

**Mendelova univerzita v Brně**  
**Zahradnická fakulta v Lednici**

**ZPOMALENÍ ZRALOSTI ODRŮDY GOLDEN DELICIUS**  
**ÚČINKEM 1-MCP BĚHEM CHLADÍRENSKÉHO SKLADOVÁNÍ**

**Diplomová práce**

Vedoucí diplomové práce

Prof. Ing. Jan Goliáš, DrSc.

Vypracovala

Bc. Veronika Koláčková

Lednice 2015



## Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto práci: „Zpomalení zralosti odrůdy Golden Delicious účinkem 1-MCP během chladírenského skladování“ vypracovala 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 Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací.

Jsem si vědoma, 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: 7.5.2015

.....  
Bc. Veronika Koláčková

## **Poděkování**

Děkuji Prof. Ing. Janu Goliášovi, DrSc. za poskytnutí cenných informací, rad, času a připomínek při vypracovávání diplomové práce.

Dále bych chtěla poděkovat svým rodičům za podporu během celého studia.

## OBSAH

1 ÚVOD.....	10
2 CÍL PRÁCE.....	12
3 LITERÁRNÍ ČÁST .....	13
3.1 Obecná charakteristika jabloní.....	13
3.2 Látkové složení plodů.....	13
3.3 Růst a zrání jablek.....	15
3.4 Dýchání plodů.....	16
3.4.1 Intenzita dýchání.....	16
3.5 Charakteristika etylenu .....	18
3.5.1 Mechanismus etylenu .....	18
3.5.2 Produkce etylenu během zrání plodů.....	19
3.5.3 Reakce na exogenně aplikovaného etylenu .....	20
3.5.4 Využití etylenu při dozrávání plodů .....	20
3.5.5 Redukce etylenu v chladírenské komoře .....	21
3.5.6 Chemická inhibice příjmu etylenu.....	21
3.6 Antietylenové činidlo 1-Metylcyklopropen.....	22
3.6.1 Mechanismus 1-Metylcyklopropenu .....	23
3.6.2 Využití 1-Metylcyklopropenu u jablek.....	24
3.6.3 Využití 1-Metylcyklopropenu u hrušek.....	26
3.6.4 Využití 1-Metylcyklopropenu u meruněk.....	27
3.6.5 Využití 1-Metylcyklopropenu u broskví.....	27
3.6.6 Využití 1-Metylcyklopropenu u švestek.....	27
3.6.7 Využití 1-Metylcyklopropenu u banánů .....	29
3.6.8 Využití 1-Metylcyklopropenu u avokáda .....	29
3.6.9 Využití 1-Metylcyklopropenu u rajčat.....	30
3.7 Skladování plodu .....	31

3.7.1 Sklady větrané.....	31
3.7.2 Sklady chladírenské .....	32
3.7.3 Sklady s řízenou atmosférou.....	32
3.8 Druhy atmosfér využívaných ve skladech s řízenou atmosférou .....	32
3.8.1 Řízená atmosféra (ŘA) .....	32
3.8.2 Ultra Low Oxygene (ULO).....	32
3.8.3 Low Etylen controlled atmosphere (LECA).....	33
3.8.4 Fluctuating anaerobiose (FAN) a boarding anaerobiose (BAN) .....	33
4 MATERIÁL A METODY .....	34
4.1 Rostlinný materiál.....	34
4.1.1 Použitý materiál .....	34
4.1.2 Ošetření plodů přípravkem SmartFresh™ .....	34
4.1.3 Charakteristika odrůdy Golden Delicious.....	34
4.2 Metody stanovení látkových složek.....	35
4.2.1 Stanovení rozpustné sušiny.....	35
4.2.2 Stanovení obsahu titračních kyselin .....	35
4.2.3 Stanovení pevnosti dužniny .....	36
4.2.4 Stanovení intenzity dýchání a produkce etylenu .....	36
4.2.5 Stanovení hmotnostních ztrát.....	37
4.2.6 Statistické zpracování výsledků.....	37
5 VÝSLEDKY A DISKUZE.....	38
5.1 Změny rozpustné sušiny v důsledku ošetření 1- Metylcyklopropenem .....	38
5.2 Změny titračních kyselin v důsledku ošetření 1-Metylcyklopropenem.....	40
5.3 Změny pevnosti dužniny v důsledku ošetření 1- Metylcyklopropenem.....	42
5.4 Změny intenzity dýchání v důsledku ošetření 1- Metylcyklopropenem.....	43
5.5 Produkce etylenu během zrání .....	45
5.6 Velikost hmotnostních ztrát .....	47

5.7 Statistické vyhodnocení plodů kontrolních.....	49
5.8 Statistické vyhodnocení plodů ošetřených 1-Metylcyklopropenem.....	51
6 ZÁVĚR .....	54
7 SOUHRN A RESUME, KLÍČOVÁ SLOVA.....	56
8 POUŽITÁ LITERATURA.....	57

## Seznam obrázků

<b>Obrázek 1:</b> Průběh dýchání u plodů klimakterických během vývoje a zrání, (GOLIÁŠ, 1996) .....	17
<b>Obrázek 2:</b> Navázání molekuly etylenu na etylenový receptor (BLANKENSHIP, 2001) .....	19
<b>Obrázek 3:</b> Navázání molekuly 1-Metylcyklopropenu na etylenový receptor a zabránění navázání molekul etylenu (BLANKENSHIP, 2001) .....	23

## Seznam tabulek

<b>Tabulka 1:</b> Souhrnné výsledky ze stanovení rozpustné sušiny u odrůdy Golden Delicious u plodů kontrolních a ošetřených 1-MCP, skladovaných 174 dní při 2 °C. [°Brix], (n=55) .....	38
<b>Tabulka 2:</b> Souhrnné výsledky obsahu titračních kyselin u odrůdy Golden Delicious u plodů kontrolních a ošetřených 1-MCP, skladovaných 174 dní při 2 °C. [%], (n=55)..	40
<b>Tabulka 3:</b> Souhrnné výsledky ze stanovení pevnosti dužniny u odrůdy Golden Delicious u plodů kontrolních a ošetřených 1-MCP, skladovaných 174 dní při 2 °C. [MPa], (n=55) .....	42
<b>Tabulka 4:</b> Souhrnné výsledky ze stanovení intenzity dýchání u odrůdy Golden Delicious u plodů kontrolních a ošetřených 1-MCP, skladovaných 174 dní při 2 °C. [ $\mu\text{l.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$ ], (n=27) .....	43
<b>Tabulka 5:</b> Souhrnné výsledky ze stanovení produkce etylenu u odrůdy Golden Delicious u plodů kontrolních a ošetřených 1-MCP, skladovaných 174 dní při 2 °C. [ $\mu\text{l.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$ ], (n=27) .....	45
<b>Tabulka 6:</b> Souhrnné výsledky ze stanovení hmotnostních ztrát u odrůdy Golden Delicious u plodů kontrolních a ošetřených 1-MCP, skladovaných 174 dní při 2 °C. [%], (n=20).....	47



