se ručně, pěstují se z předpěstované sadby).
- Pěstování keříčkových odrůd pro průmyslové zpracování (sklizeň je mechanizovaná, pěstují se převážně z přímého výsevu).
- Pěstování tyčkových odrůd k přímému konzumu (stolní odrůdy – sklizeň je ruční, pěstují se z předpěstované sadby. Předpěstování rajčatové sadby se provádí ve sklenících, fóliových krytech nebo v pařeništích z výsevu od poloviny března) (PETŘÍKOVÁ, MALÝ, 1998; PETŘÍKOVÁ a kol., 2006; PETŘÍKOVÁ, HLUŠEK, 2012).

3.3 Látkové složení plodů rajčat

Plody rajčat obsahují velké množství vitamínů C, B, PP, provitamínu A, dále mají vysoký obsah cukrů a mnoho minerálních látek. Plody obsahují v průměru 5 – 6 % sušiny, 3 – 4 % rozpustných cukrů, 0,5 % organických kyselin (především kyselinu citronovou a jablečnou), 0,84 % vlákniny, 0,13 % pektinových látek, 0,95 % bílkovin, 0,2 % hrubého tuku a 0,6 % minerálních látek. Z minerálií obsahují hlavně vápník, železo, fosfor a draslík. Rajčata obsahují 20 – 80 mg na 100 g vitamínu C, 1,5 mg karotenu a další vitamíny. V nezralých plodech je 0,3 % solaninu, který se ve zralých plodech nevyskytuje (PETŘÍKOVÁ, MALÝ, 1998; ROP a kol. 2005; DOLEJŠÍ, 1982).

Podle Velíška a Hajšlové (2009) je obsah dusičnanů v plodu rajčete maximálně 136 mg.kg⁻¹. Hlavní lignany vyskytující se v plodu rajčete jsou pinoresinol (1,4 μg.kg⁻¹) lariciresinol (4,2 μg.kg⁻¹) a secoisolariciresinol (0,2 μg.kg⁻¹). V plodech se dále vyskytují biogenní aminy a polyaminy, které zastupuje serotonin (12 mg.kg⁻¹), putrescin (10 mg.kg⁻¹), tyramin (0 – 1200 mg.kg⁻¹), tryptamin (4 mg.kg⁻¹) a jako stopové prvky histamin, spermidin a spermin (VELÍŠEK, HAJŠLOVÁ, 2009; PETŘÍKOVÁ, 1996).

Tab. 1: Průměrné nutriční hodnoty plodu rajčete (PETŘÍKOVÁ, HLUŠEK, 2012; NOGOL, 2012; HLÚBIK, OPLTOVÁ, 2004; KOPEC, 1998; USDA, 2010)

Plodina/složka (%)	Sušina	Vláknina	Sacharidy	Bílkoviny	Tuky	Popeloviny
Rajče	4,6 – 6,6	1,2 – 1,4	2,53 – 2,63	0,88 – 0,90	0,20 – 0,33	0,50 – 0,63
Plodina/vit. (mg.kg ⁻¹)	A	B1	B2	B6	C	E
Rajče	3,59 – 5,04	0,37 – 0,92	0,19 – 0,76	0,80 – 1	137 – 224	5,4 – 12,2
Plodina/min.l. (mg.kg ⁻¹)	Ca	Fe	Na	Mg	P	K
Rajče	100 – 260	2,7 – 12	50 – 63	110 – 200	240 – 260	2370 – 2970

3.3.1 Zastoupení vody v zelenině

Voda je u rajčat zastoupena v množství okolo 93 %, je obsažena především v plodech. Procentuální podíl vody je dán druhem, odrůdou a zralostí. Voda obsahuje veškeré rozpustné výživové složky. Jejím hlavním úkolem je transport živin z půdy až do plodu a také je nezbytná při transportu látek, které vznikly při fotosyntéze.

3.3.2 Obsah bílkovin v zelenině

Bílkoviny jsou základními stavebními jednotkami všech částí rostlin. Základní jednotkou pro tvorbu bílkovin jsou aminokyseliny. Velké množství zeleniny obsahuje více jak 5 % rostlinných bílkovin. Rajčata jich obsahují jen 0,95 %.

3.3.3 Obsah sacharidů v zelenině

V rostlinách se sacharidy nachází v různém množství. Jejich obsah se mění podle druhu a především podle stupně zralosti plodu. Nejjednoduššími cukry jsou monosacharidy – glukóza (1,25 %) a fruktóza (1,37 %).

3.3.4 Výskyt lipidů v zelenině

Lipidy jsou důležitou složkou lidské potravy. V rajčatech se vyskytují jen v malém množství. Jejich funkce je energetická, zásobní a stavební. Jsou rozpouštědly vitamínů.

3.3.5 Obsah vitaminů v zelenině

Obsah vitaminů je ovlivněn hlavně klimatickými podmínkami. Při konzervaci a zpracování se obsah vitaminů snižuje, především těch, které jsou ve vodě rozpustné. Stopy těžkých kovů podporují oxidaci vitamínu C. Tento vitamin patří mezi nejdůležitější rostlinné vitamíny. Rajčata obsahují stabilizující látky, jejichž ochranné působení se může eliminovat působením enzymů. Rajčata obsahují vitamíny A, C, B1, B2, B6, PP, E, K (PELEŠKA, 2008; DUFFEK, 1998; VELÍŠEK, HAJŠLOVÁ, 2009; INGR, 2007).

Tab. 2: Obsah vitaminů skupiny B v plodu rajčete (VELÍŠEK, HAJŠLOVÁ, 2009; USDA, 2010)

Potravina	Obsah v mg.kg ⁻¹ jedlého podílu						
	Thiamin	Riboflavin	Niacin	Pyridoxin	Pantothenová kyselina	Biotin	Folacin
Rajčata	0,6 – 0,78	0,3 – 0,4	5,57 – 7,0	1,3 – 1,6	3,0 – 4,0	0,02 – 0,04	0,06 – 0,30

3.3.6 Zastoupení minerálních látek v zelenině

Minerální látky se uvádějí také pod názvem popeloviny. Rostliny přijímají minerální látky do svých pletiv z půdy prostřednictvím kořenů a pak je v sobě hromadí. Obsah minerálních látek z celkové hmotnosti rostlin dosahuje podílu od 3 do 10 %. Podle obsahu v pletivech a potřebnosti pro rostliny se minerální látky dělí na makroelementy, mikroelementy a ultramikroelementy (PELEŠKA, 2008).

Rajčata jsou nutričně hodnotnou potravinou především pro svůj obsah minerálních látek (zejména draslíku, fosforu, vápníku a hořčíku) (KOPEC, 2010).

Tab. 3: Obsah minerálních látek v plodu rajčete (KOPEC, 1998; VELÍŠEK, HAJŠLOVÁ, 2009; PETŘÍKOVÁ, HLUŠEK, 2012)

Majoritní minerální prvek	Obsah v mg.kg ⁻¹	Minoritní minerální prvek	Obsah v mg.kg ⁻¹	Minoritní minerální prvek	Obsah v mg.kg ⁻¹
K	2370 – 2970	Cu	0,4 – 1,0	Cd	0,002 – 0,05
Ca	100 – 260	Mn	0,7 – 1,6	Hg	0,0001 – 0,008
Mg	110 – 200	Ni	0,01 – 0,25	As	< 0,001 – 0,002
Na	50 – 63	Co	< 0,005	I	< 0,001
Cl	500 – 600	Mo	< 0,005 – 0,09	F	0,02 – 0,1
P	210 – 260	Cr	0,002 – 0,01	B	0,8 – 1,1
S	110 – 140	Pb	< 0,001 – 0,04	Si	< 2
		Fe	2,2 – 5,0	Zn	1,2 – 4,8

3.3.7 Obsah organických kyselin v zelenině

Běžnou složkou rajčat je kyselina šťavelová, která se pohybuje v rozmezí od 50 do 100 mg.kg⁻¹ (VELÍŠEK, HAJŠLOVÁ, 2009). Převažujícími kyselinami jsou kyselina citronová 8800 – 26300 mg.kg⁻¹ a kyselina jablečná 1350 – 4700 mg.kg⁻¹, další méně zastoupené jsou kyseliny Krebsova cyklu. Poměr kyseliny citronové a jablečné závisí na odrůdě a kolísá v rozsahu 0,55 – 0,11 (GOLIÁŠ, 1977).

U rajčat je kyselost vyšší, jejich pH se pohybuje okolo 4,3 (ROP a kol., 2005). Malé množství organických kyselin, jako jsou kyselina citronová, jablečná, vinná, jantarová, mléčná, mravenčí a oxalová dodávají spolu s cukry rajčatům příjemnou sladkokyselou chuť (VALŠÍKOVÁ, 1987).

3.3.8 Obsah vlákniny v zelenině

Vlákninu tvoří buničina spolu s ligninem, pektinem a jinými látkami. Všechny druhy zeleniny obsahují spolu s vodou velké množství vlákniny (PELEŠKA, 2008). Rajčata obsahují 0,84 % vlákniny (ROP a kol., 2005).

Tab. 4: Složení vlákniny zeleniny v % (VELÍŠEK, HAJŠLOVÁ, 2009)

Zdroj vlákniny	Necelulosové polysacharidy (%)		Celulosa (%)		Lignin (%)	
	rozsah	průměr	rozsah	průměr	rozsah	průměr
Zelenina	52 - 76	65,6	23 - 42	31,5	0 - 13	3,0

Tab. 5: Množství rozpustné a nerozpustné vlákniny v plodu rajčete (VELÍŠEK, HAJŠLOVÁ, 2009)

Potravina	Vláknina (% sušiny)		
	rozpustná	nerozpustná	celkem
Rajčata	0,8 – 3,5	3,2 – 12,8	6,7 – 13,6

3.3.9 Přítomnost barviv v zelenině

Chlorofyl

Chlorofylová barviva neboli chlorofyly jsou skupinou zelených barviv, která se nacházejí v pletivech zajišťujících fotosyntézu. Vyskytují se proto téměř u všech vyšších rostlin a také v některých bakteriích jako tzv. bakteriochlorofyly. Chlorofyl způsobuje zelené zbarvení listů a nezralých plodů. V potravinách se vyskytují hlavně chlorofyl *a* a chlorofyl *b* původem z vyšších rostlin. Přítomny jsou zhruba v poměru 3:1. Celkový obsah chlorofylů se v zelených částech rostlin velmi liší. V živých buňkách jsou chlorofyly lokalizovány v chloroplastech, kde je chlorofyl vázán na proteiny nebo lipoproteidy.

Hlavní a téměř jediné využití je jako potravinářské barvivo. Přítomností chlorofylů se vysvětluje výskyt některých stereoisomerů β -karotenu, jako jsou 13-cis- β -karoten a 9-cis- β -karoten vyskytujících se jako minoritní přirozené pigmenty v zelenině, zejména v zelených druzích a jsou přítomny v zelených pletivech rostlin, ve kterých probíhá fotosyntéza (VELÍŠEK, HAJŠLOVÁ, 2009; SOVJÁK a kol., 2002).

Karotenoidy

Karotenoidy jsou bezdušikátá barviva. Jsou provitaminem vitamínu A. Vyskytují se v zelených pletivech, kde doprovázejí chlorofyl a lykopen. Karotenoidy jsou značně rozšířené žluté a oranžové, výjimečně také žlutozelené a červené, převážně lipofilní pigmenty rostlin a mikroorganismů. Karotenoidy tvoří pigment červených rajčat. V rostlinách jsou karotenoidy, principiálně asociovány s chlorofyly v chromoplastech, resp. v chloroplastech. Dnes je známo přibližně 700 přirozeně se vyskytujících karotenoidních pigmentů. Z tohoto množství karotenoidních pigmentů vykazuje asi 50 sloučenin aktivitu vitamínu A, a proto se označují jako retinoly (VELÍŠEK, HAJŠLOVÁ, 2009; PETŘÍKOVÁ, HLUŠEK 2012; SOVJÁK a kol., 2002; HRABĚ a kol., 2006; ROP a kol., 2005).

Tab. 6: Složení a obsah hlavních karotenoidů v plodu rajčete (VELÍŠEK, HAJŠLOVÁ, 2009)

Karotenoidy	Obsah v mg.kg ⁻¹
Lykopen	16 - 750
Neurosporen	3,0
ζ-karoten	8,4
Fytofluen	5,1
Fytoen	6,0
β-karoten	2,8 - 5,8
γ-karoten	0,4 – 1,6
5,6-epoxylykopen	5,3
Lutein	0,4 – 1,3

V rajčatech je hlavním pigmentem lykopen, který však není provitaminem A. β-karotenu je poměrně málo (přibližně 6 mg.kg⁻¹). Dále je přítomen γ-karoten (1 mg.kg⁻¹). V oranžových odrůdách rajčat je vysoký obsah β-karotenu.

Při skladování a zpracování potravin dochází kombinovaným účinkem světla, tepla, kyslíku, hydroxoniových iontů a dalších faktorů k isomerii, oxidaci a degradaci β -karotenu a jiných provitaminů A, podobně je tomu i u retinolu (VELÍŠEK, HAJŠLOVÁ, 2009).

- Lykopen

V rajčatech je lykopen hlavním pigmentem, ve stádiu plně červeném tvoří lykopen 90 – 99 % všech barevných karotenoidů a 73 % všech karotenoidů (DUMAS et al., 2003).

β -karotenu je do 6 mg.kg^{-1} , a γ -karoten představuje přibližně 1 mg.kg^{-1} . Málo lykopenu a více β -karotenu (asi 80 mg.kg^{-1}) a γ -karotenu (asi 7 mg.kg^{-1}) obsahují některé hybridy rajčat oranžové barvy. Obsah lykopenu v průběhu zrání rajčat narůstá a konečný obsah bývá v rozmezí 30 – 200 mg.kg^{-1} (přibližně 95 % představuje *all-trans*-isomer) (VELÍŠEK, HAJŠLOVÁ, 2009).

Přítomnost lykopenu u rajčat podmiňuje antioxidační účinky, a tím i zdravotní význam. Průměrný obsah lykopenu je u rajčat skladovaných ve vyšších teplotách 1,8krát vyšší než u rajčat chlazených. Téměř polovina obsahu lykopenu je v plodech syntetizována ve stádiu plně vybarvených plodů. Počátek syntézy spadá do období v přechodu od zelené barvy k bílé až růžové. Pro biosyntézu lykopenu v plodech je klíčovým enzymem fytoen syntáza, který je během zrání aktivován a je výrazně ovlivňován teplotou prostředí. Množství lykopenu v rajčatech se pohybuje v rozmezí 15 – 56 mg.kg^{-1} . Technologický proces má pozitivní vliv na biologickou využitelnost lykopenu, přičemž tepelné opracování vede k uvolnění lykopenu. Tepelným opracováním syrových rajčat se zvyšuje množství *cis*-lykopenu, tento isomer se v těle biologicky lépe využívá (GOLIÁŠ, 1977; ROSA DE LA et al., 2010; TOOR, SAVAGE, 2005; DUMAS et al., 2003; KVASNIČKOVÁ, 2003).

Během výroby rajčatových výrobků dochází většinou k zahušťování, proto např. rajčatové pyré (133 mg.kg^{-1}), rajčatová šťáva (62 mg.kg^{-1}) nebo kečup (102 mg.kg^{-1}) obsahují vyšší koncentraci lykopenu než výchozí surovina (30 mg.kg^{-1}), ale také méně stabilní *cis*-isomery, jejichž obsah roste s teplotou a dobou záhřevu (isomeruje až 20 % původního *trans*-isomeru) (VELÍŠEK, HAJŠLOVÁ, 2009).

3.3.10 Vznik aromatických látek v zelenině

Aroma rajčat tvoří asi 400 různých sloučenin. Podle Kopce a Horčina (1997) se v rajčatech identifikovalo okolo 200 vonných látek, mezi kterými převládají karbonylové sloučeniny, kyseliny a estery. Pro aroma čerstvých zralých rajčat jsou důležitými složkami 2-isobutyl-thiazol, který je také nositelem typického aroma celé rostliny. Prekurzorem 2-isobutylthiazolu je 3-methylbutanal, který vzniká deaminací a dekarboxylací leucinu a 2-merkptoethylamin vznikající dekarboxylací cysteinu. Dále jsou důležitými složkami aroma C₆ aldehydy, (2E)-hex-2-enal, hexanal, (3Z)-hex-3-enal, které jsou produkty enzymové oxidace mastných kyselin, a také 3 - methylbutanal a 2-methylbutanal a odpovídající alkoholy, které vznikají z aminokyselin. Hlavní roli hrají také produkty oxidace karotenoidů, jako je např. nenasycený methylketon (5E)-6-methylhept-5-en-2-on, (3E)-6-methylhepta-3,5-dien-2-on a další (β-jonon, β-cyklocitral, 5,6-epoxy-β-jonon a β-damascenon). Důležitou aromatickou látkou je také 2,5-dimethyl-4-hydroxy-(2H)-furan-3-on (furanol) vyskytující se ve formě β-D-glukosidu (VELÍŠEK, HAJŠLOVÁ, 2009).

Aroma tepelně zpracovaných rajčat ovlivňuje hlavně přítomnost isovalerové (3-methylbutanové) kyseliny, methionalu, eugenolu, 3-methylbutanal, β-jononu, dimethylsulfidu a β-damascenonu, méně se uplatňují i další složky jako je linalool, 4-hydroxy-2,5-dimethyl-(2H)-furan-3-on a jeho homolog 4-hydroxy-5methyl-(2H)-furan-3-on (norfuranol). Na aroma protlaků má vliv přítomnost některých produktů Maillardovy reakce, např. 2-acetylpyrrolu, 2-formylpyrrolu, 2-formylpyrrolu a některých pyrazinů (VELÍŠEK, HAJŠLOVÁ, 2009).

3.3.11 Přítomnost glykoalkaloidů v zelenině

Tomatin

V rajčatech je α-tomatin prakticky jediným glykoalkaloidem. V malém množství jej doprovází také glykoalkaloidy obsahující jako cukerné složky produkty parciální hydrolýzy lykotetraosy (β₁-tomatin s trisacharidem vzniklým z lykotetraosy hydrolýzou xylosy, β₂-tomatin s trisacharidem bez glukosy, γ-tomatin s disacharidem bez xylosy i glukosy). Tomatin je přítomen ve všech částech rostliny, v nejvyšším množství se nachází v listech, květech a malých zelených plodech. Tvorba tomatinu v plodech je dočasná, během jejich zrání obsah tomatinu v plodech klesá z desítek, či stovek mg.kg⁻¹

u zelených rajčat. U červených, zralých plodů až na několik desetin či jednotek $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Ve zralých červených plodech je jeho koncentrace velmi nízká (VELÍŠEK, HAJŠLOVÁ, 2009; KALAC, 2009).

Tab. 7: Obsah tomatinu v rajčatech (VELÍŠEK, HAJŠLOVÁ, 2009)

Stav zralosti plodů	Obsah $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ v původní hmotě
Plody malé zelené	69
Plody velké zelené	45
Plody růžové	2,5
Plody světle červené	3,9
Plody velmi červené, zralé	1,6

Solanin

Patří do skupiny jedovatých glykoalkaloidů s omamnými účinky. V nezralých plodech rajčat je přítomen solanin v množství asi 3 až 6 $\text{mg}/100\text{g}$. Solanin se při postupném zrání, skladování a tepelném zpracování odbourává, takže ve zralých plodech je přítomen v množství menším jak 0,2 mg . U rostlin je produkován jako obranná látka vůči škůdcům, chorobám a jiným hrozbám (VALŠÍKOVÁ, 1987; ROP a kol., 2005).

3.4 Významné látkové složky plodové zeleniny a jejich změny během zrání

Titrační kyseliny

V počáteční fázi vývoje plodů obsah organických kyselin, vyjádřený titrační kyselostí, postupně klesá na minimum, k poklesu dochází ve stádiu přechodu zelené barvy do světle zelené. V dalším stádiu se hladina titračních kyselin zvyšuje a vrcholí na začátku vybarvování plodů. V plodech rajčat převažuje kyselina citronová 8800 – 26300 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ a kyselina jablečná 1350 – 4700 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Poměr kyseliny jablečné a citronové je u plně vybarvených plodů 1:10. V posledním stádiu červených a plně červených plodů je zřetelný lineární pokles titrační kyselosti. V období přezrávání

je pokles titračních kyselin odrůdově typický (GOLIÁŠ, LEBEDA, 1978; GOLIÁŠ, 1996; VELÍŠEK, HAJŠLOVÁ, 2009).