## Seznam grafů

<b>Graf 1:</b> Stanovení rozpustné sušiny u odrůdy Golden Delicious u plodů kontrolních a ošetřených 1-MCP, skladovaných 174 dní při 2 °C. ....	39
<b>Graf 2:</b> Obsah titračních kyselin u odrůdy Golden Delicious u plodů kontrolních a ošetřených 1-MCP, skladovaných 174 dní při 2 °C. [%], (n=55) .....	41
<b>Graf 3:</b> Stanovení pevnosti dužniny u odrůdy Golden Delicious u plodů kontrolních a ošetřených 1-MCP, skladovaných 174 dní při 2 °C. [MPa], (n=55) .....	42
<b>Graf 4:</b> Stanovení intenzity dýchání u odrůdy Golden Delicious u plodů kontrolních a ošetřených 1-MCP, skladovaných 174 dní při 2 °C. [ $\mu\text{l.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$ ], (n=27).....	44
<b>Graf 5:</b> Stanovení produkce etylenu u odrůdy Golden Delicious u plodů kontrolních a ošetřených 1-MCP, skladovaných 174 dní při 2 °C. [ $\mu\text{l.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$ ], (n=27).....	46
<b>Graf 6:</b> Ztráty hmotnosti v důsledku transpirace u odrůdy Golden Delicious u plodů kontrolních a ošetřených 1-MCP, skladovaných 174 dní při 2 °C. [%], (n=20).....	48
<b>Graf 7:</b> Korelace mezi titračními kyselinami a rozpustnou sušinou u odrůdy Golden Delicious u plodů kontrolních, skladovaných 174 dní při 2 °C. ....	49
<b>Graf 8:</b> Korelace mezi titračními kyselinami a pevností dužniny u odrůdy Golden Delicious u plodů kontrolních, skladovaných 174 dní při 2 °C. ....	49
<b>Graf 9:</b> Korelace mezi pevností dužniny a rozpustnou sušinou u odrůdy Golden Delicious u plodů kontrolních, skladovaných 174 dní při 2 °C.....	50
<b>Graf 10:</b> Korelace mezi intenzitou dýchání a produkcí etylenu u odrůdy Golden Delicious u plodů kontrolních, skladovaných 174 dní při 2 °C.....	50
<b>Graf 11:</b> Korelace mezi pevností dužniny a titračními kyselinami u odrůdy Golden Delicious u plodů ošetřených 1-MCP, skladovaných 174 dní při 2 °C.....	51
<b>Graf 12:</b> Korelace mezi rozpustnou sušinou a titračními kyselinami u odrůdy Golden Delicious u plodů ošetřených 1-MCP, skladovaných 174 dní při 2 °C.....	52
<b>Graf 13:</b> Korelace mezi pevností dužniny a rozpustnou sušinou u odrůdy Golden Delicious u plodů ošetřených 1-MCP, skladovaných 174 dní při 2 °C.....	52
<b>Graf 14:</b> Korelace mezi produkcí etylenu a intenzitou dýchání u odrůdy Golden Delicious u plodů ošetřených 1-MCP, skladovaných 174 dní při 2 °C. ....	53

# 1 ÚVOD

Jabloně patří mezi hlavní ovocné druhy a jsou nejdůležitějším ovocem mírného pásma. Primárním místem vzniku kulturních jabloní je s největší pravděpodobností oblast Zakavkazí, Íránu a západního Turkestánu. Odtud se rozšiřovaly především na jihozápad do Malé Asie a dále přes Itálii a Řecko do ostatních částí Evropy.

Podle Organizace pro výživu a zemědělství bylo v roce 2009 vyprodukováno více než 70 milionů tun jablek. Jablka patří mezi nejvýznamnější ovoce v České Republice, v roce 2011 tvořila 25,2 % z celkového spotřebovaného množství ovoce. Kromě plodů určených pro přímý konzum a skladování, jsou jablka nepostradatelnou surovinou pro zpracovatelský průmysl. Ve zpracovatelském průmyslu se tyto plody využívají při výrobě alkoholických nápojů, ovocných moštů, dřenů, džemů, kompotů a dalších produktů.

Jablka se podílejí na harmonicky vyrovnané výživě, regulují aktivitu zažívání a mají neobyčejný zdravotní význam, neboť zvyšují odolnost lidského organismu proti nejrozmanitějším nemocím, mezi které patří například rakovina nebo srdeční infarkt.

Jablka zastávají ve výživě člověka důležitou roli, proto je nutné zajistit dostatek jakostních plodů a jejich pravidelné zásobování v průběhu celého roku. Poněvadž je plod po utržení nadále živým organismem, který dýchá, spotřebovává zásobní látky a kyslík, uvolňuje CO<sub>2</sub>, teplo a těkavé látky, časem přirozeně podléhá zkáze. Pomocí vhodně zvolených podmínek skladování, lze tyto pochody zpomalit. Hlavním cílem skladování je udržet plodiny co nejdéle v nejlepší kvalitě a uchovat jejich výživovou hodnotu. Doba skladování plodů je závislá především na odrůdě, kondici plodů, mechanické odolnosti, manipulaci při sklizni a skladovacích podmínkách. Pro skladování jablek se v současné době využívají většinou sklady chlazené a sklady s řízenou atmosférou. U skladů s řízenou atmosférou je využíváno k prodloužení doby skladování snížení obsahu kyslíku, snížení plody produkovaného etylenu a zvýšení obsahu oxidu uhličitého. Etylen produkují plody v období komerční sklizně až do období stárnutí. U plodů klimakterického typu aktivuje zrání a množství souběžných procesů, které zhoršují jakost plodů. Hlavní strategií je v dnešní době zmírnění nebo úplné zabránění účinku etylenu tím, že bude minimalizována jeho produkce během zrání, sklizně, transportu a skladování. Pro tyto účely je využívána látka 1-Metylcyklopropen, která se váže na etylenové receptory a etylen nemůže vykonávat úlohu spouštěče autokatalytického zrání.