Refraktometrická sušina

Refrakce dosahuje svého maxima u plodů plně vybarvených, tedy až po klimakteriu. Maximální hodnoty refrakce závisí na odrůdě a klimatických podmínkách. V průměru hodnoty kolísají v rozpětí 3,0 až 9,0 %. V období přezrávání je pokles refrakce odrůdově typický (GOLIÁŠ, LEBEDA, 1978).

Látky polysacharidové povahy

Mezi tyto látky se řadí škrob, během období zvětšování buněk probíhá akumulární fáze, vrcholící u rajčat 8 týdnů po odkvětu. Škrob se nejprve usazuje v parenchymu těsně pod slupkou, poté se postupně rozšiřuje do centrální zóny. Dispozičně se pak v obráceném smyslu i enzymaticky rozkládá (nejprve se odbourává škrob – na zkvasitelné sacharidy) kumulovaný v jaderníkové části, zbytky škrobu jsou prokazatelné v hypodermálních vrstvách u plodů, které jsou optimálně sklizňově zralé i po 10 – 40 dnech po sklizni. YU et. al. (1967) se domnívá, že maximální obsah škrobu, nominálně rozdílný v jednotlivých odrůdách, je závislý na poměru amylózy a amylopektinu a jejich stavech během ontogeneze.

Celková dynamičnost škrobu se v plodech rajčat vyznačuje počátečním vzestupem, který odpovídá syntetické fázi glukózy ve škrob. Začátek hydrolýzy škrobu na monosacharidy se objevuje při světle zeleném zbarvení plodů. V tomto stádiu je možno objevit souvislost mezi nástupem odbourávání škrobu a klimakterickou fází. Rychlost hydrolýzy závisí na počtu, velikosti a povrchu škrobových zrn, a také na teplotě dozrávání. Zpomalení hydrolýzy škrobu souvisí s dosažením klimakterického maxima. V období přezrávání je tedy pokles minimální (GOLIÁŠ, 1996; GOLIÁŠ, LEBEDA, 1978).

Látky glycidové povahy

Obsah vody vzrůstá ze stadia nezralých plodů z 91 % na 93 %. Ve zralých rajčatech kolísá od 92,5 do 95 %. Rozpustné glycidy obvyklých odrůd jsou hlavně ve formě redukujících cukrů v množství 1,5 až 4,5 % čerstvé hmoty v ekvivalentu 65 % v rozpustné sušině (WINSOR, 1966 in GOLIÁŠ, 1977) a jsou jednou ze zásadních složek, která ovlivňuje chuťové vlastnosti zralých plodů rajčat. Z volných cukrů je

hlavní podíl glukózy a fruktózy (přibližně stejného poměru). Sacharóza zřídka přesahuje 0,1 %, tedy pokud se v plodu nachází (SIMANDLE et. al., 1966 in GOLIÁŠ, 1977). Obsah cukrů progresivně stoupá během nastupujícího zrání, zejména v časovém úseku intenzivní tvorby lykopenu. Posklizňový pokles v přezrávajících plodech při uložení v relativně vyšších teplotách (WINSOR et. al., 1962 in GOLIÁŠ, 1977). Podle Daviese a Winsora (1967 in GOLIÁŠ, 1977) má výrazné dusíkaté hnojení nepříznivý účinek na hladinu cukrů.

Průměrný obsah kyseliny askorbové se uvádí okolo 25 mg, odchylky jsou v obou směrech, determinované také odrudou, mohou být způsobeny také světelnými podmínkami během růstu a vývoje. Proto plody, které jsou vypěstovány na přímém slunci, mají více kyseliny askorbové než tytéž pod sklem nebo ve stínu (DASKALOV, OGNJANOVA, 1962 in GOLIÁŠ, 1977). Také lokalizace obsahu v rámci plodu je rozdílná (část přímo ozařovaná a z rozptýleného osvětlení). Tímto je možno částečně vysvětlit i nekonzistentní data během vyzrávání. Podle Dalala et. al. (1965 in GOLIÁŠ, 1977) v závěrečné fázi přezrávání je zřejmý mírný pokles z maxima, do kterého byl zřejmý kontinuální nárůst.

Organické kyseliny a karotenoidní barviva

Převažujícími kyselinami jsou kyselina citronová a jablečná, dalšími méně zastoupenými jsou kyseliny Krebsova cyklu. Vysoce signifikantní negativní korelací mezi hmotností a titrační kyselostí pro anglické odrůdy uvádí Davies a Winsor (1969 in GOLIÁŠ, 1977). Vychází ze závěru, že malé plody mají menší proporci buněčných tkání a placenty, přičemž v buněčné tkáni je nominálně nižší acidita než v placentární tkáni. Poměr kyseliny jablečné k citronové je odrudově typický a kolísá v rozsahu 0,55 – 0,11 (DAVIES, 1965 in GOLIÁŠ, 1977). Více jak 50 % celkové acidity je neutralizováno ve formě solí, významná je pozitivní korelace mezi totální aciditou a obsahem K^+ (DAVIES, 1964; SAKIYAMA, 1966 in GOLIÁŠ, 1977).

Lykopen je hlavním karotenoidním barvivem rajčat, jeho biosyntéza má největší rychlost během zrání a je závislá teplotně. Výraznější inhibiční účinek teploty zjistil Tomes (1963 in GOLIÁŠ, 1977) v teplotách pod 32 °C, α -karoten a β -karoten jsou významnými barevnými složkami polovybarvených plodů. Podle Curly (1961 in GOLIÁŠ, 1977) oxidované karotenoidy (Lutein, violaxanthin, neoxanthin) zpravidla nepřesahují 6 % veškerých karotenoidů.

Barva plodů

Výraznou, pozorovatelnou změnou v průběhu zrání je změna barvy plodů. Postupně je odbouráván chlorofyl za vzniku fytolů, zanikají chloroplasty nebo jsou přeměněny na chromoplasty. V pletivech je syntetizován lykopen a jiné karoteny, které dávají plodům jejich červenou barvu (THOMPSON, 2003; ROSA DE LA et al., 2010).

3.5 Změny mechanických a fyzikálních vlastností během zrání plodů

Během dozrávání plodů rajčat se uplatňují soubory dějů, ovlivňující chemické složení, ale také mechanické vlastnosti. Změny projevující se v mechanicko-fyzikálních vlastnostech plodů jsou podmíněny přímo fyziologickými pochody. Mezi mechanicko-fyzikální vlastnosti se řadí velikost, pevnost, tvar, textura a měrná hmotnost. Důležitými fyzikálními vlastnostmi, především z pohledu spotřebitele a jeho preferencí, také z hlediska posouzení kvality jsou velikost a tvar. Mechanické vlastnosti nejsou ovlivňovány pouze chemickým složením, ale jsou také silně ovlivňovány histologickou a morfologickou stavbou (GOLIÁŠ, LEBEDA, 1978).

Pevnost plodu

Během vývoje plodu je možné pozorovat téměř lineární pokles pevnosti, který negativně koreluje s vybarvováním plodů. Pokles mechanické pevnosti je dán zvýšeným hydrolytickým účinkem pektolytických enzymů. K většímu poklesu pevnosti dochází až po klimakterickém dýchání. V období přezrávání je rychlost změn odrůdově specifická (GOLIÁŠ, LEBEDA, 1978).

Měrná hmotnost

V průběhu vývoje a zrání plodů rajčat dochází ke zvyšování měrné hmotnosti. Plody určené pro jednorázovou mechanizovanou sklizeň by měly mít měrnou hmotnost $1000 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$. Plody, které mají nižší měrnou hmotnost, jsou z technologického hlediska považovány za nestandardní. Hodnoty mohou být odlišné v závislosti na obsahu rozpustných látek nebo vlivem některých poruch, jako je dutost plodů nebo skvrnitě zrání (GOLIÁŠ, LEBEDA, 1978).

3.6 Obecná charakteristika etylenu, význam a produkce

Etylen (ethen, C_2H_4) je hořlavý, bezbarvý plyn nasládlé chuti a vůně, v nízkých koncentracích je nevonný a tvoří se již v předklimakterickém stádiu. Ve vyšších koncentracích ve směsi se vzduchem je výbušný (THOMPSON, 2003; GOLIÁŠ, 1996). Vyskytuje se přirozeně jako rostlinný hormon zrání, který ovlivňuje růst, vývoj a posklizňovou údržnost velkého množství druhů zahradnických plodin (SALTVEIT, 1999).

Účinek etylenu a jeho syntéza je souhrnem složitých metabolických procesů, které jsou podmíněny přítomností kyslíku a nízké koncentrace CO_2 (SALTVEIT, 1999). Fyziologická odezva na endogenně produkováný etylen nebo exogenně aplikovaný etylen je velmi rozmanitá a může být žádoucí nebo nežádoucí, velmi často závisí na konkrétním druhu, u kterého zrovna reakce probíhá. Etylen má autokatalytické účinky (produkováný etylen stimuluje jeho další tvorbu), zvyšuje intenzitu dýchání, urychluje zrání a stárnutí plodů, ztrátu chlorofylu rozkladem, syntézu barviv a také podporuje klíčení semen (GOLIÁŠ, 2014; THOMPSON, 2003). U syntézy etylenu ve vegetativních částech rostlin byl pozorován inhibiční účinek etylenu, a to u vývoje květů, transportu auxinu, růstu kořenů a nadzemních částí rostlin. Etylen je syntetizován v pletivech cévnatých rostlin. Biosyntéza etylenu souvisí s množstvím kyslíku a oxidu uhličitého v atmosféře (THOMPSON, 2003).

Dráha látkové přeměny etylenu začíná methioninem, který je přeměňován adicí na S-adenosylmethionin (SAM), z něhož vzniká reakcí katalyzovanou enzymem ACC syntázou meziprodukt 1-amino-cyklopropanová-1-karboxylová kyselina, tedy ACC, z níž se uvolňuje etylen. ACC je hlavním prekurzorem syntézy etylenu, její tvorba je kontrolním bodem zmíněného děje (YANG, 1987 in SALTVEIT, 1999; GOLIÁŠ, 2014). Dostupné množství ACC pro produkci etylenu může být zvyšováno faktory, které povzbuzují činnost ACC syntázy nebo naopak může být toto množství redukováno aplikací růstových regulátorů, nebo postranní reakcí, kdy je tvořen relativně biologicky neaktivní MACC (N-malonyl-ACC). V posledním kroku biosyntézy etylenu je jeho tvorba oxidací ACC pomocí ACC oxidázy, značně labilního enzymu a inhibovatelného teplotami nad $35\text{ }^{\circ}C$ a anaerobními podmínkami. Aby oxidace proběhla v pořádku je nutno, aby bylo v atmosféře okolo plodů dostatečné množství kyslíku a obsah CO_2 byl nízký, ten pak aktivuje ACC-oxidázu (SALTVEIT, 1999; THOMPSON, 2003).

3.6.1 Úloha etylenu na látkové složky a jeho využití

Zrání je nevratným procesem, který je možno vnějšími podmínkami pouze zpomalit, ne však zastavit (GOLIÁŠ, 1996). Zrání je soubor vzájemně propojených metabolických dějů ovlivňujících výsledné chemické složení plodů (GOLIÁŠ, 1977). Dochází ke změnám v produkci etylenu, intenzitě dýchání a také obsahu nutričně významných složek. Tyto změny se promítají i v dynamice mechanicko-fyzikálních parametrů, tyto jsou pak přímo podmíněny fyziologickými pochody. Postupný vývoj a zrání rajčat vede k vybarvování a měknutí plodů, sládnutí, tvorbě vonných látek a zvyšování jejich měrné hmotnosti. Hodnoty měrné hmotnosti závisí na různých aspektech, jako jsou odrůdové vlastnosti, obsah rozpustných látek, pěstební podmínky a výskyt poruch plodů (např. dutost) a jiné (GOLIÁŠ, LEBEDA, 1978; GOLIÁŠ, 1996).

Pro posuzování technologické jakosti rajčat je významné nejen látkové složení, ale i mechanicko-fyzikální vlastnosti. Zrání je přirozeným procesem, jenž je vyvolán překročením hranice účinné koncentrace endogenního etylenu v buňkách ve vymezeném časovém úseku ontogeneze plodů (THOMPSON, 2003). Proces zrání může být také vyvolán předčasně, a to buď vlivem stresu, nebo působením exogenního etylenu pronikajícího do pletiv.

Pro rajčata je charakteristická vysoká enzymatická aktivita, neboť obsahují v průměru 94 % vody. Enzymatická aktivita je příčinou nízké údržnosti a neschopnosti dlouhodobého skladování rajčat, zejména když jsou plody v plné zralosti (GOLIÁŠ, LEBEDA, 1978; NUNES, 2008; THOMPSON, 2003).

Etylen má v praxi velké využití k urychlení dozrávání plodin, rašení hlíz a cibulí, klíčení semen, zpomalení růstu, redukci apikální dominance, indukci, také napomáhá nebo zpomaluje kvetení a podporuje syntézu barviv u rajčat (SALTVEIT, 1999).

3.7 Technologie a dopad na dozrávání plodů

Pro rajčata má řízené zrání praktický význam, dostačuje u nich mnohdy jen teplotní faktor zrání, pak také kombinace etylenu v normálně kyslíkaté atmosféře (až 2krát 10^4 ml.m^{-3} - [ppm]), někdy dostačuje pouze 50 – 60 % obsahu kyslíku ve vzduchu. Metoda dozrávání rajčat ve vysokých koncentracích kyslíku se považuje za nákladnou, neboť na 1 tunu rajčat se počítá 5000 – 6000 l kyslíku. Rajčata dozrávaná pouze ethylenem obsahují více cukru jak organických kyselin (metabolizace organických

kyselin je rychlejší), plody jsou mdlejší chuti a také méně odolné vůči napadení epifytní mikroflórou (GOLIÁŠ, 1996).

Podle Nunese (2008) a Sterna (1994) plody dozrávané při 20 °C byly zhodnoceny jako méně sladké, kyselejší, s méně intenzivní rajčatovou chutí, netypickými pachy a také vyšší tvrdostí. To by mohlo být způsobeno inhibicí enzymů zodpovědných za měknutí tkání nízkými teplotami během skladování.

Technika řízeného zrání harmonizuje podmínky s fyziologickými nároky. Přípravuje se za prostředek přípravy produktů k okamžité spotřebě v několika málo dnech u plodů přímo po sklizni nebo po chladírenském skladování. Technologická varianta předzrání před dlouhodobým skladováním se omezuje na výjimečné případy.

Řízené zrání je založeno na kombinovaném účinku tepla v rozmezí teplot mezi 15 až 20 °C a ovzduší přesyceného kyslíkem se záměrným přídavkem etylenu nebo vzduchová atmosféra s řízenou hladinou etylenu. Ve všech případech hladina CO₂, jako antagonisty procesů zrání, nemá překročit 1 %. Produkovaný CO₂, jakož i dýchací teplo, se musí kontinuálně odvádět, zejména z vnitřní, kompaktně stohované jednotky, což zajistí výkonná vnitřní cirkulace vzduchu s úměrnou obnovou vnitřní atmosféry.

Mikroklimatické podmínky splňují buď chladírenské komory s řízenou atmosférou, kde musí být splněna podmínka plynutnosti prostoru a jejichž teplotní režim je regulovaný, nebo speciálně vybudované dozrávací komory. V tomto případě se volí několik menších boxů o kapacitě 6 – 10 t, místo jednoho velkého boxu. Jsou využívány pouze jednoúčelově jako dozrávárny. Box je tepelně izolovaný s technologickým zařízením pro regulaci teploty. Pro výparník se volí odpovídající teplotní spád, kterého se dosáhne již při odpařování teplot chladiva +5 °C, plocha výparníku je dimenzována na stabilizaci 90 – 95 % relativní vlhkosti. Jako chladivo je lépe užívat ekologické freony místo čpavku (při úniku do dozrávací komory se komodity znehodnotí) (GOLIÁŠ, 2014).

3.8 Sklizeň a třídění plodů rajčat

Plody sklizené jako zelené nebo v počátečním stádiu vybarvování mají o 10 až 15 % méně redukcujících cukrů než plody sklizené v konzumní zralosti, tedy světle nebo tmavě růžovém zbarvení. Naopak plody sklizené v konzumní zralosti mají intenzivnější aroma, jsou sladší a méně kyselé (NUNES, 2008; STERN et al., 1994).

Keříčkové odrůdy rajčat určené k průmyslovému zpracování se sklízí převážně mechanizovaně. Začátek sklizně je v srpnu z porostů založených ze sadby a pokračuje v září z porostů z přímého výsevu. Se sklizní se začíná v době, kdy je dozrálých asi 80 % plodů. Opožděné sklizně znamenají ztráty praskáním plodů i poškozením mrazy. Plody se třídí ručně přímo na sklízecím stroji. Vytříděné plody se odvázejí do konzerváren. Rajčata určená k průmyslovému zpracování by měli mít 5 °Rf. Výnosy jsou od 40 t.ha⁻¹ (PETŘÍKOVÁ, HLUŠEK, 2012; PETŘÍKOVÁ, MALÝ, 1998).

Tyčkové a keříčkové odrůdy určené k přímému konzumu se sklízí ručně ve 4 – 6 denních intervalech. Sklizeň začíná začátkem července a končí koncem září, začátkem října. Sklízí se plody červené, popřípadě růžové, záleží na požadavku odběratele. Třídí se podle velikosti a vybarvení. Plně vybarvené zralé plody se sklízí odspodu a opatrně, aby nebyla zalomena stopka vijanu, na kterém jsou i další dozrávající plody. V závěru sezóny jsou sklizeny i méně zralé plody, které postupně dozrávají v teple, jejich chuť není tak výrazná (PETŘÍKOVÁ, HLUŠEK, 2012; PETŘÍKOVÁ, MALÝ, 1998).

3.9 Choroby a škůdci rajčat

3.9.1 Houbové choroby

Plíseň bramborová (*Phytophthora infestans*)

Je nejzávažnější houbovou chorobou. Na starších listech se objevují nejprve šedozelené, později šedohnědé, rychle se šířící skvrny. Za vlhka se na spodní straně listů objevuje bělavý porost plísně. Na plodech se infekce šíří většinou od kalichu, skvrny jsou šedozelené až hnědé, na povrchu svráštělé. Dužnina plodu pod skvrnami je ztvrdlá. Na rajčata se spory plísně přenášejí z brambor. Ochrana je v používání odolnějších odrůd a v pravidelných postřicích fungicidy, které účinkují současně i proti hnědé a septoriové skvrnitosti rajčat (PETŘÍKOVÁ, MALÝ, 1998; BÖHMER, WOHANKA, 1999; BAUMJOHANN, 2012).

Hnědá skvrnitost rajčat (*Alternaria porri* f. *sp. solani*)

Na nejstarších listech se objevují hnědé koncentrické skvrny se žlutým okrajem, často ohraničené listovými žilkami. Na plodech se ojediněle objevují černé, mírně propadlé skvrny, nejčastěji v oblasti kališních lístků. K infekci dochází zejména za

vysokých teplot a vysoké vlhkosti vzduchu a vysoké teploty. Ochrana je fungicidními přípravky.

Septoriová skvrnitost rajčat (*Septoria lycopersici*)

Na starších listech způsobuje drobné, kulaté, tmavé skvrny s černě zbarvenými drobnými plodničkami uprostřed. Choroba zachvacuje velmi rychle celé rostliny. Nejčastěji se vyskytuje ve fóliovnících. Ochranou je pěstování rezistentní odrůdy, fungicidní ošetření proti plísni bramborové působí současně i proti septoriové skvrnitosti.

Ochrana proti všem těmto chorobám je podobná. Preventivně je potřeba pěstovat rajčata v místech osluněných, s dostatečným pohybem vzduchu. Přenos infekce z brambor na rajčata je v případě plísně omezený nebo dokonce nemožný, ale významný je přenos u alternáriové skvrnitosti. Fungicidy je potřeba vybírat nejen podle biologické účinnosti, ale i podle délky ochranných lhůt (PETŘÍKOVÁ, MALÝ, 1998).

3.9.2 Virové choroby

Virová mozaika rajčete

Z virových chorob rajčete se vyskytuje virová mozaika nejčastěji. Způsobuje v závislosti na kmenu viru, stáří rostlin, klimatických podmínkách a na reakci jednotlivých odrůd několik typů poškození (listové mozaiky, deformace listů, pruhovitost listů, stonků a plodů, hnědnutí dužniny plodů). Přenos je především mechanicky (např. vylamování výhonů), ale i osivem, vodou, půdou a kořeny.

Virová bronzovitost rajčete

Tato virová choroba je mnohem závažnější než virová mozaika. Je přenášena především trásněnkou západní (*Frankliniella occidentalis*) a podléhá karanténním opatřením.

Karanténní chorobou je i bakteriální vadnutí rajčete, které se projevuje náhlým vadnutím listových úkrojků na jedné straně čepele s následným usycháním celých listů a později i rostlin.

Další karanténní chorobou je bakteriální skvrnitost rajčete, jež se projevuje 3 – 6ti mm velkými skvrnami na listech a plodech s typickým žlutým lemováním. Někdy se také zaměňuje u rajčat s častější, ale už méně závažnou bakteriální

tečkovitostí rajčete, u které jsou skvrny většinou menší a na plodech slabě vyvýšené. Základem ochrany u uvedených bakterióz je používání zdravého osiva a v případě karanténních chorob striktní dodržování karanténních opatření (PETŘÍKOVÁ, HLUŠEK, 2012).

3.9.3 Škůdci

Ze škůdců se v polních podmínkách nejčastěji vyskytuje mandelinka bramborová a mšice. Larvy i dospělci mandelinky ožirají listy. V extrémních případech mohou způsobit až holožír (PETŘÍKOVÁ, HLUŠEK, 1998).

Mšice

Na špičkách výhonků a na spodní straně mladých listů a pupat se objevují 0,5 – 2 mm dlouhé zelené mšice, které z rostliny vysají mízu. Listy a výhonky se krotí a žloutnou. Mšice mohou přenášet z rostliny na rostlinu velké množství virových chorob (BAUMJOHANN, 2012; PELEŠKA, 1997).

Molice skleníková (*Trialeurodes vaporariorum*)

Pod listy se objevuje 1 – 2 mm velký bílý hmyz podobný motýlkům. Při sebemenším dotyku dospělci vzlétají. Škodí rostlinám nejen sáním, ale i silnými medovicovými výměšky. Na lepkavé hmotě se usazují černě, které znehodnocují listy i plody. Molice jsou kromě toho i přenašeči virových chorob (BAUMJOHANN, 2012; BÖHMER, WOHANKA, 1999).

Svilušky

Na horní straně listů je patrné světlé tečkování. Při silném napadení se listy pokrývají jemnou pavučinkou. Později pak hnědnou a usychají. Svilušká se nejlépe daří za suchého počasí. Přezimují v podobě červenooranžových vajíček na chráněných místech v opadaném listí (BAUMJOHANN, 2012).

3.9.4 Fyziologické poruchy

Nedostatek vápníku se projevuje hnědými, vpadlými skvrnami na špičce plodů. Často jde o relativní nedostatek vápníku způsobený jeho nedostatečným přísunem za sucha nebo vysoké relativní vlhkosti vzduchu (PETŘÍKOVÁ, MALÝ, 1998).

Nevyzrávání stopkové části plodů rajčete je poruchou genetického původu, podmiňující stresové podmínky (např. kolísání teplot, nevyvážená výživa, nedostatečné osvětlení apod.). Deformace plodů jsou většinou způsobeny nedokonalým opylením z důvodu vysokých nebo nízkých teplot, ale také při vysoké vzdušné vlhkosti. Příčiny svinování listů rajčete jsou např. nedostatek vody v půdě, ale i přemokření půdy, nadbytek dusíku nebo draslíku, zejména však silné a náhlé odlistění a kolísání mezi denními a nočními teplotami. Intenzivní oslunění způsobuje sluneční spálu plodů rajčete.

Nedostatek draslíku se projevuje tvorbou žlutých a později hnědých skvrn na listech rajčat. Na plodech se objevuje nerovnoměrné zbarvení. **Nedostatek fosforu** se projevuje změnou barvy na rubu listů do červena nebo fialova. Je opožděn vývin reprodukčních orgánů. **Nedostatek dusíku** způsobuje zaostávání růstu rostliny. Nové listy jsou drobné a mají bledě zelené zbarvení. Barvu mění i žilky na rubu listu ze žlutozelené na tmavě červenou. Lodyhy jsou tenké a drsné (TYMČENKO, JEFREMOVOVÁ, 1987).

Praskání plodů - Prstencové trhliny na plodech často vznikají po odstranění vrcholu, při nadměrném růstu či za chladných dnů. Hvězdicovité trhliny jsou přičítány nerovnoměrnému zásobování vodou (PETŘÍKOVÁ, MALÝ, 1998).

Bakteriální vadnutí rajčat je časté v krytých prostorách, může se však vyskytovat i v polních podmínkách. Aplikace měďnatých přípravků může zpomalit šíření choroby.

3.10 Skladování plodové zeleniny

3.10.1 Faktory ovlivňující zrání rajčat po sklizni

Po sklizni, tedy v průběhu skladování může délku a údržnost skladovaných produktů ovlivnit celá řada faktorů, mezi hlavní patří:

Teplota skladování

Je hlavním a nejdůležitějším faktorem ovlivňující rychlost dozrávání, kvalitu a postupné zhoršování a kažení plodové zeleniny (KOPEC, 1977). To je dáno hlavně tím, že má teplota přímý vliv na biochemické pochody, metabolismus a dýchání. Ideální teploty pro skladování plodové zeleniny se pohybují v rozmezí 7 – 10 °C. Při nastavení nižší teploty dochází k riziku chladového stresu, ten pak způsobuje postupné odumírání

pletiv a znehodnocování zeleniny. Některé komodity jsou schopné při krátkodobém vystavení nižším teplotám si uchovat svoji jakost, to neplatí v případě vystavení kritické teplotě, kdy dochází k úplnému a okamžitému odumření rostlinných pletiv a tkání.

Relativní vlhkost vzduchu

Je poměrem vodních par, které jsou obsaženy v 1 m³ vzduchu k hmotnosti páry, při které je vzduch při stejné teplotě nasycený. Jestliže je relativní vlhkost příliš nízká, dochází k velkému výparu vody, vysoušení a také vadnutí skladovaných plodů. V opačném případě, při relativní vlhkosti okolo 100 % je nebezpečí že dojde k nárůstu mikroorganismů, které mohou způsobit trhliny na povrchu plodů. Optimální relativní vlhkost pro skladování zeleniny se pohybuje v rozmezí od 85 do 90 %. Při rozhodování o optimální relativní vlhkosti je nutno vycházet z odolnosti plodů vůči chorobám a mikroorganismům a také z náchylnosti vůči vadnutí. Velká relativní vlhkost se doporučuje pro plodiny, které mají intenzivní výpar. Pro plodiny s nízkým výparem naopak menší relativní vlhkost.

Intenzita dýchání plodů

Intenzita dýchání v období zrání plodů – během vegetace dýchají mladé rostlinné organismy velmi intenzivně. Rychlost produkce CO₂ se postupně tlumí až k určité minimální hodnotě, která se časově shoduje se závěrem růstové fáze (tzv. klimakterické minimum). Ve fázi, kdy se plody vybarvují, sládnou a dužnina měkne, a také nastává tvorba vonných látek, což jsou typické projevy zrání, se produkce CO₂ na přechodnou dobu nápadně zvýší. Intenzita dýchání je o to větší, čím je vyšší vnější koncentrace etylenu. Účinek etylenu je přechodný, působí jen po dobu zákroku. Krátce na to se intenzita dýchání vrací do výchozí úrovně. (GOLIÁŠ, 1996; FLORES, GAST, 1991).

Intenzita dýchání závisí na celé řadě faktorů. Kromě rozdílů mezi zeleninovými druhy a odrůdami, je také regulována vnějšími faktory, jako jsou teplota a složení atmosféry. Ale také vnitřními faktory např. chemickým složením, strukturou pletiv, stupněm zrání a dalšími činiteli. Intenzita dýchání je také odlišná v jednotlivých vrstvách plodu, úměrně vyšší enzymatické činnosti ve slupce je také produkce CO₂ mnohem vyšší, než v níže položených parenchymatických pletivech. V hlubších vrstvách pletiva se v mezibuněčných prostorách modifikuje plynná směs, která pak zpětně tlumí dýchací procesy. Intenzivně dýchá pletivo, které bylo poraněno, nebo byla porušena chemicky či biochemicky jeho enzymatická rovnováha. Intenzita dýchání

bývá kritériem pro hodnocení dýchací aktivity, vyjadřuje množství produkovaného CO₂ nebo spotřebovaného O₂ za časovou jednotku (zpravidla 24 h), vztaženou na hmotnost zkoumané plodiny (GOLIÁŠ, 1996).

Tab. 8: Hodnoty intenzity dýchání a výdeje tepla u plodů rajčat (GOLIÁŠ, 1996)

Zelenina	Teplota	R ₀	Q ₀	b	Q ₁₀
	°C	mg CO ₂ kg ⁻¹ h ⁻¹	kJ t ⁻¹ h ⁻¹	deg ⁻¹	-
Rajčata	0 - 20	5,3	56,3	0,0880	2,4

Složení vzduchu v chladírenské komoře

Vzduch v chladíreně můžeme považovat za sekundární chladivo, které přenáší zdroje tepla chladírny do výparníku a po ochlazení se znovu vrací do ochlazeného prostoru. Složení vzduchu v chladírenské komoře ovlivňuje dobu skladování, která se při vystavení plodin řízené atmosféře může zvyšovat. Pro úplné dozrávání je potřeba dostatečného přísunu kyslíku. Pro rajčata je konstantní množství kolem 5 l kyslíku na 1 kg plodů. Koncentrace O₂ a CO₂ se pro jednotlivé komodity ze skupiny plodové zeleniny liší.

Obsah kyslíku ve vzduchu ovlivňuje rychlost metabolických procesů a následně jakost plodin. Vyšší obsah kyslíku urychluje látkové přeměny plodin. Naopak nižší obsah kyslíku látkové přeměny zpomaluje. Při obsahu 2,5 % O₂ dochází k poruchám plodin. V praxi se používá atmosféra s obsahem 2 – 5 % O₂, prodlužující uchovatelnost. Při vyšší koncentraci CO₂ se tlumí dýchací procesy, snižují se hmotnostní ztráty, dochází ke zpomalení dozrávání a omezuje se rozvoj mikroorganismů. Čím je koncentrace CO₂ vyšší, tím dříve je viditelné fyziologické poškození. Při vysoké koncentraci oxidu uhličitého dochází ke zpomalení přijímání O₂ ze vzduchu. Oxid uhličitý zpomaluje produkci etylénu.

Pokud by byl ideální poměr O₂ a CO₂, bylo by možné dosáhnout zpomalení, nebo dokonce zastavení intenzity respirace a tím prodloužit dobu uskladnění, bez toho aniž by byla porušena jakost plodu (GOLIÁŠ 1996; KOPEC, 1977; KAYS S. J., 1997; SALTVEIT M. E., 2010).

Etylen

Tomuto metabolitu je přiřkládána funkce hormonu zrání, i když tento termín není zcela přesný. Za hormon můžeme pokládat přirozené substance, které jsou transportované z místa produkce do orgánu přímého působení. Předpokládá se, že hormony jsou metabolizovány v průběhu aklimatizačního procesu. Při skladování je snaha o snížení koncentrace tohoto plynu na co nejmenší množství nebo vůbec žádné, neboť způsobuje zrání a přezrávání skladovaných plodů. Minimální koncentrace etylenu ve vnitřní atmosféře plodu rajčete je $0,8 \mu\text{l.l}^{-1}$ (ppm) a maximální $30 \mu\text{l.l}^{-1}$ (GOLIÁŠ, 1996).

Doba sklizně

Je také důležitým faktorem ovlivňující zralost plodů. Určení co nejvhodnější doby sklizně je velice obtížné, neboť stejné odrůdy mohou být pěstovány na různých stanovištích a za odlišných podmínek např. půda, počasí a odlišné agrotechnické zásahy při pěstování. Předčasná i pozdní sklizeň plodů ovlivňuje negativně uchovatelnost při skladování (GOLIÁŠ, 1996).

3.10.2 Chladírenské komory

Každá chladírenská komora musí být extrémně plynotěsná, na přetlak alespoň 270 Pa po dobu 30 min. Je nutno, aby vyhovovala stavebně i technologicky tomuto požadavku. Výsledná koncentrace kyslíku v průběhu skladování se pohybuje v rozmezí 0,4 až 0,6 %. Etylen se v provozu chladíren potlačuje prostřednictvím zvýšeného obsahu oxidu uhličitého a sníženého obsahu kyslíku ideálně souběžně s technologií ULO. Za předpokladu, že bude chladírenská komora vysoce plynotěsná a budou v ní skladovány odrůdy s vysokou koncentrací etylenu, lze v chladírenské komoře očekávat vysokou koncentraci etylenu (GOLIÁŠ, NĚMCOVÁ, 2009).

3.10.3 Skladování v řízené atmosféře

Složení atmosféry ve skladovacích prostorách může mít značný vliv na metabolické pochody probíhající v uskladněných plodinách (THOMPSON, 2003). Základní funkcí řízené atmosféry je prodloužení uchovatelnosti skladovaného produktu, lze ji prodloužit až na dvojnásobnou délku. Prodloužení uchovatelnosti lze dosáhnout optimální volbou obou fyziologických plynů (CO_2 , O_2), vyloučením mikrobiálního napadení a fyziologického onemocnění. Obsah kyslíku se pohybuje od 2 do 4 % a obsah

oxidu uhličitého od 4 do 5 % (GOLIÁŠ, 2009; GOLIÁŠ, 2011). V řízené atmosféře je možno regulovat teplotu, složení atmosféry a obsah kyslíku. Produkt se zchlazuje ihned po sklizni na velmi nízké teploty v závislosti na druhu a odrůdě. Po regulaci teploty následuje regulace složení atmosféry. Obsah kyslíku v atmosféře může být ve skladovacích komorách s řízenou atmosférou snížen dýcháním produktu, nebo také použitím speciálního zařízení (NEČAS a kol., 2004).

3.10.4 Skladování v ultra low oxygen

Tato technologie se zakládá na nastavení co nejnižší možné teploty plodu při zachování vysoké relativní vlhkosti a vytvoření nízké koncentrace kyslíku (0,2 % O₂). Zbytková koncentrace CO₂ má být do 1 %. V moderních chladírenských komorách je tato technologie dominantní. Přednosti skladování v této atmosféře jsou nesporné proto, že se ještě hlouběji zpomalují látkové přeměny, plod méně dýchá a tím spotřebuje méně zásobních látek. Častá fyziologická onemocnění se při vyšším obsahu kyslíku v ambientní atmosféře zcela utlumí. Prodlužuje se doba skladovatelnosti plodu a zachovává se také pevnost a základní barva plodiny. Obsah kyslíku (O₂ = 0,7 %) iniciuje tvorbu anaerobních sloučenin jako je etanol, acetaldehyd a etyl acetát. Technologicky dosáhnout 0,7 % O₂ v chladírenské komoře je možné úpravou generátoru atmosféry, avšak podrobnější studie se dotýkají zavedení dynamicky řízené atmosféry (GOLIÁŠ, 2009; GOLIÁŠ, 2014).

3.10.5 Ošetření pomocí systému SmartFresh

Systém SmartFresh je založen na jednorázové aplikaci 1-MCP (1-metylcyklopropen), chemické látky (SmartFresh) velmi podobné etylenu pomáhající při jeho blokování. Jde o netoxickou látku, která brání dozrávání plodů a používá se ve velmi nízkých koncentracích. SmartFresh se aplikuje rozptýlením v plynotěsně uzavřených prostorách. Doba působení je 24 hodin. SmartFresh zlepšuje fyziologické vlastnosti a udržuje vzhled plodů, jejich svěžest, šťavnatost, vyváženou kyselost a také pevnost dužniny. Velmi dobrých výsledků dosahuje v kombinaci s ULO či řízenou atmosférou, ale lze jej s úspěchem použít také v klasických chladírnách. Má pozitivní vliv na likvidaci chorob. Pro úspěch aplikace SmartFresh je rozhodující kvalita a stupeň zralosti plodů (HUSÁKOVÁ, 2009).

3.10.6 FAN (fluctuating anaerobiose) a BAN (boarding anaerobiose)

Pro tyto atmosféry jsou typické hodnoty (0,2 – 1 % kyslíku), 0,5 % CO₂ (FAN) a 0,6 % kyslíku, 0,5 % CO₂ (BAN). Obě technologie vyžadují vyšší plynotěsnost chladírenských komor než ULO atmosféra a podobně jako u přípravku SmartFresh je nezbytností vysoká kvalita skladovaných plodů a správný termín jejich sklizně s ohledem na jednotlivé odrůdy. Nízký obsah kyslíku nepoškozující látkový metabolismus plodů a obsah CO₂ v nepoškozující koncentraci mají za následek minimální dýchání plodů, nízkou spotřebu zásobních látek, pomalý rozklad pektinových látek (měknutí plodu) a mikrobiálního napadení. Fyziologická onemocnění se v důsledku snížené hladiny kyslíku utlumí a projevují se zpravidla po ukončení řízené atmosféry (HUSÁKOVÁ, 2009).

3.10.7 Skladování rajčat

Zralé plody se uchovávají při teplotě 8 – 10 °C a 80 – 85 % relativní vzdušné vlhkosti 1 – 2 týdny. Nezralé plody jsou citlivější na poškození mrazem než růžová nebo červená rajčata. Při skladování delším jak dva týdny při teplotě pod 10 °C nebo delším než 6 až 8 dní při teplotě 5 °C, se mohou u plodů projevit příznaky poškození chladem, jako jsou například neschopnost dozrávání, vývoje plného vybarvení a vůně, nepravidelnost vybarvování, tvorba jamek na povrchu, hnědnutí semen, předčasné měknutí a také rychlejší degradace pletiv. Zelené plody dozrávají při teplotě 18 – 20 °C a 85 – 90 % relativní vzdušné vlhkosti (PETŘÍKOVÁ, HLUŠEK, 2012; NUNES, 2008; MAUL et al., 2000).

Předchlazují se pouze na 20 °C, budou-li následně dozrávat, nebo na 12 °C, budou-li jen skladována. FLORKOWSKI (2009) uvádí, že skladovatelnost zelených plodů je 21 až 28 dní. Bude-li použito tlakové zchlazování na 20 °C dosažené za 2,5 hodiny, pak tyto rajčata zrají rovnoměrněji ve srovnání s rajčaty uloženými na paletě a dozrávající jen v teplotě 23 °C.

Optimální skladovací teplota je 19 až 21 °C, při 90 – 95 % relativní vlhkosti. Uložení > 27 °C vede ke zpomalení tvorby červené barvy, naopak je tomu při < 13 °C nejen že zpomaluje zrání, ale také vyvolává chladový stres rajčat, která jsou zelená. Plody v bílém stupni zralosti mohou být skladována po dobu až dvou týdnů při teplotách 12,5 až 15 °C, aniž by byl ovlivněn rozvoj barvy a vůně. Červená rajčata se

mohou uložit do 7 °C jen na několik dnů, i když rajčata v 10 °C mají nízkou tvorbu vonných sloučenin ve srovnání s těmi, které jsou v teplotě 13 °C.

Za uspokojivou řízenou atmosféru se považuje 3 % O₂ + 2 % CO₂, její účinek se hodnotí tvorbou lykopenu a ztrátou sacharidů, organických kyselin a také rychlostí odbourávání chlorofylu. Plynná směs 3 % O₂ + 97 % N₂ rozšiřuje posklizňové skladování u zelených rajčat v teplotě 13 °C na dobu 42 dnů, aniž by se vytvářely přípachy.