Antietylenové činidlo typu 1-Metylcyklopropen, důležité pro plody klimakterického typu, představuje moderní způsob prodloužení uchovatelnosti jablek, využije-li se chladírenské skladování. Vazba 1-Metylcyklopropenu vedle teplotního vlivu lze využít i v řízené atmosféře, která následuje po jednorázovém ošetření 1-metylcyklopropenem.

## 2 CÍL PRÁCE

- U odrůdy jablek Golden Delicious provést ošetření 1-Metylcyklopropenem v uzavřené nádobě.
- Stanovit zbrzdžující účinek 1-Metylcyklopropenu během skladování v chladírenské teplotě.
- Uvést důsledky 1-Metylcyklopropenu na produkci etylenu skladovaných plodů.
- Vyjádřit vliv 1-Metylcyklopropenu na změny netěkavé sušiny.

## 3 LITERÁRNÍ ČÁST

### 3.1 Obecná charakteristika jabloní

Jabloně patří mezi nejpěstovanější ovocný druh v našich podmínkách. Nejprve byly jabloně pěstovány v klášterních zahradách. Teprve za vlády Karla IV., kdy nastal v našich zemích rozkvět ovocnářství, se dále rozšířily. (ANONYM 1, rok neuveden)

Z botanického hlediska náleží jabloně (rod *Malus* MILL.) do řádu růžokvětých (*Rosales*), čeledě růžovitých (*Rosaceae*) a podčeledě jabloňovitých (*Maloideae*). Z pomologického hlediska přiřazujeme jabloně k ovoci jádrovému. Jabloně jsou listnaté opadavé cizosprašné stromy. Nejlépe se jim daří v půdách dostatečně hlubokých, hlinitých, písčitohlinitých, jílovitohlinitých a dostatečně vlhkých. Mají střední nároky na stanovištní podmínky. Podnože využívané pro pěstování jsou množeny vegetativně a jsou voleny podle polohy a účelu. Optimální podmínky pro pěstování jabloní jsou: průměrná roční teplota 7,5 °C, nadmořská výška 200-350 m a roční úhrn srážek 550-800 mm. Květy mohou mít barvu bílou, narůžovělou až červenou. Plodem je malvice. Tvar plodu může být válcovitě zužující, kuželovitý, vejčitý, válcovitý, elipsovité, kulovité a ploše kulovité. Dle konzumní zralosti se odrůdy dělí na letní, podzimní, raně zimní a pozdně zimní. (ANONYM 2, rok neuveden; NESRSTA, 2011). Plody se využívají k přímé spotřebě, skladování a ve zpracovatelském průmyslu.

### 3.2 Látkové složení plodů

Ovoce tvoří díky své vysoké biologické hodnotě mimořádně významnou skupinu potravin. Jablka patří mezi nejrozšířenější a nejzdravější ovoce (MAŠEK, 1996). Pravidelná konzumace reguluje činnost zažívacího ústrojí a zvyšuje odolnost organismu proti různým onemocněním. Význam látkového složení ovoce nespočívá pouze v pozitivních účincích na lidské zdraví, nýbrž i v posklizňových životních procesech, které mají vliv na uchovatelnost plodu. Plod je tvořen vodou, sušinou a plyny. Obsah jednotlivých složek je proměnlivý a závislý na odrůdě a klimatických, půdních a pěstitelských podmínkách. (DVOŘÁK, JELÍNEK, 1987)

Převážnou část dužniny tvoří voda, která je zastoupena z 79 %. Voda, obsažena v ovoci je z hlediska výživy člověka obzvláště cenná, jelikož je v ní rozpuštěna řada živin. (KOPEC, 1998)

Sušina představuje pestrý soubor látek, které se z chemického hlediska dělí na sacharidy, látky lipidového charakteru a dusíkaté látky. Nejvýznamnější složku této skupiny představují sacharidy (14,4 %). V plodech jsou zastoupeny disacharidy (sacharóza) a monosacharidy (fruktóza a glukóza). V nezralých plodech je obsažen škrob. Jedná se o polysacharid, který se při zrání rozkládá na glukózu. (IVIČIČ, 1987)

Významnou složkou, která dodává ovoci typickou chuť, jsou organické kyseliny. Ty jsou zastoupeny v koncentraci 0,8 %. V plodech se vyskytuje v nejvyšší míře kyselina jablečná. (KOPEC, 1998)

Minerální látky slouží lidskému organismu jako stavební složky (vápník, fosfor) nebo jako součást enzymových systémů (železo, draslík). U plodů regulují kyselost. V jablkách se nachází 7,1 mg.kg<sup>-1</sup> železa, 90 mg.kg<sup>-1</sup> vápníku a 1240 mg.kg<sup>-1</sup> draslíku. (KOPEC, 1998)

Dále se v plodech nachází z hlediska lidského zdraví nezbytné vitamíny. Jablka obsahují 0,27 mg.kg<sup>-1</sup> vitamínu A (ve formě provitamínu beta-karotenu), 0,5 mg.kg<sup>-1</sup> vitamínu B1, 0,46 mg.kg<sup>-1</sup> vitamínu B2, 1 mg.kg<sup>-1</sup> vitamínu PP a 48 mg.kg<sup>-1</sup> vitamínu C (kyselina askorbová). (KOPEC, 1998)

Z ostatních látek se v plodech nachází lipidy (0,37 %), které slouží lidskému organismu jako zdroj energie. Dále bílkoviny (0,4 %), které jsou součástí enzymu a ovlivňují životní pochody skladovaných plodů.