Rajčata jsou velmi citlivá vůči chladovému stresu, v závislosti na stupni zralosti. Zelená rajčata optimálně dozrávají v rozsahu teplot od 13 do 21 °C, zatímco zralé se mohou skladovat v 10 °C, aniž by se projevíly symptomy chladového poškození, také se omezuje produkce vonných sloučenin. Rajčata produkují středně vysoká množství etylenu od 1 do 10 $\mu\text{l.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$ ve 20 °C. Pro komerční zrání zelených rajčat, které jsou uloženy v teplotě 20 – 21 °C při 90 % relativní vlhkosti, je potřeba koncentrace 50 $\mu\text{l.l}^{-1}$, tato koncentrace pak zahájí rovnoměrné zrání. Budou-li plody ve stadiu zrání, kdy se právě odboural chlorofyl, pak se vysoké kvality dosáhne za 3 dny po etylenovém ošetření (GOLIÁŠ, 2014; NUNES, 2008; MAUL et al., 2000).

4 MATERIÁL A METODY

4.1 Odběr rostlinného materiálu

Pro sledování změn plodů rajčat byl použit materiál, který byl vypěstován na Mendeleu Zahradnické fakulty v Lednici. Byl založen pokus se dvěma tyčkovými odrůdami rajčat 'Expres F₁', 'Premio F₁' ve stavu nezralém, pěstovaných na jednom stanovišti. Sbírané plody byly přibližně stejné velikosti a hmotnosti.

Ke stanovení bylo použito 5 plodů z každé odrůdy neošetřených rajčat a také 5 ošetřených plodů exogenním etylenem od každé odrůdy. Celkem tedy bylo hodnoceno 20 plodů rajčat ve třech opakováních vždy po 7 dnech. Přičemž celý proces pokusu byl založen 3krát. V každém procesu pokusu bylo na začátku použito 5 plodů od každé odrůdy, které byly použity za účelem kontroly. K rozboru bylo celkově použito 210 plodů rajčat.

4.1.1 Popis odrůd použitých k rozboru

Odrůda 'Premio F₁' (*Solanum lycopersicum L.*)

'Premio' je srbská odrůda. 'Premio' je středně raná odrůda. Tvoří vijany v hroznech po 7 – 9 plodech. Hmotnost plodů se pohybuje v rozmezí 140 – 160 g.

Tato odrůda je velmi dobře hodnocená na trhu (Welikala, 2015).

Odrůda 'Expres F₁' (*Lycopersicon lycopersicum L.*)

'Expres' je srbská odrůda. Je velmi odolná vůči chorobám, což je ideální pro transport. Hmotnost plodů je cca 140 g (Djinovic, 2016).

4.2 Metodika

Vzorky byly odebírány pro sledování jednotlivých parametrů. Přičemž polovina plodů od každé odrůdy byla ošetřena exogenním etylenem. V pravidelných intervalech byly odebírány plody, u kterých byla v laboratoři sledována barva plodů, velikost plodů, hmotnost, pevnost plodů, obsah rozpustné sušiny a obsah titračních kyselin. Plody byly uskladněny při teplotě 20 °C.

4.2.1 Ošetření plodů rajčat exogenním etylenem

Od každé odrůdy bylo uloženo 20 plodů rajčat do dvou plastových bedýnek s mřížkami a následně byly vloženy do hermetické nádoby z nerezové oceli. Hermetičnost byla zajištěna šroubovatelným víkem. V horní i spodní části byly zapojeny ventily pro průběžné promíchávání vnitřní atmosféry oběhovým čerpadlem. K ventilu umístěnému v horní části byl připojen průtokoměr, kterým proudil etylen z tlakové láhve do hermetické nádoby. Průtok byl nastaven na $30 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1}$. Byla měřena doba průtoku a pomocí GC byla kontrolována skutečná koncentrace etylenu. Z hermetické nádoby byl vždy přibližně po 6ti minutách odebírán vzorek atmosféry (1 ml) pomocí injekční stříkačky pro analýzu, která byla provedena na chromatografu Agilent Technologies 4890 D GC systems. Ke stanovení byl použit plamenoionizační detektor (FID). Jako nosný plyn bylo použito helium. Na přístroji byl nastaven teplotní program, kdy teplota rostla z počátečních $80 \text{ }^\circ\text{C}$ na $120 \text{ }^\circ\text{C}$ rychlostí $10 \text{ }^\circ\text{C}$ za min. Čím později byl vzorek atmosféry odebírán, tím byla koncentrace etylenu vyšší. Časový rozdíl mezi odběrem prvního a posledního vzorku byl více než hodinový.

První pokusné vzorky byly ošetřeny na celkovou koncentraci 2 100 ppm. Druhé na koncentraci 7 360 ppm a třetí na koncentraci 2 200 ppm. Jestliže bylo ošetření provedeno na vyšší koncentraci, jako tomu bylo u druhého pokusu měření, pak bylo odebíráno více vzorků atmosféry a tomu odpovídal i čas, který byl měření věnován. Plody byly v těchto koncentracích ponechány 24 h, po tuto dobu bylo oběhové čerpadlo v chodu a zajišťovalo cirkulaci plynu v nádobě. Výsledkem analýzy byl chromatogram s elučními křivkami stanovovaných látek, který byl vytvořený příslušným softwarem. Z plochy elučních křivek (píků) lze vypočítat koncentraci stanovované látky v atmosféře ($\mu\text{l} \cdot \text{kg}^{-1}$). Poté byl proveden přepočít pomocí vzorce pro výpočet koncentrace analytu v atmosféře:

$$C_i = \frac{A_i}{A_s} \cdot \frac{V_s}{V_i} \cdot c_s \quad [\mu\text{l} \cdot \text{l}^{-1} = \text{ppm}] \text{ – pro etylen}$$

A_i je plocha píku vzorku [$\text{mV} \cdot \text{s}^{-1}$],

A_s je plocha píku standardního vzorku [$\text{mV} \cdot \text{s}^{-1}$],

V_s je objem injektovaného standardu [ml],

V_i je objem nastříknutého vzorku [ml],

c_s je koncentrace standardu v kalibračním vzorku [$\mu\text{l.l}^{-1}$].

4.2.2 Vizuální posouzení barevnosti plodů rajčat

Barevnost plodů byla hodnocena podle předem stanovené stupnice zralosti. Byly sledovány barevné změny povrchu plodů.

4.2.3 Velikostní parametry plodů rajčat

Byla stanovena šířka a výška plodů pomocí posuvného měřidla. Měření bylo provedeno vždy v nejširším a nejvyšším bodě vzorku. Velikost byla vyjádřena v milimetrech s přesností na jedno desetinné místo.

4.2.4 Hmotnost plodů rajčat

Každý plod byl zvážen na potravinářské váze. Hmotnost byla vyjádřena v gramech.

4.2.5 Penetrometrická pevnost plodů rajčat

Ke stanovení pevnosti plodů byl použit ruční penetrometr, který rajče zatěžuje razidlem válcovitého tvaru o průměru 8 mm. Každý plod byl uložen na podložku a páčkou bylo razidlo zatlačeno do plodu asi 0,5 cm. Z digitálního displeje byla odečtena síla F_s [N] potřebná k protlačení razidla do potřebné hloubky. Měření každého plodu bylo prováděno celkem 2x (z obou stran plodu). Z naměřených hodnot byla vypočtena průměrná hodnota síly potřebná k penetraci slupky plodu na dvou místech a z tohoto čísla pak bylo vyčísleno penetrační napětí slupky za pomoci vzorců:

$$\text{Velikost plochy působící na plod: } A = \frac{\pi d^2}{4} \text{ [mm}^2\text{]},$$

kde d [mm] je průměrem razidla, z tohoto údaje pak vychází výpočet penetračního napětí slupky:

$$\sigma_{ps} = \frac{F_s}{A} \text{ [MPa]}.$$

4.2.6 Stanovení rozpustné sušiny refraktometricky

Stolním mixérem byl zhomogenizován každý vzorek rajčete. Z homogenátu bylo odebráno potřebné množství vzorku, které bylo naneseno na příslušné místo na digitálním refraktometru ATAGO PR 32alfa. Jedná se o přístroj, který je vysoce kvalitní a přesný. Měří s přesností na $\pm 0,1$ °Brix. Výhoda tohoto přístroje je téměř

okamžité zjištění naměřené hodnoty a také nízká spotřeba roztoku pro měření. Přístroj se kalibruje pomocí standardu (destilované vody) a tlačítka na nulové nastavení.

Postup měření na přístroji ATAGO PR 32alfa byl následující:

Stisknutím tlačítka START a následným zobrazení LOW na displeji přístroje, byl nanesen vzorek na určené místo. Poté bylo znovu zmáčknuto tlačítko START, po kterém následovalo zobrazení hodnoty vzorku [°Brix].

4.2.7 Stanovení obsahu titračních kyselin

Obsah titračních kyselin byl stanoven acidobazickou titrací. Ke stanovení titrační kyselosti bylo potřeba rajčatové šťávy. Ta byla získána nakrájením plodů a následnou homogenizací v mixéru. Poté byly naváženy 2 g šťávy získané přecezením homogenátu. Kádinka se vzorkem šťávy byla propláchnutá destilovanou vodou a následně kvantitativně převedena do titrační baňky. Titrovalo se roztokem 0,1 mol.l⁻¹ NaOH o faktoru 0,9953 na indikátor fenolftalein (3 – 4 kapky) do růžového zbarvení, které by mělo vydržet alespoň 30 sekund. Ze stupnice na byretě bylo poté odečteno množství spotřebovaného NaOH.

Obsah veškerých titrovatelných kyselin byl vyjádřen v % na převládající organickou kyselinu obsaženou v titrovaném vzorku. Přepočet byl proveden na kyselinu citronovou (1 ml 0,1 M NaOH ~ 0,0064 g kyseliny citronové), vzorec pro výpočet:

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

a – spotřeba 0,1 M NaOH [ml]

n – množství vzorku [g]

f – zředovací faktor 0,1 M NaOH

4.2.8 Statistické vyhodnocení

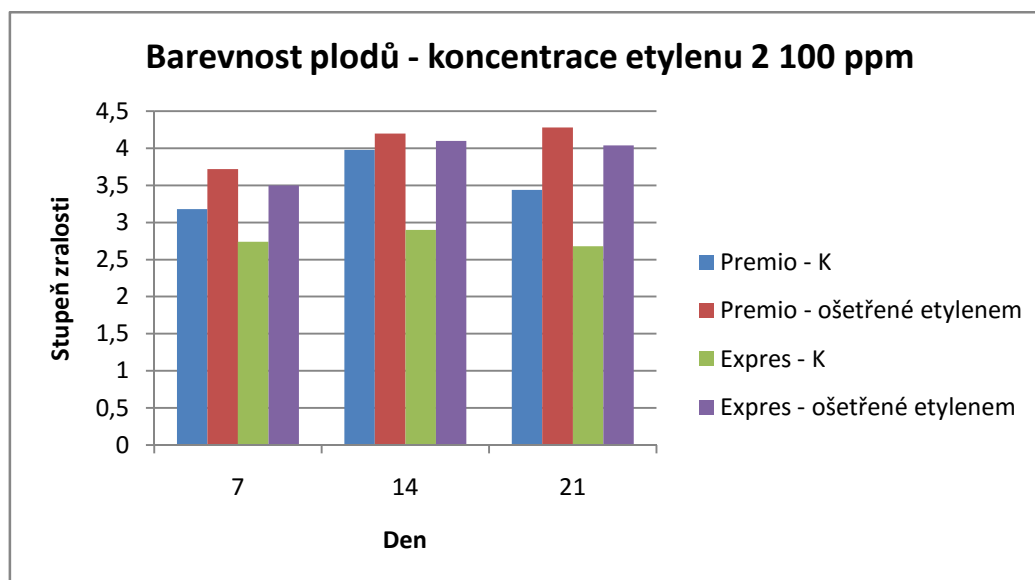
Výsledky byly zpracovány tabelárně, statisticky a graficky. Barevnost plodů byla vyhodnocena tabelárně a graficky v programu Excel. Velikost plodů byla zpracována tabelárně v programu Excel. Hmotnost, penetrometrická pevnost, obsah rozpustné sušiny a obsah titračních kyselin byly zpracovány tabelárně v programu Excel a statisticky vyhodnoceny v programu STATISTICA 12. Statistické vyhodnocení bylo provedeno vícefaktorovou analýzou ANOVA.

5 VÝSLEDKY A DISKUSE

5.1 Barevné změny plodů rajčat

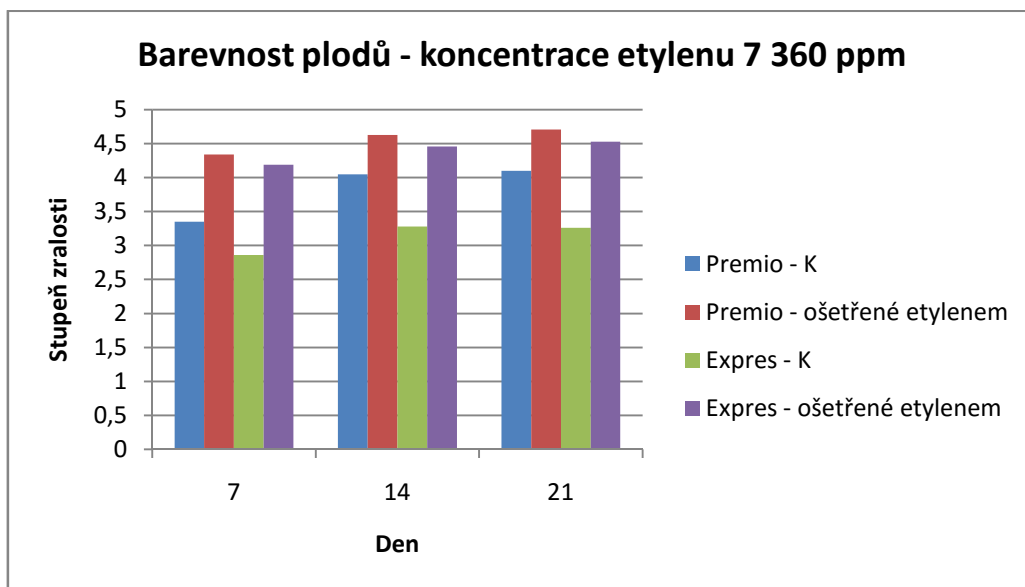
Tab. 9: Hodnocení barevnosti plodů rajčat podle stupně zralosti

Stupeň zralosti	Barva plodů
1	Zelená
2	Bílá
3	Počínající červená
4	Červená
5	Plně červená



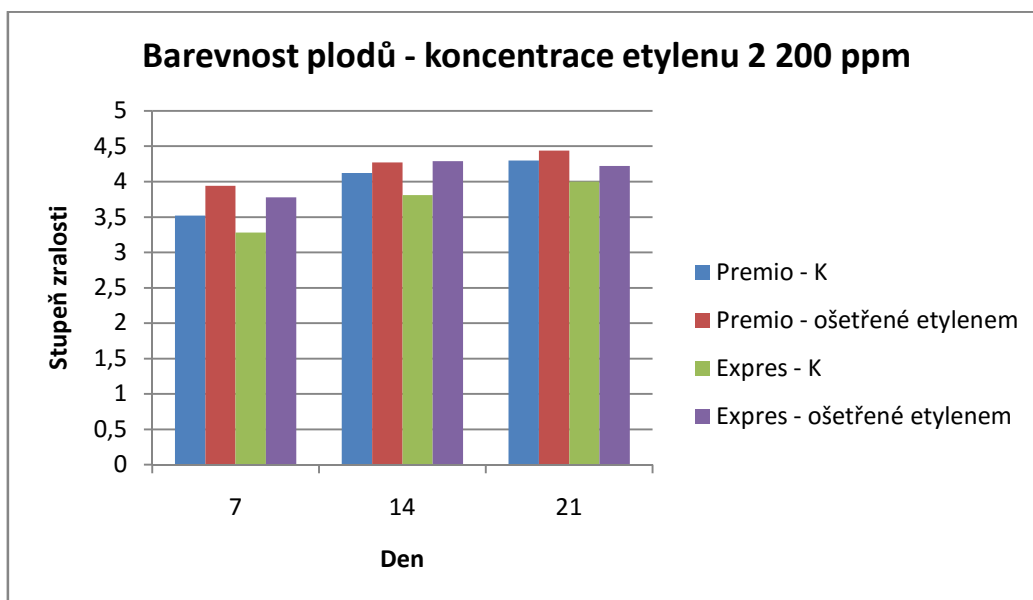
Graf 1: Hodnocení barevnosti plodů rajčat u dvou odrůd ('Expres', 'Premio') podle stupně zralosti při ošetření exogenním etylenem o koncentraci 2 100 ppm

Z grafu 1 vyplývá, že odrůdy ošetřené exogenním etylenem dozrávaly rychleji, což se projevilo i na jejich barevnosti, která byla intenzivnější než u odrůd neošetřených etylenem. V porovnání mezi odrůdami dozrávala rychleji odrůda 'Premio'. Neošetřená odrůda 'Expres' dosahovala pouze počínající červené barvy.



Graf 2: Hodnocení barevnosti plodů rajčat u dvou odrůd ('Expres', 'Premio') podle stupně zralosti při ošetření exogenním etylenem o koncentraci 7 360 ppm

Z grafu 2 je zřejmé, že díky vyšší koncentraci exogenního etylenu dosáhly plody nejintenzivnějšího zbarvení oproti 1. a 3. pokusu měření. Ošetřená odrůda 'Premio' dosahovala plně červeného zbarvení. Neosetřené odrůdy dozrávali pomaleji, zejména odrůda 'Expres', která dosáhla pouze počínajícího červeného zbarvení.



Graf 3: Hodnocení barevnosti plodů rajčat u dvou odrůd ('Expres', 'Premio') podle stupně zralosti po ošetření exogenním etylenem o koncentraci 2 200 ppm

Z grafu 3 vyplývá, že odrůdy dosáhly téměř stejného stupně zralosti, což mohlo být ovlivněno delším dozráváním odrůd na keři. V 7. den měření dosahovaly všechny

plody počínající červené barvy, s výjimkou ošetřené odrůdy 'Premio', která dosahovala červené barvy. Stupeň zralosti postupně rostl a v 21. den dosahovaly plody všech odrůd červené barvy.

Hodnocení barevnosti vyplývající z grafu 1, 2 a 3 podle povrchové barvy u obou odrůd 'Premio' a 'Expres' se prokázaly jako dostatečně významné v tom, že odrůda 'Expres' jako kontrola dozrávala pomaleji a její hodnoty barevnosti se pohybovaly na úrovni barvy bílé až počínající červené, která se zásadně nezvyšovala. Odrůda 'Premio' jako kontrola byla schopna postupně dozrávat v období 21 dnů z hodnoty počínající červené až do červené. Vlivem ošetření etylenem u koncentrace 2100 ppm až 7360 ppm se zvýšila barevnost u odrůdy 'Premio' téměř na plně červenou barvu po 21 dnech, i když rozdíl mezi 7. a 21. dnem nebyl výrazně vyšší. U odrůdy 'Expres' bylo dozrávání etylenem výrazné vzhledem ke kontrole a mírně se zvyšovalo dobou skladování, ale nedosahovala hodnot odrůdy 'Premio', která za stejných časových podmínek měla více červenou barvu. Barevnost plodů se zvyšovala ve 3. odběrovém termínu (26. 10.) a rozdíly mezi kontrolou a ošetřenou variantou 2200 ppm nebyly příliš zřetelné.

5.2 Velikost plodů rajčat při ošetření etylenem

Tab. 10: Velikost plodů rajčat u dvou odrůd ('Expres', 'Premio') při ošetření exogenním etylenem o třech koncentracích (2 100 ppm, 7 360 ppm, 2 200 ppm)

Velikost (mm) plodů rajčat (šířka x výška)				
Odrůda	Den	1. měření (u ošetřených odrůd – koncentrace etylenu 2 100 ppm)	2. měření (u ošetřených odrůd – koncentrace etylenu 7 360 ppm)	3. měření (u ošetřených odrůd – koncentrace etylenu 2 100 ppm)
'Expres' K	0	67 x 60	67 x 63	70 x 62
	7	65 x 58	67 x 57	67 x 56
	14	66 x 59	54 x 52	66 x 59
	21	55 x 52	61 x 59	60 x 56
'Expres' ošetřená	7	63 x 61	60 x 57	65 x 57
	14	53 x 52	52 x 48	64 x 55
	21	52 x 50	54 x 51	61 x 56
'Premio'	0	68 x 62	67 x 61	71 x 64

K	7	66 x 60	68 x 59	69 x 65
	14	67 x 62	61 x 58	67 x 59
	21	62 x 60	64 x 57	69 x 58
'Premio' ošetřená	7	66 x 59	66 x 56	67 x 62
	14	55 x 53	53 x 51	64 x 55
	21	53 x 52	52 x 49	62 x 56

Údaje v tabulce 10 znázorňují velikostní parametry ošetřených plodů rajčat o třech koncentracích (2 100 ppm, 7360 ppm, 2200 ppm) a neošetřených plodů ve třech termínech sklizně. Velikost plodů rajčat v průběhu skladování převážně klesala. Ojedinelé mírné nárůsty velikosti mohly být způsobeny náhodným výběrem plodů. Velikostní parametry plodů rajčat u obou zkoumaných odrůd se pohybovaly u nejmenšího plodu v rozměrech 52 x 48 mm a u největšího plodu 71 x 64 mm.

5.3 Změny hmotnosti plodů rajčat

Tab. 11: Změny hmotnosti plodů rajčat u dvou odrůd ('Expres', 'Premio') při ošetření exogenním etylenem o koncentraci 2 100 ppm

Hmotnost plodů (g) rajčat – koncentrace etylenu 2 100 ppm						
Odrůda	Den	\bar{x}	Počet	\pm SE	Min	Max
'Expres' K	0	128,4	5	3,32	123	133
	7	117,8	5	9,15	103	131
	14	119,2	5	5,42	114	128
	21	108,2	5	4,40	102	114
'Expres' ošetřená	7	115,0	5	4,82	107	120
	14	104,2	5	3,87	98	109
	21	98,8	5	4,31	93	105
'Premio' K	0	134,2	5	5,04	122	151
	7	121,0	5	8,02	107	129
	14	124,6	5	6,32	118	135
	21	115,8	5	5,23	107	122
'Premio'	7	120,8	5	3,43	116	126

ošetřená	14	110,0	5	4,69	103	116
	21	105,2	5	5,11	98	112

Tab. 12: Změny hmotnosti plodů rajčat u dvou odrůd ('Expres', 'Premio') při ošetření exogenním etylenem o koncentraci 7 360 ppm

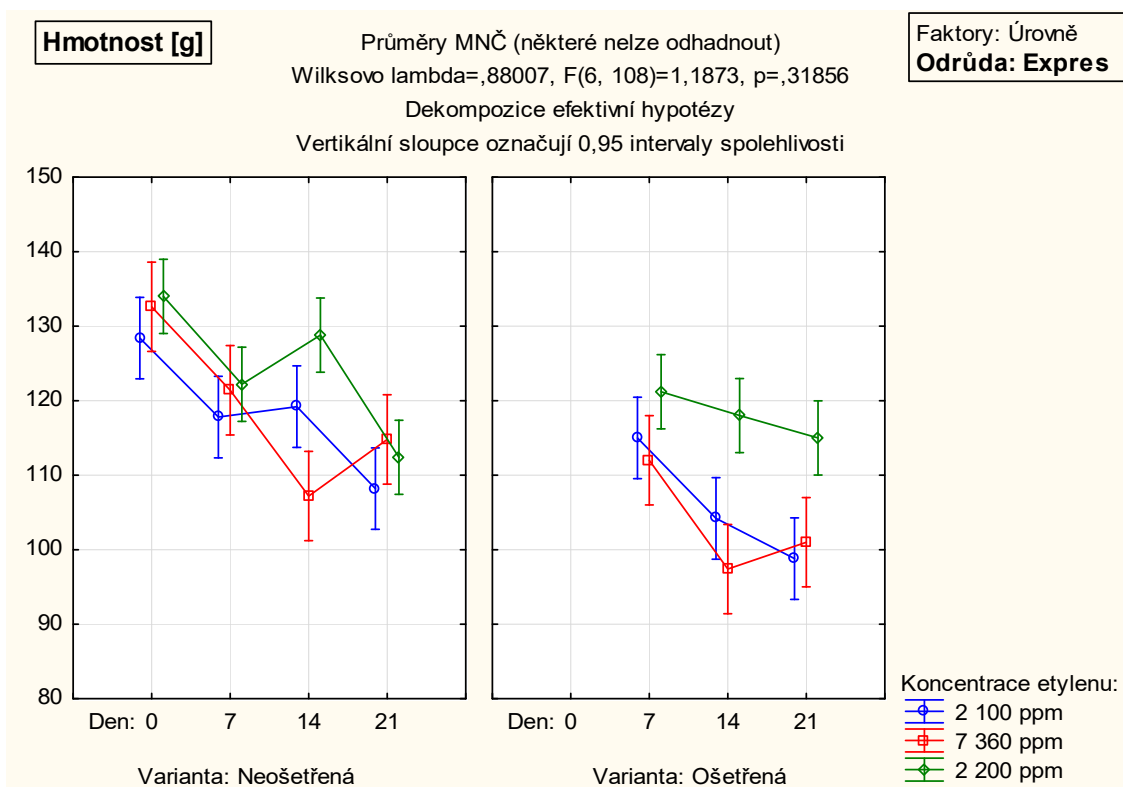
Hmotnost plodů (g) rajčat – koncentrace etylenu 7 360 ppm						
Odrůda	Den	\bar{x}	Počet	\pm SE	Min	Max
'Expres' K	0	132,6	5	4,50	127	140
	7	121,4	5	11,45	103	136
	14	107,2	5	3,76	101	112
	21	114,8	5	5,27	106	121
'Expres' ošetřená	7	112	5	5,97	104	121
	14	97,4	5	4,84	92	105
	21	101,0	5	4,56	94	107
'Premio' K	0	131,2	5	5,34	125	139
	7	123,8	5	10,07	108	139
	14	114,6	5	5,89	104	121
	21	117,4	5	4,03	112	124
'Premio' ošetřená	7	120,0	5	3,85	114	124
	14	105,8	5	4,40	100	112
	21	102,6	5	3,61	98	107

Tab. 13: Změny hmotnosti plodů rajčat u dvou odrůd ('Expres', 'Premio') při ošetření exogenním etylenem o koncentraci 2 200 ppm

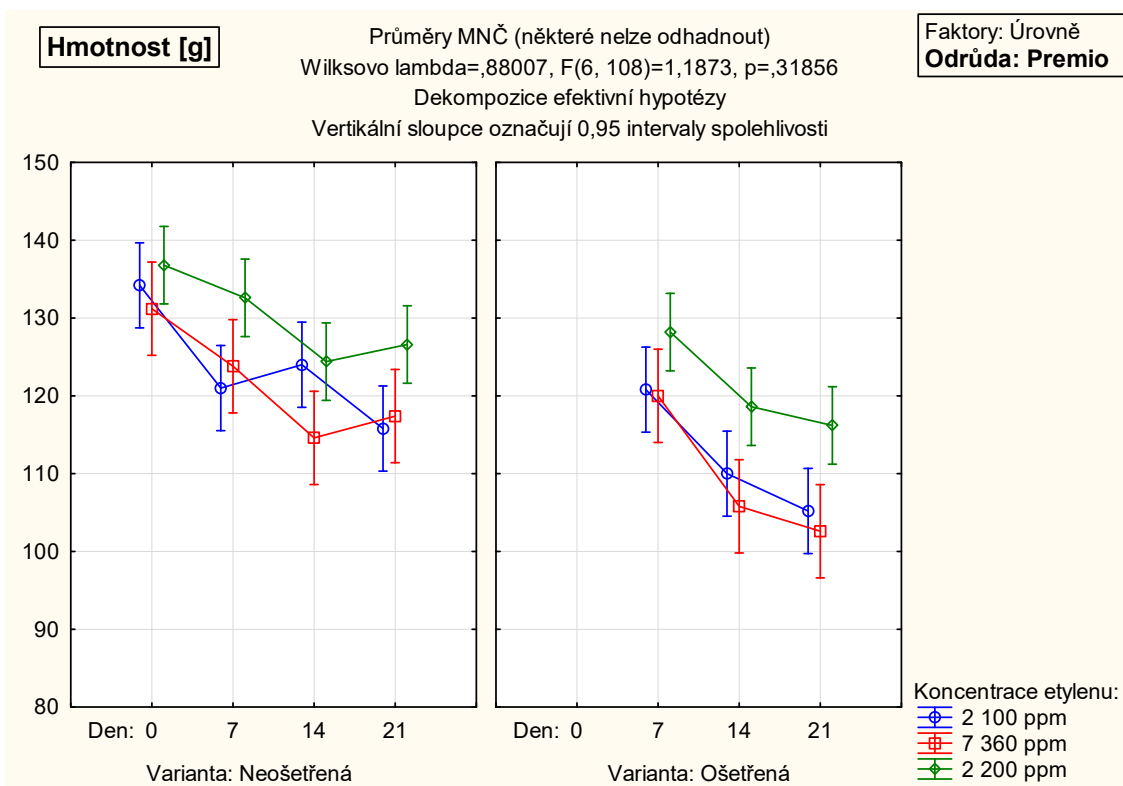
Hmotnost plodů (g) rajčat – koncentrace etylenu 2 200 ppm						
Odrůda	Den	\bar{x}	Počet	\pm SE	Min	Max
'Expres' K	0	134	5	7,13	122	146
	7	122,2	5	5,46	117	132
	14	128,8	5	5,64	120	137
	21	112,4	5	6,09	104	121

'Expres' ošetřená	7	121,2	5	5,42	114	127
	14	118	5	4,43	112	124
	21	115	5	4,82	101	109
'Premio' K	0	136,8	5	3,31	132	141
	7	132,6	5	4,84	125	138
	14	124,4	5	3,32	119	129
	21	126,6	5	4,84	119	134
'Premio' ošetřená	7	128,2	5	4,87	122	136
	14	118,6	5	4,22	114	125
	21	116,2	5	3,71	111	122

Údaje v tabulkách 11, 12, 13 znázorňují hodnoty průměrné hmotnosti plodů rajčat u dvou neošetřených a u dvou ošetřených odrůd exogenním etylenem ve třech termínech sklizně. Průměrné hodnoty hmotnosti plodů rajčat v průběhu skladování převážně klesaly. V porovnání mezi neošetřenými odrůdami měla odrůda 'Premio' vyšší hmotnost než odrůda 'Expres', kdy se průměrná hodnota hmotnosti plodů rajčat u odrůdy 'Premio' při sklizni pohybovala od 131,2 do 136,8 g a na konci skladovacího období ve 3. pokusu byla konečná hodnota hmotnosti plodů 126,6 g. Neošetřená odrůda 'Expres' při sklizni dosahovala hmotnosti od 128,4 do 134 g a na konci skladovacího období ve 3. pokusu byla konečná hodnota 112,4 g. V případě ošetřené varianty odrůdy 'Premio' byla konečná hodnota v posledním měření 116,2 g a u odrůdy 'Expres' 115 g. Při nejvyšší koncentraci (7 360 ppm) ošetření exogenním etylenem v 21. den měření měla odrůda 'Premio' hmotnost 102,6 g a odrůda 'Expres' 101 g.



Graf 4: Změny hmotnosti plodů rajčat u odrůdy 'Expres' při ošetření exogenním ethylenem o třech koncentracích



Graf 5: Změny hmotnosti plodů rajčat u odrůdy 'Premio' při ošetření exogenním ethylenem o třech koncentracích

Z grafu 4 a 5 je zřejmé, že hmotnost u obou odrůd postupně klesala s výjimkou odrůdy 'Expres', kdy u neošetřené varianty ve 14. den měření v 1. a ve 3. pokusu průměrná hmotnost plodů mírně stoupla a stejně tak i ve 21. dni ve 2. pokusu. Také u ošetřené varianty byl zaznamenán menší nárůst hmotnosti ve 21. den ve 2. pokusu. U odrůdy 'Premio' byl také zaznamenán mírný nárůst hmotnosti, a to u neošetřené varianty v 1. pokusu ve 14. den a ve 2. a 3. pokusu ve 21. den. Občasný nárůst hmotnosti byl pravděpodobně způsoben náhodným výběrem plodů. Statisticky významný rozdíl byl u odrůdy 'Expres' u neošetřené varianty zaznamenán pouze ve 14. dni mezi 2. a 3. pokusem a mezi 1. a 2. pokusem byl zjištěn statisticky průkazný rozdíl. U ošetřené varianty odrůdy 'Expres' se prokázal statisticky významný rozdíl mezi 1. a 3. pokusem a mezi 2. a 3. pokusem ve 14. a 21. den. U neošetřené odrůdy 'Premio' byl statistický průkazný rozdíl pouze 7. den mezi 1. a 3. pokusem. U ošetřené varianty odrůdy 'Premio' byl zaznamenán statisticky průkazný rozdíl ve 14. dni mezi 2. a 3. pokusem, a také byl zjištěn statisticky průkazný rozdíl ve 21. dni mezi 1. a 3. pokusem a také mezi 2. a 3. pokusem. U ošetřených variant obou odrůd byla zjištěna celkově nižší hmotnost než u variant neošetřených, ale rozdíly nebyly příliš výrazné. U ošetření nejvyšší koncentrací (7 360 ppm) exogenního etylenu byla zaznamenána nejnižší hmotnost jak u odrůdy 'Expres' tak i u odrůdy 'Premio'. U všech variant obou odrůd byla zaznamenána nejvyšší hmotnost u plodů rajčat sklizených v posledním sběru. To mohlo být způsobeno delším setrváním plodů na keři. V porovnání odrůd měla odrůda 'Premio' celkově vyšší hmotnost než odrůda 'Expres'.

Podle Djinovice (2016) by měla průměrná hmotnost plodů rajčat u odrůdy 'Expres' dosahovat až 140 g. Pokusem bylo zjištěno, že v posledním termínu sklizně plody rajčat dosahovaly hodnot 134 g, což je hodnota nižší než uvádí autor.

Welikala (2015) uvádí, že hmotnost plodů rajčat odrůdy 'Premio' by měla dosahovat 140 – 160 g. Pokusem bylo zjištěno, že v posledním termínu sklizně plody rajčat dosahovaly hodnot 136,8 g, což je hodnota nižší než uvádí autor.

V pokusu u obou odrůd byly zjištěné hodnoty nižší, než uvádí Djinovic (2016) a Welikala (2015), což mohlo být způsobeno sklizní rajčat v nezralém stavu, tudíž plody na keři při sklizni nedosáhly plné zralosti.

Podle Němcové (2013) je úbytek hmotnosti plodů závislý na teplotě skladování. Čím vyšší je teplota skladování, tím vyšší je i odpar vody z plodů. Plody rajčat v pokusu byly skladovány při teplotě 20 °C, což se projevilo na úbytku hmotnosti.

5.4 Změny penetrometrické pevnosti plodů rajčat

Tab. 14: Změny penetrometrické pevnosti plodů rajčat u dvou odrůd ('Expres', 'Premio') při ošetření exogenním etylenem o koncentraci 2 100 ppm

Penetrometrická pevnost (MPa) u plodů rajčat – koncentrace etylenu 2 100 ppm						
Odrůda	Den	\bar{x}	Počet	\pm SE	Min	Max
'Expres' K	0	0,71	5	0,04	0,65	0,76
	7	0,55	5	0,10	0,45	0,71
	14	0,47	5	0,05	0,40	0,55
	21	0,41	5	0,04	0,35	0,46
'Expres' ošetřená	7	0,42	5	0,03	0,38	0,46
	14	0,37	5	0,03	0,34	0,42
	21	0,28	5	0,04	0,22	0,33
'Premio' K	0	0,87	5	0,06	0,77	0,95
	7	0,71	5	0,03	0,68	0,74
	14	0,58	5	0,04	0,52	0,62
	21	0,62	5	0,05	0,55	0,71
'Premio' ošetřená	7	0,53	5	0,03	0,48	0,57
	14	0,36	5	0,03	0,32	0,40
	21	0,25	5	0,05	0,18	0,32

Tab. 15: Změny penetrometrické pevnosti plodů rajčat u dvou odrůd ('Expres', 'Premio') při ošetření exogenním etylenem o koncentraci 7 360 ppm

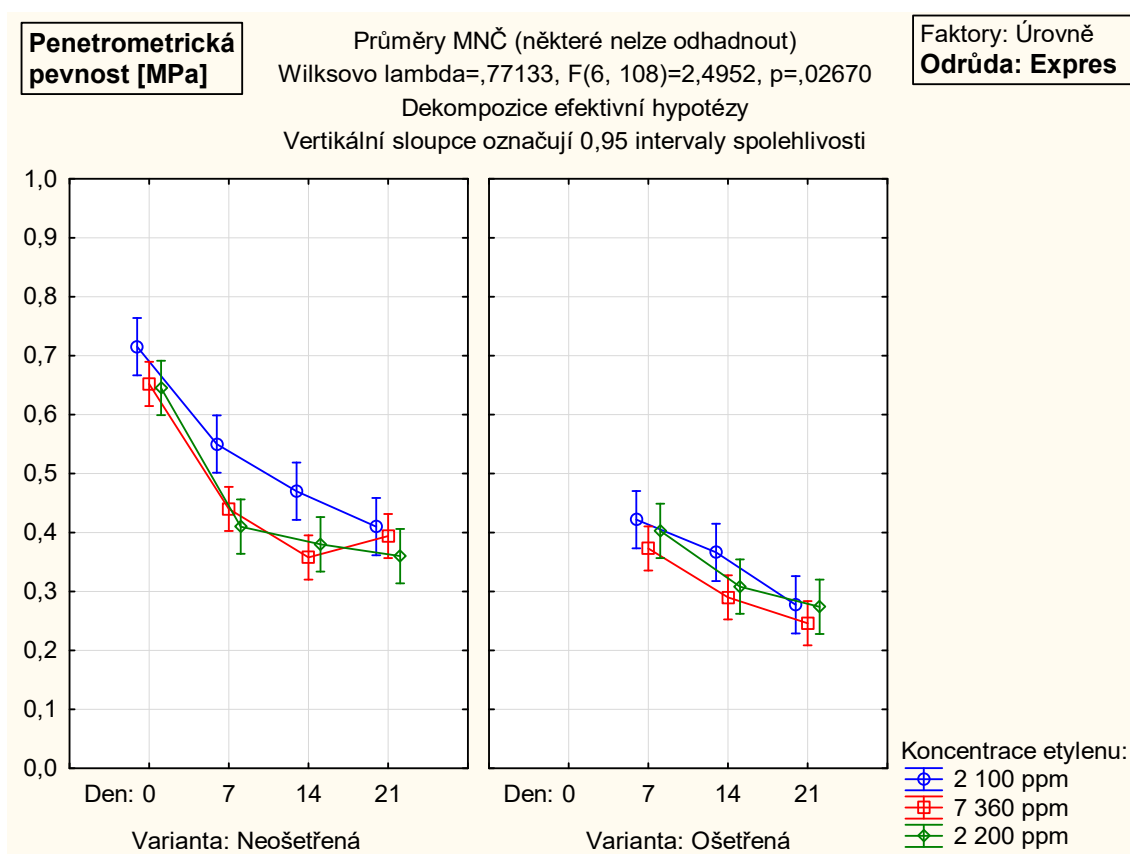
Penetrometrická pevnost (MPa) u plodů rajčat – koncentrace etylenu 7 360 ppm						
Odrůda	Den	\bar{x}	Počet	\pm SE	Min	Max
'Expres' K	0	0,65	5	0,03	0,62	0,70
	7	0,44	5	0,06	0,33	0,50
	14	0,36	5	0,02	0,34	0,38

	21	0,39	5	0,06	0,32	0,46
'Expres' ošetřená	7	0,37	5	0,03	0,32	0,41
	14	0,29	5	0,04	0,25	0,34
	21	0,25	5	0,01	0,22	0,26
'Premio' K	0	0,79	5	0,04	0,72	0,83
	7	0,64	5	0,03	0,59	0,69
	14	0,55	5	0,03	0,51	0,59
	21	0,41	5	0,02	0,39	0,44
'Premio' ošetřená	7	0,40	5	0,04	0,33	0,45
	14	0,28	5	0,04	0,22	0,33
	21	0,20	5	0,03	0,16	0,25