Plod tvoří z 12-40 % objemových procent plyn. Mezi složky, které tvoří plynou atmosféru plodu, patří kyslík, dusík a oxid uhličitý. Množství oxidu uhličitého v plodu závisí na intenzitě dýchání a propustnosti pletiv pro plyny. (IVIČIČ, 1987)

### 3.3 Růst a zrání jablek

Růst je typickým projevem živých organismů. Počátek růstu plodů je z botanického hlediska spojen s vytvořením zygoty. V průběhu vegetace dochází u plodů k rovnoměrnému vývoji. V období konce května a začátku června dochází u plodů k rychlému dělení buněk. Během tohoto období je intenzita růstu nejvyšší. Dělení buněk ustává koncem června až začátkem července. V této fázi dochází k silnému zvyšování objemu plodů. Pro optimální průběh dělení buněk a vývoje plodu je u některých odrůd vyžadováno teplé a přiměřeně vlhké počasí. Jestliže nejsou tyto požadavky dodrženy, dochází ke zhoršení pěstebních výsledků. V počátečních fázích vývinu a růstu jsou plody kvůli obsahu pektocelulózy, protopektinu, celulózy, tříslovin a chlorofylu tvrdé, zelené a trpké. Se zvětšováním plodu se v ovoci hromadí značné množství škrobu. Obsah škrobu mají plody nejvyšší v době, kdy jsou již plně vyvinuty. Růst plodů (fáze zrání- anglicky maturation) je ukončen dozráním semen. (DVOŘÁK, JELÍNEK, 1987)

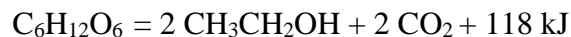
Po ukončení růstových procesů dochází k zrání plodů (anglicky ripening) (PROCHÁZKA, 1998). Zrání ovoce odpovídá vývojově regulovanému procesu, který je doprovázen řadou biochemických změn, jako jsou změny barvy, obsahu cukru, kyselin a textury (MCMANUS, 2012). Zrání je rovněž spojeno s tvorbou širokého spektra těkavých látek (estery, alkoholy, aldehydy, terpeny, ketony a další), které přispívají k charakteristické chuti plodu (DUCKWORT, 1966). Zralost ovoce lze rozlišit dle stupně zralosti na: zralost fyziologickou, technologickou, konzumní a sklizňovou. Termínem fyziologická zralost je označována fáze, kdy ustává dělení buněk a dochází k zvětšování objemu plodu (IVIČIČ, 1987). V technologické zralosti jsou plody sklizeny za účelem technologického zpracování. Ovoce zralé určeno pro výrobu džemů a ovoce přezrálé pro výrobu šťáv a destilátů. Sklizňová zralost je stupeň zralosti, který je nejvhodnější pro sklizeň plodů pro dlouhodobé skladování. Konzumní zralost představuje fázi, kdy ovoce dosáhlo nejvyššího a správného poměru jednotlivých nutričních a biologických složek. U letních jablek konzumní zralost bezprostředně navazuje na sklizňovou zralost. U zimních odrůd se konzumní zralost dostavuje později. Vhodnými podmínkami skladování lze tuto fázi zralosti výrazně prodloužit. (DVOŘÁK, JELÍNEK, 1987)

### 3.4 Dýchání plodů

(GOLIÁŠ, 2014) uvádí, že dýchání je soustava vzájemně spjatých enzymatických pochodů oxidace zásobních látek. Při těchto pochodech, které jsou vzájemně spojeny prostřednictvím meziproductů, dochází k uvolňování energie. Mezi substráty zpracovávané při dýchání patří zejména sacharidy. Hlavním metabolickým dějem, který se podílí na přeměně dýchacích substrátů, je glykolýza. Kromě tohoto děje se může na přeměně podílet i pentozový cyklus. Díky vzájemné spojitosti různých látek prostřednictvím glykolických pochodů, především Krebsova cyklu, dochází k spotřebování různých substrátů.

Dle přístupu kyslíku rozlišujeme dýchání aerobní a anaerobní. Odbourání glukózy na kyselinu pyrohroznovou probíhá shodně v aerobních i anaerobních podmínkách. Pokud v další fázi přeměny kyseliny pyrohroznové není k dispozici kyslík, je kyselina pyrohroznová dekarboxylována na acetaldehyd a CO<sub>2</sub>, Acetaldehyd je následně redukován na etanol. (GOLIÁŠ, 1996)

Anaerobní dýchání lze vyjádřit rovnicí:



Aerobní dýchání, lze popsat rovnicí:



#### 3.4.1 Intenzita dýchání

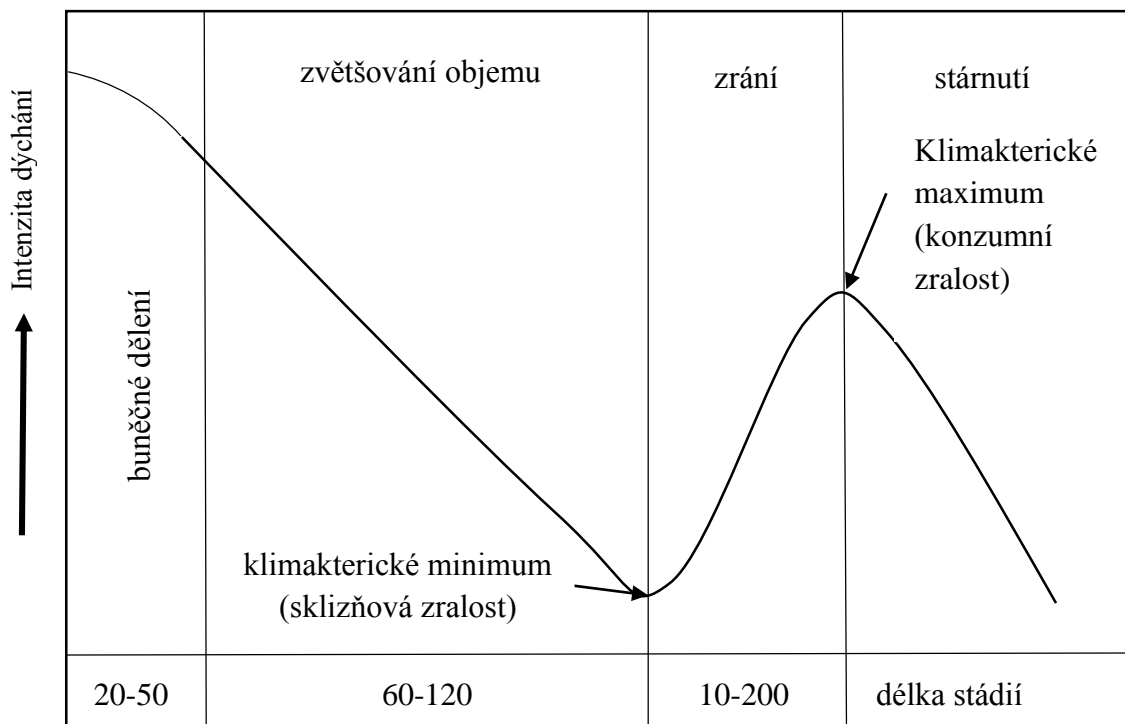
V průběhu zrání, skladování a stárnutí dochází u plodů ke změnám dýchací aktivity. Dýchací aktivita plodů je hodnocena dle intenzity dýchání, která vyjadřuje množství produkovaného CO<sub>2</sub> (mg/ml) nebo spotřebovaného O<sub>2</sub> (mg/ml) za časovou jednotku (h), vztaženo na hmotnost plodu. Intenzita dýchání je ovlivněna teplotou a složením atmosféry. Mezi vnitřní faktory, které rovněž intenzitu dýchání ovlivňují, patří chemické složení, struktura pletiv a stupeň zralosti plodu.