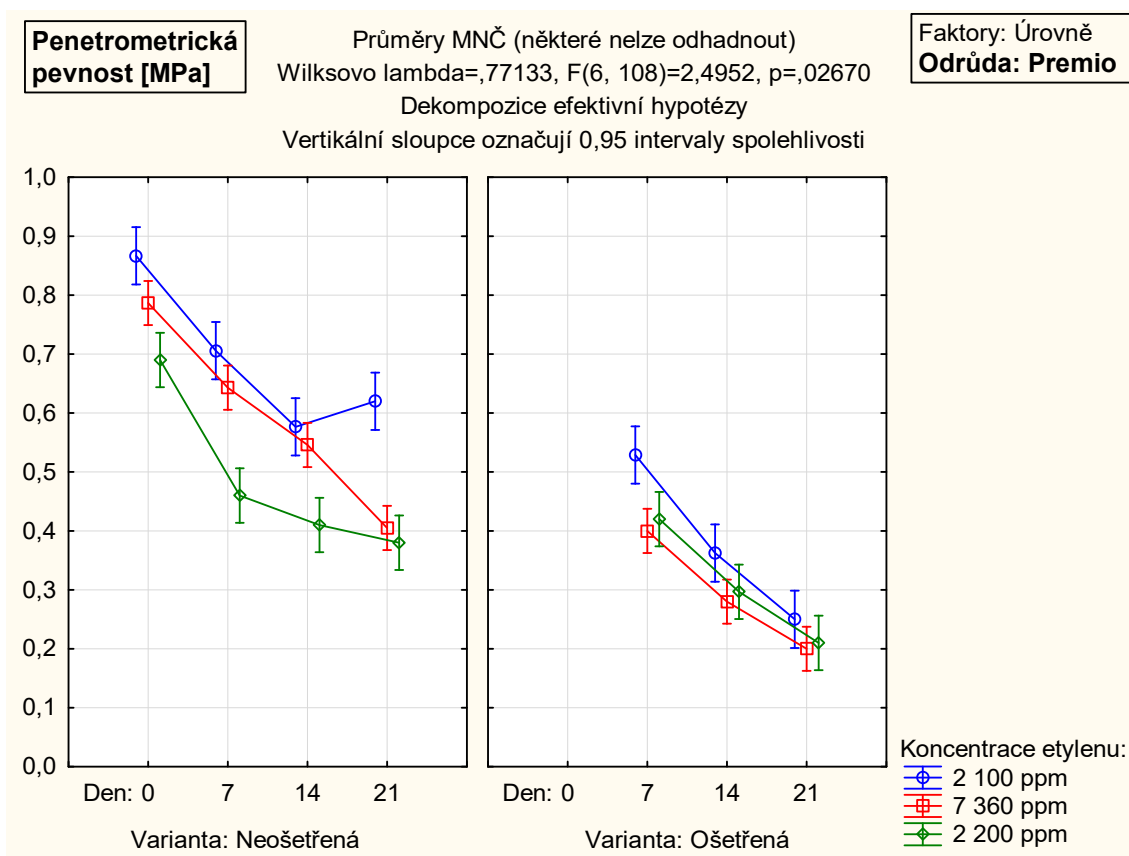
Tab. 16: Změny penetrometrické pevnosti plodů rajčat u dvou odrůd ('Expres', 'Premio') při ošetření exogenním ethylenem o koncentraci 2 200 ppm

Penetrometrická pevnost (MPa) u plodů rajčat – koncentrace ethylenu 2 200 ppm						
Odrůda	Den	\bar{x}	Počet	\pm SE	Min	Max
'Expres' K	0	0,65	5	0,03	0,60	0,69
	7	0,41	5	0,05	0,34	0,48
	14	0,38	5	0,04	0,32	0,44
	21	0,36	5	0,05	0,30	0,43
'Expres' ošetřená	7	0,40	5	0,02	0,38	0,43
	14	0,31	5	0,03	0,28	0,36
	21	0,27	5	0,04	0,22	0,33
'Premio' K	0	0,69	5	0,07	0,59	0,77
	7	0,46	5	0,05	0,39	0,53
	14	0,41	5	0,05	0,33	0,47
	21	0,38	5	0,06	0,30	0,46
'Premio' ošetřená	7	0,42	5	0,05	0,36	0,48
	14	0,30	5	0,02	0,28	0,33
	21	0,21	5	0,05	0,16	0,29

Údaje v tabulkách 14, 15, 16 zaznamenávají hodnoty, týkající se pevnosti plodů rajčat stanovených penetrometricky u dvou neošetřených a u dvou ošetřených odrůd exogenním etylenem ve třech termínech sklizně. Pevnost plodů u neošetřených odrůd postupně klesala, stejně tak i u ošetřených odrůd, ale u ošetřených plodů byla pevnost nižší. Čím vyšší koncentrace ošetření exogenním etylenem byla použita, tím nižší byla pevnost plodů. V porovnání mezi neošetřenými odrůdami měla odrůda 'Premio' v posledním sběru vyšší pevnost než odrůda 'Expres', kdy odrůda 'Premio' dosahovala pevnosti v 21. den 0,38 MPa a odrůda 'Expres' 0,36 MPa. Ošetřená odrůda 'Premio' v 21. den dosahovala pevnosti 0,21 MPa a odrůda 'Expres' 0,27 MPa. Při ošetření nejvyšší koncentrací (7 360 ppm) odrůda 'Premio' dosahovala pevnosti 0,20 MPa a odrůda 'Expres' 0,25 MPa.



Graf 6: Změny penetrometrické pevnosti plodů rajčat u odrůdy 'Expres' při ošetření exogenním etylenem o třech koncentracích



Graf 7: Změny penetrometrické pevnosti plodů rajčat u odrůdy 'Premio' při ošetření exogenním etylenem o třech koncentracích

Z grafu 6 a 7 je zřejmé, že u všech odrůd v průběhu skladování pevnost plodů klesala, s výjimkou neošetřené varianty u odrůdy 'Expres' pevnost v 21. den u 2. pokusu mírně stoupla a stejně tak i u neošetřené varianty u odrůdy 'Premio' pevnost v 21. den u 1. pokusu mírně stoupla. Nejvýraznější pokles pevnosti plodů byl zaznamenán mezi kontrolním měřením a 7. dnem u neošetřené odrůdy 'Premio' ve 3. pokusu a u odrůdy 'Expres' ve 2. a 3. pokusu měření. Statisticky průkazný rozdíl byl zaznamenán u neošetřené odrůdy 'Expres' v 1. pokusu měření, a to 7. a 14. den. Odrůda 'Expres' je i po 21 dnech (0,41 MPa) pevnější než ošetřená etylenem v koncentraci 2100 ppm, kdy na závěr skladování měla hodnotu 0,28 MPa. U ošetřené odrůdy 'Expres' nebyl zaznamenán statisticky průkazný rozdíl. U odrůdy 'Premio' u neošetřené varianty byl zaznamenán statisticky průkazný rozdíl v 1. pokusu měření ve 21. den a ve 3. pokusu v kontrolní den a statisticky výrazný rozdíl byl zaznamenán 7. a 14. den. Také u ošetřené varianty odrůdy 'Premio' byl v 1. pokusu měření 7. den zaznamenán statisticky průkazný rozdíl. Odrůda 'Premio', která byla pevnější měla po 21 dnech jako neošetřená

hodnotu 0,62 MPa a ošetřená (2 100 ppm) 0,25 MPa. V průběhu skladování se hodnoty pevnosti kontinuálně snižovaly až do konečné hodnoty.

U ošetřených plodů byla zaznamenána menší pevnost plodů než u neošetřených plodů. A bylo také zjištěno, že čím vyšší koncentrace exogenního etylenu byla použita, tím byla pevnost plodů menší. Prokázaly se rozdíly pevnosti obou sledovaných odrůd, neboť odrůda 'Premio' (0,87 MPa) byla výrazně pevnější než odrůda 'Expres' (0,71 MPa). Časové změny jsou vyjádřeny graficky pro obě odrůdy pro použité koncentrace etylenu, ale jejich rozdíly nejsou statisticky významné ani mezi dobou skladování ani použitou koncentrací etylenu. Odrůda 'Premio' však byla citlivější na měknutí plodů v důsledku ošetření.

Goliáš a Lebeda (1978) uvádí, že během vývoje plodů je možné pozorovat téměř lineární pokles pevnosti, který negativně koreluje s vybarvováním plodů, což se projevilo i ve výsledcích v pokusu.

Goliáš a Lebeda (1978) dále uvádí, že minimální průměrné hodnoty u zralých a přezrávajících plodů se pohybují v rozmezí 1,06 až 1,81 MPa, což jsou tedy čísla vyšší než výsledky zjištěné v pokusu, kde se hodnoty u odrůdy 'Expres' pohybovali v rozmezí 0,25 – 0,41 MPa a u odrůdy 'Premio' 0,20 – 0,62 MPa. Důvodem mohlo být použití jiných odrůd, jiné podmínky pěstování a také rozdílné stanoviště.

5.5 Změny obsahu rozpustné sušiny stanovené refraktometricky

Tab. 17: Změny obsahu rozpustné sušiny plodů rajčat u dvou odrůd ('Expres', 'Premio') při ošetření exogenním etylenem o koncentraci 2 100 ppm

Obsah rozpustné sušiny (°Bx) u plodů rajčat – koncentrace etylenu 2 100 ppm						
Odrůda	Den	\bar{x}	Počet	\pm SE	Min	Max
'Expres' K	0	4,3	5	0,13	4,1	4,5
	7	4,5	5	0,13	4,3	4,7
	14	4,9	5	0,27	4,5	5,2
	21	5,2	5	0,22	4,9	5,5
'Expres' ošetřená	7	4,6	5	0,22	4,3	4,9
	14	5,1	5	0,27	4,8	5,5
	21	5,7	5	0,27	5,3	6,1

'Premio' K	0	4,7	5	0,24	4,3	5
	7	4,8	5	0,28	4,4	5,2
	14	5,1	5	0,27	4,8	5,5
	21	5,9	5	0,31	5,4	6,3
'Premio' ošetřená	7	5,3	5	0,26	4,9	5,6
	14	5,4	5	0,32	4,9	5,8
	21	6,1	5	0,54	4,8	6,3

Tab. 18: Změny obsahu rozpustné sušiny plodů rajčat u dvou odrůd ('Expres', 'Premio') při ošetření exogenním etylenem o koncentraci 7 360 ppm

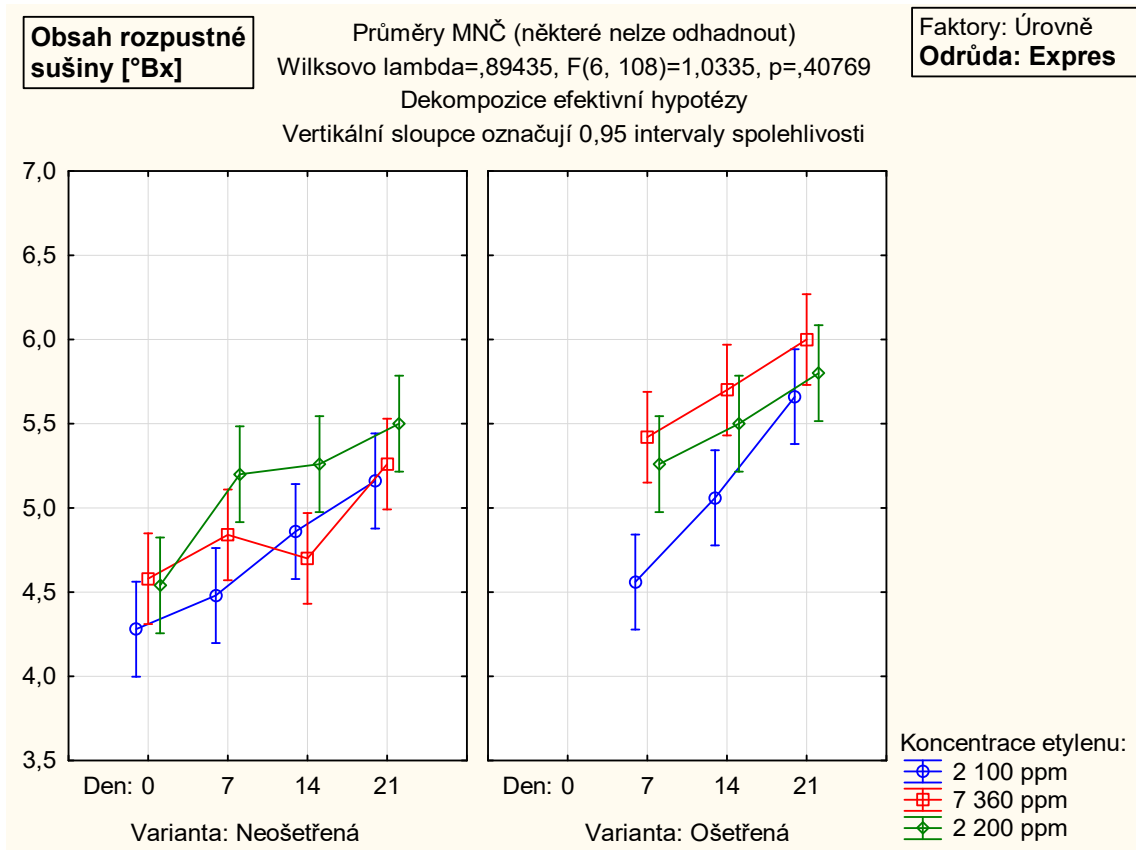
Obsah rozpustné sušiny (°Bx) u plodů rajčat – koncentrace etyleny 7 360 ppm						
Odrůda	Den	\bar{x}	Počet	\pm SE	Min	Max
'Expres' K	0	4,6	5	0,25	4,2	4,9
	7	4,8	5	0,27	4,4	5,2
	14	4,7	5	0,24	4,4	5,1
	21	5,3	5	0,24	4,9	5,6
'Expres' ošetřená	7	5,4	5	0,23	5,1	5,7
	14	5,7	5	0,30	5,2	6,0
	21	6,0	5	0,22	5,7	6,3
'Premio' K	0	4,9	5	0,30	4,5	5,0
	7	5,3	5	0,27	4,9	5,6
	14	5,1	5	0,21	4,9	5,5
	21	5,6	5	0,26	5,3	6,0
'Premio' ošetřená	7	5,6	5	0,30	5,2	6,1
	14	5,9	5	0,31	5,4	6,3
	21	6,3	5	0,32	5,9	6,8

Tab. 19: Změny obsahu rozpustné sušiny plodů rajčat u dvou odrůd ('Expres', 'Premio') při ošetření exogenním etylenem o koncentraci 2 200 ppm

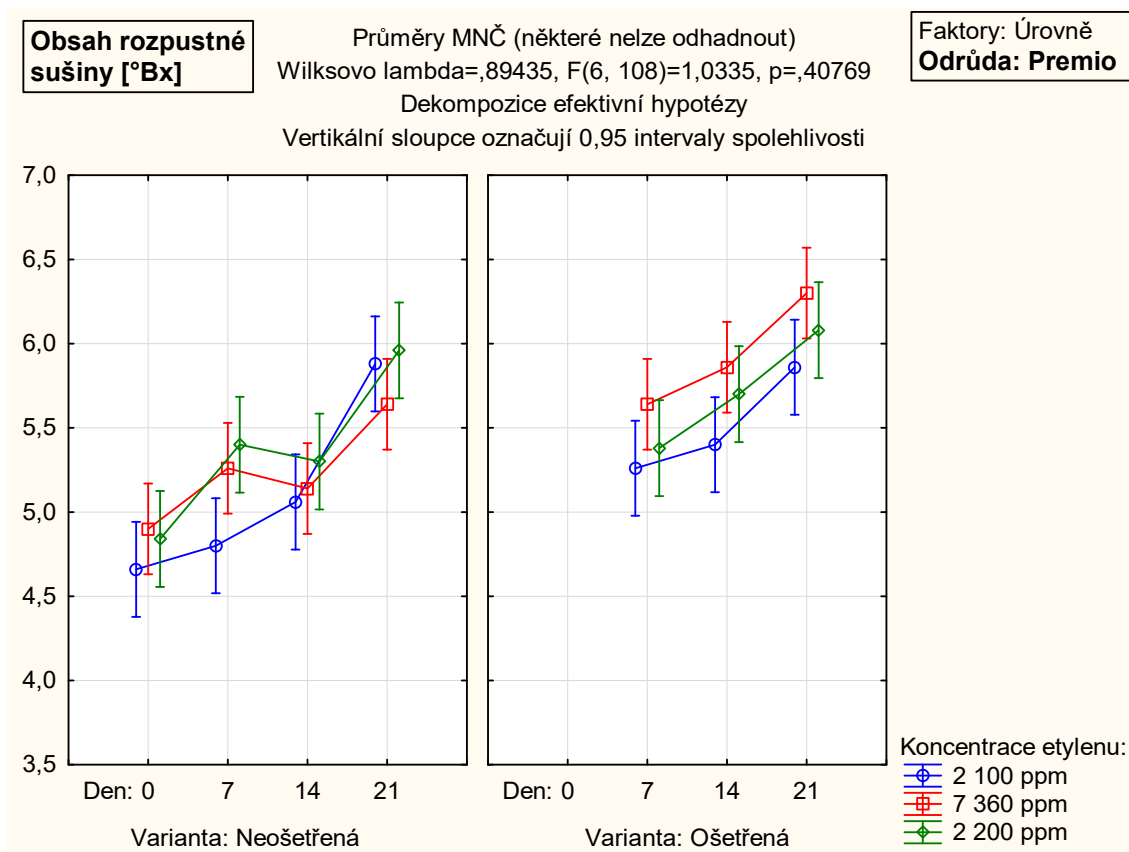
Obsah rozpustné sušiny (°Bx) u plodů rajčat – koncentrace etylenu 2200 ppm						
Odrůda	Den	\bar{x}	Počet	\pm SE	Min	Max
'Expres' K	0	4,5	5	0,27	4,2	4,9
	7	5,2	5	0,20	4,9	5,5
	14	5,3	5	0,22	5,0	5,5
	21	5,5	5	0,33	5,0	5,9
'Expres' ošetřená	7	5,3	5	0,22	5,0	5,5
	14	5,5	5	0,30	5,1	5,9
	21	5,8	5	0,42	5,2	6,4
'Premio' K	0	4,8	5	0,24	4,5	5,2
	7	5,4	5	0,19	5,1	5,6
	14	5,3	5	0,23	5,0	5,6
	21	6,0	5	0,30	5,6	6,4
'Premio' ošetřená	7	5,4	5	0,22	5,2	5,8
	14	5,7	5	0,36	5,1	6,1
	21	6,1	5	0,35	5,6	6,6

Údaje v tabulkách 17, 18, 19 zaznamenávají hodnoty, týkající se zastoupení refraktometrické sušiny v plodech rajčat u dvou neošetřených a u dvou ošetřených odrůd exogenním etylenem ve třech termínech sklizně. Obsah rozpustné sušiny plodů rajčat se u neošetřených odrůd postupně zvyšoval, stejně tak i u ošetřených odrůd, kde byl obsah rozpustné sušiny plodů vyšší. Čím vyšší koncentrace ošetření exogenním etylenem byla použita, tím vyšší byl obsah rozpustné sušiny plodů. V porovnání mezi neošetřenými odrůdami měla odrůda 'Premio' stejný obsah rozpustné sušiny v 21. den v posledním měření jako odrůda 'Expres', kdy obě odrůdy dosahovaly obsahu rozpustné sušiny 5,3 °Bx. Ošetřená odrůda 'Premio' v 21. den v posledním měření dosahovala obsahu rozpustné sušiny 5,7 °Bx a odrůda 'Expres' 5,5 °Bx. Při nejvyšší koncentraci (7 360 ppm) ošetření exogenním etylenem dosahovala odrůda 'Premio' v 21. den 5,9 °Bx rozpustné sušiny a odrůda 'Expres' 5,7 °Bx rozpustné sušiny. Neošetřené plody u odrůdy 'Expres' zvýšily svoji hodnotu refrakce o 0,9 °Bx, plody ošetřené o 1,1 °Bx. U

odrůdy 'Premio' se běžným dozríváním zvýšila rozpustná sušina o 1,2 °Bx a po ošetření etylenem na 6,1 °Bx, což je o 1,4 °Bx vyšší obsah rozpustné sušiny.



Graf 8: Změny obsahu rozpustné sušiny plodů rajčat u odrůdy 'Expres' při ošetření exogenním etylenem o třech koncentracích



Graf 9: Změny obsahu rozpustné sušiny plodů rajčat u odrůdy 'Premio' při ošetření exogenním etylenem o třech koncentracích

Z grafu 8 a 9 je zřejmé, že použité odrůdy měly v období sklizně nízký obsah rozpustné sušiny u odrůdy 'Expres' (4,3 °Bx) a u odrůdy 'Premio' (4,7 °Bx). Ale také, že obsah rozpustné sušiny u všech odrůd postupně stoupal, s výjimkou neošetřené odrůdy 'Expres', kde byl zaznamenán ve 2. pokusu ve 14. dni mírný pokles a u neošetřené odrůdy 'Premio', kde byl u 2. a 3. pokusu měření ve 14. dni zaznamenán také pokles rozpustné sušiny. Statisticky významný rozdíl byl zaznamenán u odrůdy 'Expres' u ošetřené varianty v 1. pokusu v 7. a 14. den měření. Statisticky průkazný rozdíl byl také zaznamenán 7. a 14. den u neošetřené varianty odrůdy 'Expres'. Z grafu dále vyplývá, že koncentrace exogenního etylenu měla vliv na obsah rozpustné sušiny, čím vyšší koncentrací byly plody ošetřeny, tím vyšší byl obsah rozpustné sušiny. V porovnání odrůd 'Premio' a 'Expres', obsahovala odrůda 'Premio' vyšší obsah rozpustné sušiny nicméně rozdíly v koncentracích etylenu nebyly statisticky prokázány.

Podle Petříkové a Malého (1998) by měly rajčata obsahovat 5 – 6 °Bx rozpustné sušiny. Hodnoty obsahu rozpustné sušiny stanovené laboratorně se u odrůdy 'Expres'

pohybovaly v rozmezí 4,7 – 5,7 °Bx, což jsou hodnoty nepatrně nižší, než uvádí autoři. U odrůdy 'Premio' se hodnoty pohybovaly v rozmezí 5,1 – 5,9 °Bx, což jsou hodnoty shodné s autorem.

Podle Ropa a kol. (2005) by se měl obsah rozpustné sušiny pohybovat v rozmezí 4,6 – 6,6 °Bx, což odpovídá hodnotám stanovených laboratorně jak u odrůdy 'Expres', tak i u odrůdy 'Premio'.

Podle Kopce (1998) by se měl obsah rozpustné sušiny pohybovat v průměru 6,3 °Bx, což je hodnota o něco vyšší než hodnoty naměřené v pokusu. Těchto hodnot odrůdy dosahovaly až v přezrálém stavu. Odlišné hodnoty mohou být způsobené výběrem odrůd nebo odlišnými pěstebními podmínkami.

Ze studie od Goliáše a Lebedy (1978) bylo zjištěno, že obsah rozpustné sušiny se pohybuje v červených rajčatech v rozmezí 6,70 – 8,03 °Bx, což jsou hodnoty vyšší než hodnoty naměřené v pokusu. To mohlo být způsobeno výběrem odrůd.

Podle Nunese (2008) a Sterna (1994) plody dozrávané při 20 °C byly zhodnoceny jako méně sladké, což se projevilo i v pokusu, kdy byly plody uskladněny při teplotě 20 °C a měly menší obsah rozpustné sušiny. Z toho vyplývá, že teplota mohla mít vliv na kvalitu plodů.

5.6 Změny obsahu titračních kyselin

Tab. 20: Změny obsahu titračních kyselin plodů rajčat u dvou odrůd ('Expres', 'Premio') při ošetření exogenním etylenem o koncentraci 2 100 ppm

Obsah titračních kyselin (%) u plodů rajčat – koncentrace etylenu 2 100 ppm						
Odrůda	Den	\bar{x}	Počet	± SE	Min	Max
'Expres' K	0	0,528	5	0,01	0,509	0,547
	7	0,572	5	0,03	0,540	0,608
	14	0,548	5	0,01	0,530	0,567
	21	0,521	5	0,01	0,502	0,539
'Expres' ošetřená	7	0,539	5	0,01	0,518	0,556
	14	0,475	5	0,01	0,462	0,493
	21	0,448	5	0,02	0,421	0,470
'Premio'	0	0,554	5	0,05	0,480	0,612

K	7	0,601	5	0,02	0,584	0,625
	14	0,552	5	0,02	0,527	0,584
	21	0,528	5	0,01	0,509	0,547
'Premio' ošetřená	7	0,537	5	0,05	0,480	0,612
	14	0,509	5	0,04	0,450	0,571
	21	0,483	5	0,02	0,450	0,510

Tab. 21: Změny obsahu titračních kyselin plodů rajčat u dvou odrůd ('Expres', 'Premio') při ošetření exogenním etylenem o koncentraci 7 360 ppm

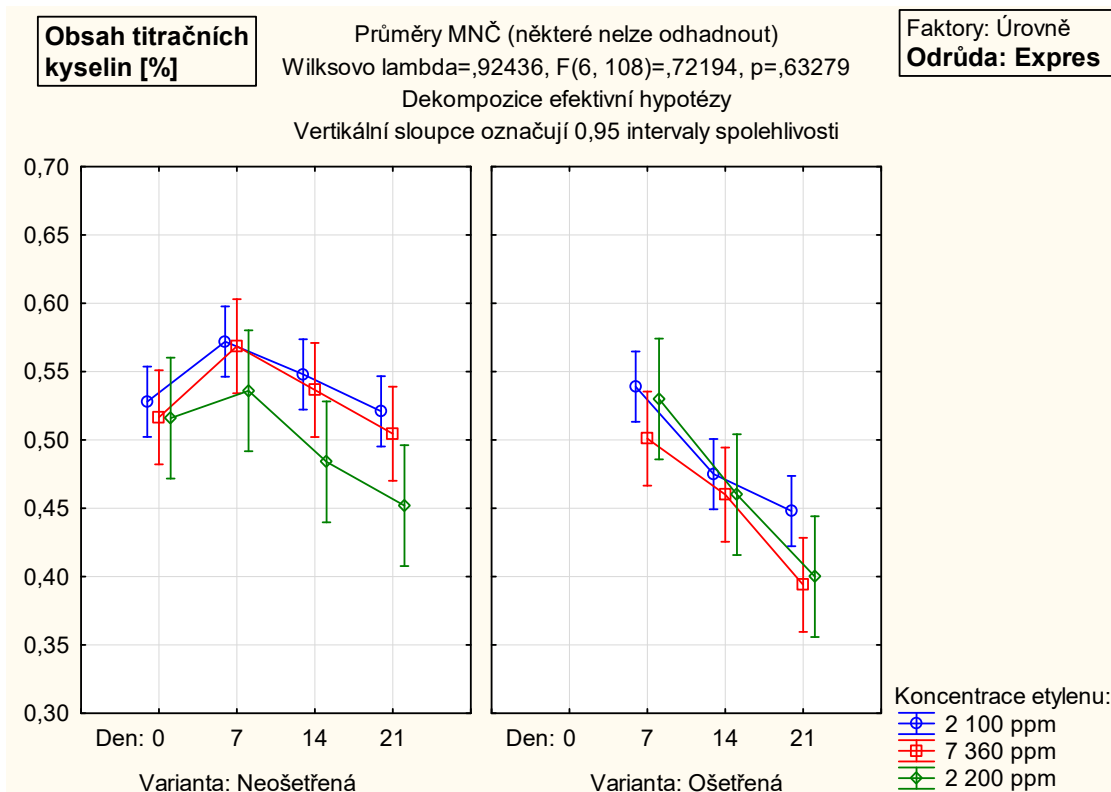
Obsah titračních kyselin (%) u plodů rajčat – koncentrace etylenu 7 360 ppm						
Odrůda	Den	\bar{x}	Počet	\pm SE	Min	Max
'Expres' K	0	0,515	5	0,04	0,480	0,572
	7	0,565	5	0,04	0,510	0,611
	14	0,538	5	0,05	0,480	0,610
	21	0,504	5	0,04	0,450	0,570
'Expres' ošetřená	7	0,501	5	0,02	0,482	0,526
	14	0,460	5	0,02	0,440	0,482
	21	0,394	5	0,03	0,347	0,426
'Premio' K	0	0,522	5	0,04	0,480	0,570
	7	0,554	5	0,03	0,510	0,612
	14	0,543	5	0,05	0,480	0,611
	21	0,518	5	0,03	0,480	0,570
'Premio' ošetřená	7	0,514	5	0,04	0,450	0,570
	14	0,471	5	0,02	0,442	0,496
	21	0,433	5	0,02	0,406	0,456

Tab. 22: Změny obsahu titračních kyselin plodů rajčat u dvou odrůd ('Expres', 'Premio') při ošetření exogenním etylenem o koncentraci 2 200 ppm

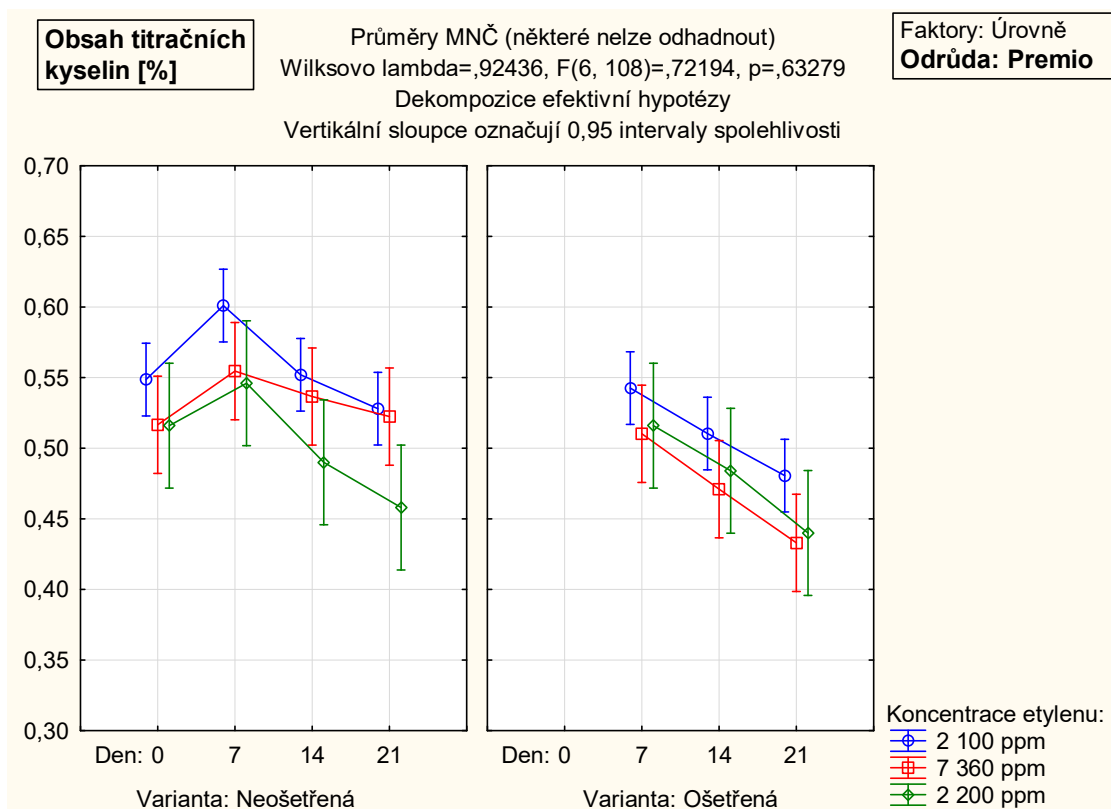
Obsah titračních kyselin (%) u plodů rajčat 2 200 ppm – koncentrace etylenu						
Odrůda	Den	\bar{x}	Počet	\pm SE	Min	Max

'Expres' K	0	0,515	5	0,04	0,480	0,570
	7	0,542	5	0,05	0,480	0,610
	14	0,477	5	0,05	0,411	0,540
	21	0,452	5	0,04	0,410	0,511
'Expres' ošetřená	7	0,531	5	0,06	0,450	0,610
	14	0,463	5	0,03	0,410	0,510
	21	0,398	5	0,03	0,352	0,450
'Premio' K	0	0,523	5	0,04	0,480	0,570
	7	0,546	5	0,03	0,506	0,575
	14	0,489	5	0,06	0,410	0,571
	21	0,457	5	0,06	0,412	0,540
'Premio' ošetřená	7	0,524	5	0,04	0,450	0,570
	14	0,475	5	0,05	0,410	0,541
	21	0,437	5	0,03	0,410	0,480

Údaje v tabulkách 20, 21, 22 zaznamenávají hodnoty, týkající se obsahu titračních kyselin v plodech rajčat u dvou neošetřených a u dvou ošetřených odrůd exogenním etylenem ve třech termínech sklizně. Obsah titračních kyselin u neošetřených odrůd postupně klesal, stejně tak i u ošetřených odrůd, ale obsah titračních kyselin byl u ošetřených plodů nižší. Čím vyšší koncentrace ošetření exogenním etylenem byla použita, tím nižší byl obsah titračních kyselin. V porovnání mezi neošetřenými odrůdami měla odrůda 'Premio' vyšší obsah titračních kyselin než odrůda 'Expres', kdy odrůda 'Premio' dosahovala v posledním měření ve 21. den 0,457 % titračních kyselin a odrůda 'Expres' 0,452 % titračních kyselin. Ošetřená odrůda 'Premio' v posledním měření ve 21. den dosahovala 0,437 % titračních kyselin a odrůda 'Expres' 0,398 % titračních kyselin. Při nejvyšší koncentraci (7 360 ppm) ošetření exogenním etylenem dosahovala odrůda 'Premio' ve 21. den 0,433 % titračních kyselin a odrůda 'Expres' 0,394 % titračních kyselin.



Graf 10: Změny obsahu titračních kyselin plodů rajčat u odrůdy 'Expres' při ošetření exogenním etylenem o třech koncentracích



Graf 11: Změny obsahu titračních kyselin plodů rajčat u odrůdy 'Premio' při ošetření exogenním etylenem o třech koncentracích

Z grafu 10 a 11 je zřejmé, že u ošetřených odrůd obsah titračních kyselin lineárně klesá. U odrůd neošetřených etylenem také obsah titračních kyselin klesá, s výjimkou, kdy mezi kontrolním a 7. dnem měření byl u odrůd 'Premio' i 'Expres' zaznamenán nárůst obsahu titračních kyselin ve všech pokusech měření. Také je zřejmé, že čím je koncentrace ošetření plodů vyšší, tím nižší je obsah titračních kyselin. Ve srovnání odrůd 'Premio' a 'Expres', obsahuje odrůda 'Premio' vyšší obsah kyselin. Plody obou odrůd neošetřených nespotebovaly titrační kyseliny a jejich koncentrace na počátku a na konci byly téměř shodné. Plody, které byly ošetřené etylenem, vykazovaly ztrátu 0,58 %. Čímž se prokázalo, že exogenní etylen podporuje metabolickou spotřebu kyselin. V grafu nebyl prokázán statisticky významný rozdíl.

Petříková, Malý (1998), Kyzlink (1980), Pinela a kol. (2012) uvádí, že obsah titračních kyselin se pohybuje v průměru 0,5 %, což odpovídá zjištěným výsledkům v pokusu.

Ze studie podle Goliáše a Lebedy (1978) bylo zjištěno, že obsah titračních kyselin se pohybuje v červených rajčatech v rozmezí 0,51 – 0,65 %, což jsou hodnoty vyšší než hodnoty naměřené v pokusu. U odrůdy 'Expres' se hodnoty pohybovaly v rozmezí 0,46 – 0,54 % a u odrůdy 'Premio' v rozmezí 0,47 – 0,54 %. Odlišné hodnoty mohly být způsobené výběrem odrůd.

6 ZÁVĚR

Rajčata jsou klimakterické plody, které v průběhu zrání a přezrávání produkují etylen podporující všechny znaky zrání. Přímé měření etylenu nebylo provedeno, ale byly měřeny znaky, které vyplývají z produkce etylenu.

Na konci pěstitelského období, které v podmínkách Jižní Moravy už nastupuje od poloviny září, zůstává na rostlině část plodů, které jsou ve fázi zelené barvy a vysoké pevnosti, zpravidla jsou velikostně dostatečně velké. Velikost plodů byla průběžně měřena v pravidelných odběrech a plody byly seřazeny velikostně v hodnotě šířka x výška a hmotnost plodů. Odběry byly provedeny ve třech časových termínech – 1. termín (14. 9.), druhý termín (5. 10.), třetí termín (26. 10.). Pro hodnocení vlivu pozdního dozrávání byly použity dvě odrůdy 'Premio' a 'Expres' a to ve všech časových odběrech.

Sklizené plody, velikostně roztříděné, byly uloženy do teploty 20 °C a po tepelné adaptaci bylo postupně podle termínů sklizně provedeno ošetření etylenem (100% čistota z tlakové láhve). Koncentrace etylenu v dozrávací komoře (120 l hermetická nádoba) byla souběžně měřena na plynovém chromatografu (Agilent 4890 D). Ve třech časových odběrech byly dosaženy výsledné koncentrace 2 100 ppm, 7 360 ppm a 2 200 ppm. Doba expozice etylenu byla 24 hodin. Kontrolní plody byly uloženy po dobu 24 h v teplotě 20 °C.

Posklizňové dozrávání obou variant bylo hodnoceno podle kritérií (barevnost – vizuální stupnice, pevnost – penetrometrické vtlačování razidla do intaktního plodu v MPa, rozpustná sušina – refraktometricky pomocí refraktometru ATAGO PR 32alfa ve °Bx, titrační kyselost v g/100g, vyjádřeno jako kyselina citronová).

Posklizňové uložení bylo provedeno ve 4 časových termínech (0.den, 7.den, 14.den, 21.den), kdy bylo dosaženo v některých variantách plně červené barvy, a to v případě plodů ošetřených. Hodnocení barevnosti podle povrchové barvy u obou odrůd 'Premio' a 'Expres' se prokázaly jako dostatečně významné v tom, že odrůda 'Expres' jako kontrola dozrávala pomaleji a její hodnoty barevnosti se pohybovaly na úrovni barvy bílé až počínající červené, která se zásadně nezvyšovala. Odrůda 'Premio' jako kontrola byla schopna postupně dozrávat v období 21 dnů z hodnoty počínající červené až do barvy červené. Vlivem ošetření etylenem u koncentrace 2 100 ppm až 7 360 ppm

se zvýšila barevnost u odrůdy 'Premio' téměř na plně červenou barvu po 21 dnech, i když rozdíl mezi 7. a 21. dnem nebyl výrazně vyšší. U odrůdy 'Expres' bylo dozrávání etylenem výrazné vzhledem ke kontrole a mírně se zvyšovalo dobou skladování, ale nedosahovalo hodnot odrůdy 'Premio', která za stejných časových podmínek měla více červenou barvu. Barevnost plodů se zvyšovala ve 3. odběrovém termínu (26. 10.) a rozdíly mezi kontrolou a ošetřenou variantou 2 200 ppm nebyly příliš zřetelné.

Povrchová barva plodů u pozdních sběrů rajčat je důležitou podmínkou jejich dalšího použití, např. pro přípravu pasírovaných rajčat. Vliv etylenu v koncentraci do 7 360 ppm se projevil jako podpůrný činitel pro červenání plodů, ale zřejmě vyšší koncentrace než provedené by pravděpodobně podpořili barevnost a tvorbu lykopenu. Lze tedy konstatovat, že posklizňové dozrávání v limitovaném čase 21 dnů podpořené etylenem vytvářelo fyziologické podmínky pro posklizňové dozrávání.