Intenzita dýchání je během vegetace, ihned po opylení (u plodů) velmi vysoká. Jakmile u plodů dochází k dělení buněk, zvětšování objemu a hmotnosti, dýchací aktivita klesá až do klimakterického minima (obrázek 1). V tomto období je plod sklizňově zralý a zahajuje se fáze zrání. Zrání plodu je procesem nevratným, který již nelze zastavit, ale



pouze zpomalit úpravou vnějších podmínek. U plodů klimakterických (jablka, meruňky, borůvky, broskve, nektarinky, hrušky, švestky, rajčata, banány) dochází v této fázi k náhlému zvýšení intenzity dýchání a změnám textury, látkového složení a vůně. Při dosažení maximální hodnoty intenzity dýchání (klimakterické maximum) je plod konzumně zralý. Následuje fáze poklesu intenzity dýchání, která signalizuje stárnutí plodu.

Dochází-li ve fázi zrání k trvalému poklesu intenzity dýchání, jedná se o plody neklimakterické. Zde řadíme třešně, černý rybíz, hrozny, citrusy, okurky, asijské hrušky, hrášek, jahody, papriku, vodní meloun, maliny a pomeranče. (GOLIÁŠ, 1996,2014)



**Obrázek 1:** Průběh dýchání u plodů klimakterických během vývoje a zrání, (GOLIÁŠ, 1996)

### 3.5 Charakteristika etylenu

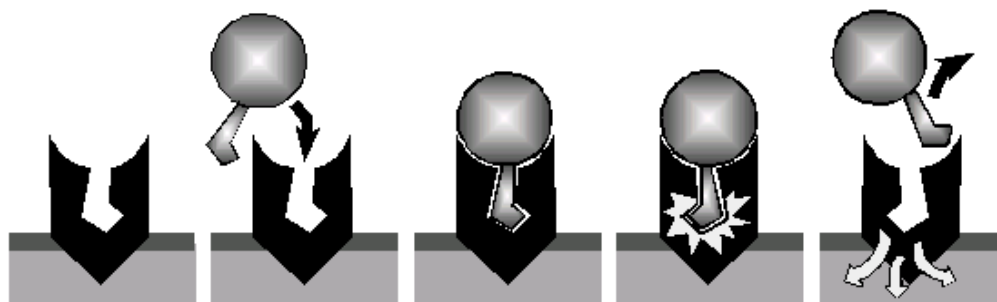
Etylen je jednoduchý uhlovodík, jehož molekula je tvořena dvěma atomy uhlíku a čtyřmi vodíky  $C_2H_4$ . Za standardních podmínek se jedná o bezbarvý plyn. Zdrojem etylenu jsou nejen rostliny, dále výfukové plyny, ale i kouř, který vzniká hořením organických látek (sláma). Přirozeně se vyskytuje jako složka zemního plynu. Etylen je pokládán za rostlinný hormon, který má vliv na růst, vývoj, zrání a dobu skladování mnoha druhů ovoce, zeleniny a okrasných rostlin. (SALTVEIT, 1999)

Účinky etylenu u rostlin byly poprvé zjištěny v roce 1864, kdy únik ze systému plynového pouličního osvětlení způsobil omezení růstu a deformaci rostlin v okolí. Jako účinná složka svítiplynu byl etylen identifikován v roce 1901. Velký rozmach studia úlohy etylenu na regulaci růstu a vývoje rostlin byl zaznamenán po roce 1959, v důsledku jeho stanovení pomocí plynové chromatografie (PROCHÁZKA, 1998)

Biosyntéza etylenu začíná v methioninovém cyklu, kde dochází k recyklaci 5- methyladenosinu na methionin. Z methioninu vzniká S-adenosylmethionin a poté amino- 1-cyklopropan-1-karboxylová kyselina, z níž se uvolňuje etylen (GOLIÁŠ, 2011).

#### 3.5.1 Mechanismus etylenu

V rostlinných buňkách se nachází etylenové receptory (obrázek 2). Přítomný etylen ve vzduchu je na tyto receptory vázán a chová se jako klíč, který odemkne receptor. Dochází k vyslání chemického signálu, který spustí řadu reakcí. Výsledkem těchto reakcí je zrání plodů, které se u plodů klimakterických projeví změnami barvy, textury a aroma. (BLANKENSHIP, 2001)



Receptory  
etylenu  
jsou  
zakotveni  
v buňkách.

Molekuly etylenu přítomné  
ve vzduchu jsou navázány  
na etylenové receptory.

Molekula  
etylenu se  
chová jako  
klíč, který  
odemkne  
receptor.

Do buňky  
je poslán  
chemický  
signál  
a molekula  
etylenu  
opouští  
buňku.

**Obrázek 2:** Navázání molekuly etylenu na etylenový receptor (BLANKENSHIP, 2001)

### 3.5.2 Produkce etylenu během zrání plodů

Před zahájením procesu zrání je produkce etylenu velmi nízká. Vnitřní koncentrace etylenu v plodech je obecně nižší než  $0,15 \mu\text{l.l}^{-1}$ . Zráním na stromě nebo po odtržení plodu dochází k dramatickému nárůstu produkce etylenu. Tento nárůst je označován jako klimakterium. (KUPFERMAN, 1986) Významné množství etylenu během zrání je produkováno pouze u plodů klimakterického typu. U plodů neklimakterického typu ke změnám produkce etylenu v průběhu zrání nedochází a lze zaznamenat pouze stopy etylenu ve vnitřní atmosféře plodu ( $< 1,1 \mu\text{l.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$ ). (GOLIÁŠ, 1996)

### 3.5.3 Reakce na exogenně aplikovaného etylenu

Nejcharakterističtější účinkem exogenně aplikovaného etylenu je stimulace dozrávání plodů klimakterického typu. Plody klimakterické reagují v podstatě všemi vnějšími znaky zrání. Jedná se o měknutí pletiv, ztrátu chlorofylu, biosyntézu barevných sloučenin, odkyselování a sládnutí.

Neklimakterické plody neposkytují shodný rozsah odezvy na exogenně aplikovaný etylen jako plody klimakterické. Reakce plodů od vnější koncentrace 0,1 do 1000  $\mu\text{l.l}^{-1}$  vzhledem k neošetřené kontrole zvyšují 2 – 3- krát odezvu plodů. Tato odezva po několika dnech odeznívá a vrací se na původní koncentraci. Exogenní aplikace vyšších koncentrací etylenu u citrusů způsobují odzelenění. Ostatní znaky zrání nejsou výrazně ovlivněny. (GOLIÁŠ, 2014)

### 3.5.4 Využití etylenu při dozrávání plodů

Klimakterické plody jsou většinou sklizeny ve fyziologické fázi, která je považována za komerční zralost. Plody jsou zelené, ale zrání plodu již bylo zahájeno. Díky tomu je ovoce sklizeno, zchlazeno, skladováno a přepravováno na značné vzdálenosti k místu, kde budou plody dozrávány a uváděny na trh. Mezi tyto plody patří banány, mango, rajčata a avokádo. Zrání je prováděno v dozrávacích komorách prostřednictvím řízení teploty, relativní vlhkosti a etylenu. Etylen je vyráběn prostřednictvím generátorů. Rovnoměrná koncentrace etylenu v komoře je zajištěna cirkulací vzduchu. Větráním se rovněž zamezí hromadění oxidu uhličitého, který vzniká jako vedlejší produkt dýchání a snižuje účinek etylenu. (ANONYM 3, rok neuveden) Účinek etylenu je závislý na druhu ovoce, jeho zralosti, koncentraci etylenu, teplotě a relativní vlhkosti v dozrávací komoře a době expozice. Doba expozice potřebná pro zrání plodů je 24-72 hodin, v závislosti na druhu komodity a fázi její zralosti. Všeobecné podmínky pro zrání ovoce jsou: koncentrace etylenu 10-100 ppm, teplota 18- 25 °C a relativní vzdušná vlhkost 90-95 %. Koncentrace vyšší než 100 ppm nevedou k urychlení procesu zrání. Zabezpečení vhodných podmínek vede k rovnoměrnému zrání. U teplot nižších než 18 °C dochází k zpomalení procesu zrání. Při teplotách vyšších než 25 °C začínají růst a bakterie a dochází k zrychlenému hnití plodů. Při teplotách nad 30 °C může být zrání inhibováno. (KADER, 2001)

### **3.5.5 Redukce etylenu v chladírenské komoře**

S etylenem je úzce spojeno mnoho procesů, ke kterým dochází v průběhu zrání jablek, jako je měknutí, žloutnutí, zvýšená intenzita dýchání a produkce aroma (BEAUDRY, WATKINS, 2003). Při skladování je tedy cílem u těchto plodů koncentraci etylenu snížit a tyto procesy oddálit. Koncentrace etylenu v atmosféře klimakterických plodů nemá převýšit  $1 \mu\text{l.l}^{-1}$ . Při skladování plodů klimakterického typu dochází k postupnému hromadění etylenu v plynné podobě a ten zpětně podporuje zrání. Odstranění tohoto etylenu se provádí u neplynotěsných chladících komor pomocí větrání venkovním vzduchem. V plynotěsných komorách je řešením tohoto problému zavedení téměř bezetylenové atmosféry tzv. technologie LECA (angl. low ethylene controlled atmosphere). (GOLIÁŠ, 2011)

### **3.5.6 Chemická inhibice příjmu etylenu**

Etylen je rostlinný hormon, který v rostlinách reguluje mnoho procesů. K zabránění účinků etylenu se využívají chemické látky, které zamezí jeho navázání na příslušné receptory a tím dochází k prodloužení životnosti květů a plodů. Mezi tyto látky patří 2,5-Norbornadiene, 1-Metylcyklopropen, Silver ThioSulphat a další. (SISLER, SEREK, 2003)

2,5-Norbornadiene (2,5-NBD) patří mezi první alken, u kterého bylo zjištěno, že je antagonistou etylenu. Účinek je založen na navázání látky na receptor místo etylenu. V důsledku nepříjemného zápachu a potřebám vyšší koncentrace účinné látky oproti jiným chemickým látkám není 2,5-NBD příliš využíván. (KANELLIS et al., 1999)

### 3.6 Antietylenové činidlo 1-Metylcyklopropen

Zjištění, že některé sloučeniny olefinů působí proti etylenu, bylo zveřejněno na začátku roku 1970. Ve skutečnosti bylo zjištěno mnoho sloučenin s těmito účinky, ale nejúčinnější se ukázal být 1-Metylcyklopropen (1-MCP). (MCMANUS, 2012)