Pevnost plodů je po barevnosti druhým významným činitelem pro posouzení účinku exogenního etylenu. Hodnoty pevnosti jsou vyjádřeny průměrem a směrodatnou odchylkou pro každou variantu. Prokázaly se rozdíly pevnosti obou sledovaných odrůd, neboť odrůda 'Premio' (0,87 MPa) byla výrazně pevnější než odrůda 'Expres' (0,71 MPa). Průběhy měknutí vyjádřené tímto parametrem jsou si podobné, nicméně vycházejí z tohoto počátečního stavu pevnosti. Odrůda 'Expres' i ve stavu po 21 dnech (0,41 MPa) byla pevnější než ošetřená etylenem v koncentraci 2 100 ppm, kdy na závěr skladování měla hodnotu 0,28 MPa. V průběhu skladování se hodnoty pevnosti kontinuálně snižovaly až do konečné hodnoty. Odrůda 'Premio', která byla pevnější měla po 21 dnech jako neošetřená hodnotu 0,62 MPa a ošetřená 0,25 MPa. Tyto hodnoty se projeví ve všech pokusech, takže lze uvést, že měknutí odrůdy 'Premio' bylo v důsledku ošetření etylenem výraznější. Časové změny jsou vyjádřeny graficky pro obě odrůdy pro použité koncentrace etylenu, ale jejich rozdíly nejsou statisticky významné ani mezi dobou skladování ani použitou koncentrací etylenu. Odrůda 'Premio' však byla citlivější na měknutí plodů v důsledku ošetření.

Rozpustná sušina (stanovená refraktometricky) je obvyklou veličinou, kterou lze vyjádřit posklizňové dozrávání proto, že rozpustné cukry, které převažují v hodnotě rozpustné sušiny se uvolňují z nerozpustných polysacharidů, kterých je i v období posklizňového dozrávání vždycky dostatek. Vzestup refraktometrické sušiny je měřítkem jednak pro běžné dozrávání, ale i pro ošetřené etylenem. Dvě použité odrůdy

měli nízký obsah rozpustné sušiny u odrůdy 'Expres' (4,3 °Bx) a u odrůdy 'Premio' (4,7 °Bx) v období sklizně. Plody neošetřené zvýšily svoji hodnotu refrakce o 0,9 °Bx, plody ošetřené o 1,1 °Bx u odrůdy 'Expres'. U odrůdy 'Premio' se běžným dozráváním zvýšila rozpustná sušina o 1,2 °Bx a po ošetření etylenem na 6,1 °Bx, což je o 1,4 °Bx vyšší obsah rozpustné sušiny. Odrůda 'Premio' ošetřená měla vyšší obsah rozpustné sušiny, nicméně rozdíly v koncentracích etylenu nebyly statisticky prokázány.

Spotřeba organických kyselin se během dozrávání prokázala u obou odrůd, přičemž obě odrůdy se svým obsahem titračních kyselin zásadně neodlišovaly. Pro odrůdu 'Expres' to bylo 0,53 % titračních kyselin a pro odrůdu 'Premio' 0,54 % titračních kyselin. Plody obou neošetřených odrůd nespotřebovaly titrační kyseliny a jejich koncentrace na počátku a na konci skladování byly téměř shodné. Plody, které byly ošetřené etylenem, vykazovaly ztrátu 0,58 %. Čímž se prokázalo, že exogenní etylen podporuje metabolickou spotřebu kyselin.

Vliv etylenu v koncentraci do 7360 ppm se prokázal jako posklizňově účinné ošetření na podporu dozrávání původně nezralých plodů na konci vegetačního období, rovněž se prokázaly rozdíly ve zkoumaných odrůdách, přičemž odrůda 'Premio' byla pro ošetření etylenem citlivější v parametrech, které byly sledovány.

7 SOUHRN A RESUME, KLÍČOVÁ SLOVA

V diplomové práci „Dozrávání rajčat z pozdních sběrů“ byly zkoumány podpůrné možnosti posklizňového dozrávání zcela zelených plodů, které zůstaly nesklizeny v pozdějších fázích sklizně. Plody byly přeneseny z polních podmínek do teploty 20 °C a následně postupně ošetřeny etylenem jako podpůrným činitelem dozrávání se dostaly do vhodných podmínek pro následné dozrávání. Pro rychlost dozrávání byly použity dvě odrůdy rajčat.

Obě použité odrůdy rajčat 'Expres' a 'Premio' byly na konci pěstitelského období ošetřeny třemi koncentracemi exogenního etylenu 2 100 ppm, 7 360 ppm a 2 200 ppm. V průběhu posklizňového skladování (21 dnů) byly hodnoceny technologicky významné parametry, jako je velikost a hmotnost plodů, barevnost plodů, pevnost plodů, rozpustná sušina a titrační kyseliny.

Vliv etylenu v koncentraci do 7 360 ppm se prokázal jako posklizňově účinné ošetření na podporu dozrávání původně nezralých plodů na konci vegetačního období. Rovněž se prokázaly rozdíly ve zkoumaných odrůdách, přičemž odrůda 'Premio' byla pro ošetření etylenem citlivější v parametrech, které byly sledovány.

Klíčová slova:

rajčata, látkové složení, exogenní etylen, dozrávání, skladování

RESUME

In this diploma thesis "Ripening tomatoes from the late harvest" were investigated supporting options of the post harvest of the completely green fruit, which remained unharvested in the later stages of harvest. Fruits were transferred from the field conditions to the temperature of 20 °C and afterwards were successively treated with ethylene as the supportive maturing factor, which helped them to get to the suitable conditions for subsequent maturation. Two varieties of tomatoes were used for the speed of ripening.

At the end of the cultivation period, both varieties of tomatoes 'Expres' and 'Premio' were treated by the three concentrations of exogenous ethylene, 2 100 ppm, 7 360 ppm and 2 200 ppm. Technologically important parameters such as the size and weight of fruit, fruit color, fruit firmness, soluble solids and titration acid were evaluated during the post-harvest storage (21 days).

Influence of ethylene in concentrations up to 7 360 ppm has proven effective post-harvest treatment that supports ripening of originally unripe fruit at the end of the growing season. Also differences in the investigated varieties were proved, the 'Premio' variety was after the ethylene treatment sensitive in parameters, which were monitored.

Keywords:

tomatoes, substance composition, exogenous ethylene, ripening, storage

8 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

BAUMJOHANNOVÁ, D. a P. BAUMJOHANN. *Rostlinolékař*. 5. vyd. Čestlice: Rebo, 2012. 143 s. ISBN: 978-80-255-0596-0

BIGGS, M. *Zelenina: Velká kniha zeleninových druhů*. Praha: Volvox Globator, 1997. 256 s. ISBN 80-7207-053-3

BÖHMER, B. a W. WOHANKA. *Atlas chorob a škůdců okrasných rostlin, ovoce a zeleniny*. 1. vyd. Stuttgart: Eugen Ulmer. 1999. 240 s. ISBN: 80-209-0317-8

BUCHTOVÁ I. *Situační a výhledové zprávy zelenina*, 2015. Databáze online [cit. 2016-02-12] Dostupné z www:

http://eagri.cz/public/web/file/437276/SVZ_Zelenina_12_2015.pdf

CURL, A. L. *Carotenoid Epoxide Detection, An Improved Test for Carotenoid Epoxides*. *J. Food Sci*, 1961. (26) 106.

DALAL, K. B., D. K. SALUNKHE, A. A. BOE a L. E. OLSON. *Certain physiological and biochemical changes in the developing tomato fruit*, 1965. *J. Food. Sci.* (30) 504 – 508.

DASKALOV, C. a A. OGNJANOVA. *Arch. Gartenbau*, 10, 1962, 193.

DAVIES, J. N.: *The effect of the variety on the malic and citric acid content of tomato fruit*. *Annu Rep Glasshouse Crops Res. Inst.*, 1964, 139 - 159.

DAVIES, J. N. a G. W. WINSOR.: *Effect of nitrogen, phosphorus, potassium, magnesium and liming on the composition of tomato fruit*. *J. Sci. Fd. Agric.*, 18, 1967, 459.

DAVIES, J. N. a G. W. WINSOR. *Some effects of variety on the composition and quality of tomato fruit*, 1969. *J. Hort. Sci* (44) 331 – 342.

DJINOVIC, I. *Expres*, 2016. Databáze online [cit. 2016-03-15]. Dostupné z www:

http://www.superior-seeds.co.rs/sr/papardajz.html?page=shop.product_details&flypage=flypage.tpl&product_id=49&category_id=6

DOLEJŠÍ, A. *Zelenina na zahrádce*. 1. vyd. Praha: Státní zemědělské nakladatelství. 1982. 216 s. ISBN: 07-082-82.

- DUFFEK, J. *Zelinářství: Obecná část*. 1. vyd. Praha: Česká zemědělská univerzita. 1998. 112 s. ISBN: 80-902584-0-9.
- DUMAS, Y., M. DADOMO, G. DI LUCCA a P. GROLIER. Effects of environmental factors and agricultural techniques on antioxidant content of tomatoes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2003. 83: 369–382.
- FLORES, R. A. a K. L. B. GAST. *Precooling Produce: Fruits & Vegetables*, 1991. 1. vyd. Kansas State University: Cooperative Extension Service.
- FLORKOWSKI, Wojciech J et al. *Postharvest handling: A Systems Approach*. 2nd ed. Burlington, MA [u.a.]: Academic Press, 2009, 615s. ISBN 978-0-12-374112-7.
- GOLIÁŠ, J. *Některé destrukční techniky použitelné pro kontrolu zrání rajčat*. 1.vyd. Havlíčkův Brod, 1977. 103 – 118 s.
- GOLIÁŠ, J. a A. LEBEDA. Co ovlivňuje zrání rajčat? 1978. *Záhradnictvo*, 6: 260-262
- GOLIÁŠ, J. *Skladování a zpracování I – Základy chladiřenství*. 1. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 1996, 158 s. ISBN 80-715-229-2
- GOLIÁŠ, J. a A. NĚMCOVÁ. *Skladování a zpracování ovoce a zeleniny: Návody do cvičení*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2009. 97 s. ISBN 978-807375-331-3.
- GOLIÁŠ, J. *Skladování a zpracování ovoce a zeleniny*. 1. vyd. Praha: ASTRON studio CZ, a.s., 2014, 132s. ISBN 978-80-7509-195-6
- HLÚBIK, P. a L. OPLTOVÁ. *Vitamíny*. Praha: GRADA, 2004, ISBN-80-247-0373-4.
- HRABĚ, J., O. ROP a I. HOZA. *Technologie výroby potravin rostlinného původu*. 1. vyd. Zlín: UTB, 2006. 178 s. ISBN 80-7318-372-2.
- HUSÁKOVÁ, M. *Nové technologie ve skladování ovoce*. *Zahradnictví*, 2009. Databáze online [cit. 2016-01-12]. Dostupné z www: <http://zahradaweb.cz/nove-technologie-ve-skladovani-ovoce/>
- INGR, I. *Základy konzervace potravin*. 3. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita. 2007. 119 s. ISBN: 978-80-7375-110-4.
- KALÁČ, P. Lykopen a tomatin v rajčatech. *Výživa a potraviny* č. 4, 2009. Databáze online [cit. 2016-01-03]. Dostupné z www: <http://www.vyzivaspol.cz/clanky-casopis/lykopen-a-tomatin-v-rajcatech.html>.

- KAYS, S. J. *Postharvest physiology and handling of perishable plant products*, 1997. New York: Exon Press. ISBN 0442239122
- KOPEC, K. *Uskladňovanie zahradníckých plodín*. 2. vyd. Bratislava: Príroda, 1977. 318 s.
- KOPEC, K. a V. HORČIN. *Senzorická analýza ovocia a zeleniny*. 1. vyd. Bratislava: UNIVERSUM, 1997, 194 s.
- KOPEC, K. *Tabulky nutričních hodnot ovoce a zeleniny*. 1. vyd. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 1998, 72 s. ISBN 80-86153-64-9
- KOPEC, K. *Zelenina ve výživě člověka*. 1. vyd. Havlíčkův Brod: GRADA PUBLISHING, 2010, 168 s. ISBN 978-80-247-2845-2
- KVASNIČKOVÁ, A. *Zdravotní účinky lykopenu z rajčat*, 2003. Databáze online [cit. 2016-01-12]. Dostupné z www: <http://www.agronavigator.cz/default.asp?ids=147&ch=13&typ=1&val=18741>
- KYZLINK V. *Základy konzervace potravin*. 2. vyd. Praha: STNL – Nakladatelství technické literatury, 1980, 516 s.
- MAUL, F., S. A. SARGENT, C. A. SIMS, E. A. BALDWIN, M. O. BALABAN a D. J. HUBER. Tomato flavor and aroma quality as affected by storage temperature. *Journal of Food Science*, 2000. 65: 1228 – 1237.
- MELICHAR, M. a kol. *Zelinářství*. 1. vyd. Praha: Květ. 1997. 165 s. ISBN: 80-85362-29-5
- NEČAS, T. a kol. *Skladování v řízené atmosféře – multimediální učební texty Ovocnictví*, 2004. Databáze online [cit. 2016-02-12]. Dostupné z www: http://tilia.zf.mendelu.cz/ustavy/551/ustav_551/eltronic_ovoc/_private/ovoc_1/data/rize_na_atmo.pdf
- NĚMCOVÁ, A. *Konzervační metody*. Přednášky, 2013.
- NOGOL, T. *Nutriční hodnoty ovoce a zeleniny od R do Ř*, 2012. Databáze online [cit. 2016-03-13]. ISSN: 1802-4785. Dostupné z www: <http://rvp.cz/>
- NUNES, M. C. DO NASCIMENTO. *Color atlas of postharvest quality of fruits and vegetables*, 2008. 1st. ed. Ames, Iowa: Blackwell, 463s. ISBN 978-081-3817-521.

- PEKÁRKOVÁ, E. *Pěstujeme rajčata, papriky a další plodové zeleniny*. 1. Vyd. Praha: Grada, 2001, 68 s. Česká zahrada. ISBN 80-247-0170-7.
- PELEŠKA, S. *Zahrádka bez škůdců a chorob*. 1. vyd. Praha: BRÁNA. 1997. 128 s. ISBN: 80-85946-67-X
- PELEŠKA, S. *Zelenina na zahrádce a na balkoně*. 3. vyd. Praha: Ottovo nakladatelství. 2008. 128 s. ISBN: 978-80-7360-771-5.
- PETŘÍKOVÁ, K. *Zelinářství – Pěstitelské technologie*. 1. vyd. Brno: MZLU v Brně. 1996. 94. s. ISBN: 80-7157-225-X
- PETŘÍKOVÁ, K. a I. MALÝ. *Základy pěstování plodové zeleniny*. 1. vyd. Praha: Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství České republiky, 1998, 43 s. ISBN 80-7105-165-9
- PETŘÍKOVÁ, K. a I. MALÝ. *Základy pěstování plodové zeleniny*. 2. vyd. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 2003. ISBN 8072711415
- PETŘÍKOVÁ, K. a kol. *Zelenina – pěstování, ekonomika, prodej*. 1. vyd. Praha: Profi Press, 2006, 237 s. ISBN 80-86726-20-7
- PETŘÍKOVÁ, K. a J. HLUŠEK. *Zelenina – pěstování, výživa, ochrana a ekonomika*. 1. vyd. Praha: Profi Press s.r.o., 2012, 191s. ISBN 978-80-86726-50-2.
- PINELA, J., L. BARROS, A. M. CARVALHO, I. FERREIRA. 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.
- POKLUDA, R. *Pěstujeme zeleninu – kapesní příručka pro zahrádkáře*. 1. vyd. Velké Bílovice: TeMi CZ, 2009, 140 s. ISBN 978-80-87156-36-0.
- PRUGAR, J. a kol. *Kvalita rostlinných produktů: na prahu 3. Tisíciletí*. Praha: Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, 2008. 327 s. ISBN 978-80-86576-28-2.
- ROP, O., P. VALÁŠEK a I. HOZA. *Teoretické principy konzervace potravin I – Hlavní konzervářské suroviny*. 1. vyd. Zlín: UTB, 2005. 130 s. ISBN 80-7318-339-0.
- ROSA, L. A. DE LA, E. ALVAREZ-PARRILLA a G. A. GONZÁLEZ-AGUILAR. *Fruit and vegetable phytochemicals: chemistry, nutritional value and stability*, 2010. 1st. Ed. Ames, Iowa: Willey-Blackwell, 367 s. ISBN: 978-0-81-3803-203.

- RYCHLÍK, A. J. *Rajčata: Rady, nápady, recepty*. Vizovice: Lípa, 1997. 172 s. ISBN 80-86093-06-9.
- SAKIYAMA, R.: *Changes in Acid Contents of Tomato Fruits during Development*. = "J. Jap. Soc. Hort. Sci.", 35, 1966: 36 – 42.
- SALTVEIT, M. E. Effect of ethylene on quality of fresh fruits and vegetables. *Postharvest Biology and Technology*, 1999. 15: 279-292.
- SALTVEIT, M. E. Respiratory metabolism. *Respiratory metabolism*. 2010, č. 1
- SIMANDLE P. A., J. L. BROGDON, J. P. SWEENEY, E. O. MOBLEY a D. W. DAVIS. *Quality of six tomato varieties as affected by some compositional factors*, 1966. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* (89) 532 – 538.
- SOVJÁK, R., H. REISNEROVÁ a R. MATĚJČKOVÁ. *Hygiena a zdravotní nezávadnost potravin II*. 1. vyd. Praha: Česká zemědělská univerzita, 2002. 248 s. ISBN 80-213-0974-1.
- STERN, D. J., R. G. BUTTERY, R. TERANISHI a L. LING. Effect of storage and ripening on fresh tomato quality, part I. *Food Chemistry*, 1994. 49: 225 – 241.
- THOMPSON, A. K. *Fruit and Vegetables – Harvesting, handling and storage*, 2003. 2nd ed. Oxford: Blackwell Publishing, 460s. ISBN 1-4051-0619-0.
- TOMES, M. L.: *Temperature inhibition of carotene synthesis in tomato*. *Bot. Gaz.*, 124, 1963, 180 – 185
- TOOR, R. K. a G. P. SAVAGE. Antioxidant activity in different fractions of tomatoes. *Food Research International*, 2005. 38: 487–494.
- TYMČENKO, V. J. a T. G. JEFREMOVOVÁ. *Atlas škůdců a chorob zeleniny a bramboru*. 1. vyd. Praha: Státní zemědělské nakladatelství. 1987. 181 s.
- USDA. In: *National Nutrient Database for Standard Reference* [online]. 2010 [cit. 2013-03-31]. Dostupné z:
<http://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/3207?fg=&man=&lfacet=&format=&count=&max=25&offset=&sort=&qlookup=tomato+red+raw>
- VALŠÍKOVÁ, M. *Papriky, rajčiny a baklažány*. 1. vyd. Bratislava: Příroda, 1987. 155 s. ISBN: 064-136-87

VELÍŠEK, J. a J. HAJŠLOVÁ. *Chemie potravin 1*. 2. vyd. Tábor: OSSIS. 2002. 331 s. ISBN: 80-86659-00-3.

VELÍŠEK, J. a J. HAJŠLOVÁ. *Chemie potravin 1*. 3. vyd. Tábor: OSSIS, 2009, 602 s. ISBN 978-80-86659-15-2

VELÍŠEK, J. a J. HAJŠLOVÁ. *Chemie potravin 2*. 3. vyd. Tábor: OSSIS, 2009, 644 s. ISBN 978-80-86659-16-9

WELIKALA, P. *Zelenina*, 2015. Databáze online [cit. 2016-03-20]. Dostupné z www: <http://www3.syngenta.com/country/cz/cz/floriproservices/Documents/zelenina-2015.pdf>

WINSOR, G. W., J. N. DAVIES a D. M. MASSEY: *Composition on Tomato Fruits*. IV. – Changes in some Constituents of the Fruit Walls during Ripening. = "J. Sci. Food Agric.", 13, 1962: 141 – 144.

WINSOR, G. W.: Some factors affecting the composition, flavor and firmness of tomatoes. *Sci. Hort.*, 28, 1966, 27.

YU, M. H., K. B. DALAL, L. E. OLSON a D. K. SALUNKE. Gas chromatography of the field-, glass greenhouse-grown and artificially ripened tomatoes, 1967. *Phytochem.* (6) 155 – 157.