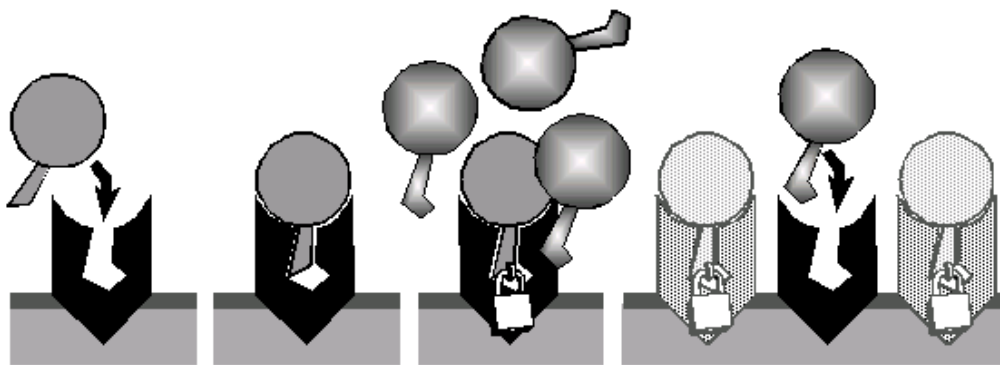
Za objevem účinků 1-MCP stojí vědci Edward Sisler a Sylvia Blankenship z North Carolina State University, Departments of Biochemistry and Horticultural Science. Bylo zjištěno, že 1-MCP je dobrým derivátem pro praktické použití, neboť je méně volatilní než cyklopropen samotný. Účinným inhibitorem je i 3-MCP, ten však vyžaduje ve srovnání s 1-MCP vyšší koncentrace. (BLANKENSHIP, DOLE, 2003).

1-Metylcyklopropen je syntetický nenasycený olefin, který je strukturně podobný etylenu (GOLIÁŠ, 2011). Při standardní teplotě a tlaku je 1-MCP bezbarvý plyn s molekulovou hmotností 54 a vzorcem  $C_4H_6$ . (BLANKENSHIP, DOLE, 2003) Tato plynná sloučenina se stává neocenitelným nástrojem pro omezování nežádoucích účinků etylenu zahradnických komodit. 1-MCP je inhibitorem etylenu, který se váže na receptory etylenu a zabraňuje tak jeho fyziologickému působení. Tím u plodů, citlivých na etylen dochází k zpomalení přirozených procesů zrání a udržení jejich kvality, čerstvosti a vzhledu po delší dobu. Účinky 1-MCP byly prokázány u ovoce, zeleniny a květin. (TATSUKI et al., 2007) V roce 2009 byl 1-MCP registrován pro komerční využití v 37 zemích. Všeobecně se jedná především o jablka, dále o hrušky, avokádo, kiwi, broskve, švestky banány, melouny a rajčata.

Vzhledem k tomu, že se s plyny často obtížně manipuluje, byl 1-MCP uveden do pevného stavu (stabilní prášek) (BLANKENSHIP, 2001), kde je 1-MCP komplexně vázaný na  $\delta$ -cyklodextrin. Po smíchání prášku s vodou dochází k uvolnění plynu do uzavřeného prostoru. Komerční název tohoto přípravku je EthylBloc<sup>®</sup> pro květiny, SmartFresh<sup>™</sup> pro jedlé části zahradnických produktů. V používaných koncentracích je 1-MCP netoxický a rezidua nelze analyticky stanovit. (GOLIÁŠ, 2012) Přípravek SmartFresh<sup>™</sup> je jednorázově aplikován pomocí difuzoru v plynotěsně uzavřených prostorách skladu po dobu 24 hodin. Poté pokračuje proces skladování jako obvykle. Úspěšná aplikace přípravku závisí na kvalitě a stupni zralosti plodů, jejich uniformitě a provedení ošetření do 7 dnů po sklizni. (HUSÁKOVÁ, 2009)

### 3.6.1 Mechanismus 1-Metylcyklopropenu

V normálním případě dochází k navázání molekuly etylenu na etylenový receptor (obrázek 2). 1-MCP má 10 krát větší schopnost se vázat na etylenové receptory než molekuly etylenu. Posklizňová aplikace 1-MCP způsobuje blokování vazby etylenu na etylenové receptory (obrázek 3). (BLANKENSHIP, 2001) Ošetřením 1-MCP dochází u plodů k ovlivnění biosyntézy etylenu. Produkce etylenu je zbrzděna nebo zastavena. U plodů dochází k zpomalení zrání a stárnutí, což má pozitivní vliv na kvalitu a dobu skladování.



Molekula 1-MCP se naváže na etylenový receptor.

Nedochází k odemknutí receptoru a není odeslán chemický signál.

Molekula 1-MCP není uvolněna a molekuly etylenu nejsou schopny se na receptor navázat.

V průběhu skladování plodu se mohou vytvořit nové etylenové receptory, na které se etylen již může navázat.

**Obrázek 3:** Navázání molekuly 1-Metylcyklopropenu na etylenový receptor a zabránění navázání molekul etylenu (BLANKENSHIP, 2001)

### **3.6.2 Využití 1-Metylcyklopropenu u jablek**

Jablka se řadí mezi významný příklad zahradnické plodiny, která znázorňuje příležitosti a omezení technologie založené na aplikaci 1-MCP. Plody patří mezi typické klimakterické ovoce, které se vyznačuje výrazným nárůstem produkce etylenu a dýchání během zrání (YUAN, LI, 2008).

Účinnost 1-MCP je ovlivněna mnoha faktory, například odrůdou, stupněm zralosti plodu, teplotou plodu při aplikaci činidla a dobou od termínu sklizně do aplikace činidla. Je prokázáno, že posklizňová aplikace 1-MCP vede k zlepšení fyziologických vlastností jablek, jako je snížená produkce etylenu a intenzita dýchání, zvýšená pevnost, inhibice ztráty titrační kyselosti, snížení rozvoje spály a chladového onemocnění. Snížení produkce etylenu následně vede k zpomalení zrání, díky tomu jsou plody uloženy a přepravovány na delší vzdálenosti a tím dochází k vytváření nových trhů. V důsledku těchto prospěšných efektů se po celém světě komerční využití 1-MCP zvyšuje. (DeELL et al., 2007)

#### **Vztah mezi stupněm zralosti, odrůdou a koncentrací účinné látky na vybrané parametry zralosti jablek**

Příznivé účinky 1-MCP se mění v závislosti na odrůdě, stupni zralosti, manipulačních postupech a druhu a době skladování. (WATKINS, NOCK, 2004)

Plody určené k ošetření látkou 1-MCP musí být sklizeny v optimálním termínu. Tento termín lze zjistit několika propojenými kritérii, mezi které patří škrob, titrační kyselost, rozpustná sušina, pevnost plodu a barva slupky. Sklizňová zralost, zejména ve vztahu k IEC (internal ethylene concentration) v ovoci může výrazně ovlivnit odezvu ovoce na 1-MCP. Čím je IEC v době sklizně nižší, tím je účinnost 1-MCP na oddálení nárůstu IEC a měknutí plodu vyšší. Je-li ovoce příliš zralé, aplikace 1-MCP nemá na ošetřené plody vliv. (WATKINS, 2009) Plody musí být rovněž uniformní ve velikosti, tvrdosti plodů a obsahu kyselin. Aplikace 1-MCP se nedoporučuje u ovoce, které má symptomy nedostatečné výživy nebo je poškozeno sluncem a suchem. Nevhodné jsou také plody nezralé a nevyrovnané. (HUSÁKOVÁ, 2009)

Účinnost 1-MCP je ovlivněna odrůdou. U jablek patří mezi vhodné odrůdy určené k ošetření odrůda 'Delcorf', 'Elstar', 'Gala', 'Golden Delicious', 'Idared', 'Jonagold' a mutace a 'Rubinette'. Za nevhodné odrůdy se považují 'Braeburn', 'Cox', 'Šampion'. (HUSÁKOVÁ, 2009)



Doba působení 1-MCP, která je dostačující pro dosažení úplné odezvy je 12- 24 hodin (ESKIN, SHAHIDI, 2013). Doporučená koncentrace 1-MCP k ošetření plodů je v rozmezí 0,2-1  $\mu\text{l.l}^{-1}$ . Ošetřením koncentrací 0,45  $\text{mmol.m}^{-3}$  1-MCP dochází u odrůdy 'Fuji' k potlačení produkce etylenu, dýchání a barevných změn. Prahová koncentrace 1  $\mu\text{l.l}^{-1}$  1-MCP u odrůd McIntosh a Delicious inhibuje činnost a produkci etylenu. U odrůdy 'Pink Lady' při koncentraci 0,5  $\mu\text{l.l}^{-1}$  dochází během skladování při teplotě 0° C k zpomalení dýchání, snížení produkce etylenu a zpomalení snižování pevnosti. (WATKINS, NOCK, 2004)

Plody musí být ošetřeny do 7 dní po sklizni. Čím později bude 1-MCP aplikován, tím bude zhoršen jeho účinek na zbrzdění ovlivnitelných parametrů zrání plodu. Tento účinek potvrzuje ve své studii (TATSUKI et. al., 2007). V této studii byl studován účinek ošetření látkou 1-MCP po 1,3 a 7 dnech po sklizni plodů jablek, odrůdy 'Orin'. Plody byly skladovány po dobu 46 dní při teplotě 20° C. Se stoupající prodlevou od ošetření plodů byl zaznamenán rychlejší pokles pevnosti plodů, snižování titračních kyselin a vyšší produkce etylenu.

(DeEll et. al., 2008) ve své studii zjišťoval účinky 1-MCP (koncentrace 625 a 1000  $\text{nl.l}^{-1}$ ) na zrání jablek odrůdy 'McIntosh' ve třech termínech sklizně s ošetřením po 3,7 a 10 dnech od sklizně. Jablka z prvních dvou sklizní byly v optimální zralosti pro dlouhodobé skladování. Koncentrace etylenu ve vnitřní atmosféře plodu (IEC- internal ethylene concentration) byla u těchto plodů nižší než 1  $\mu\text{l.l}^{-1}$  a index škrobu byl mezi hodnotami 5-6. Jablka z třetí sklizně měly index škrobu vyšší než 6 a IEC vyšší než 1  $\mu\text{l.l}^{-1}$ . Tyto plody byly pro úspěšné dlouhodobé skladování nepatrně přezrálé. Plody byly skladovány při 0-1° C po dobu 6 měsíců. Plody z první, druhé i třetí sklizně ošetřené po 3 dnech od sklizně 1000  $\text{nl.l}^{-1}$  1-MCP byly v průběhu skladování pevnější než plody ošetřené koncentrací 625  $\text{nl.l}^{-1}$ . Nejnižší pevnost vykazovaly plody pocházející z třetí sklizně. Plody ošetřené 1000  $\text{nl.l}^{-1}$  1-MCP 7 a 10 dní po sklizni měly po třech měsících skladování nižší pevnost než plody ošetřené po 3 dnech od sklizně. Ošetřením 1000  $\text{nl.l}^{-1}$  1-MCP u všech sklizní přineslo vyšší snížení produkce etylenu než u plodů ošetřených 625  $\text{nl.l}^{-1}$  1-MCP. Plody sklizené ve třetí sklizni měly po 3 měsících skladování 3,38 krát vyšší produkci etylenu než plody sklizené v první sklizni. Plody ošetřené 1000  $\text{nl.l}^{-1}$  1-MCP 3 dny po sklizni vykazovaly v průběhu skladování nižší produkci etylenu, než plody ošetřené po 7 a 10 dnech. Po 9 měsících skladování byla intenzita dýchání u plodů ošetřených 1000  $\text{nl.l}^{-1}$  1-MCP nižší než u plodů ošetřených 625  $\text{nl.l}^{-1}$  1-MCP.

V jiném pokusu byl sledován účinek 1-MCP u odrůdy ‘Gala’. Plody této odrůdy byly sklizeny ve čtyřech termínech (20.8, 27.8, 3.9, 17.9). Plody sklizené v termínu 20.8 byly dle stanovení škrobu a pevnosti pro dlouhodobé skladování nejvhodnější. Plody byly vystaveny 1  $\mu\text{l.l}^{-1}$  1-MCP a skladovány po dobu 6 měsíců při teplotě 0 ° C. Plody ošetřené 1-MCP vykazovaly ve srovnání s plody neošetřenými vyšší pevnost. Nejvyšší pevnost byla stanovena u plodů ošetřených 1-MCP, které byly sklizeny 20.8. Nejnižší pevnost vykazovaly plody sklizené 17.9. (MATTHEIS et. al., 2002)

(REBEAUD, GASSER, 2015) ve svém článku uvádí účinek 1-MCP u odrůdy Golden Delicious. Plody této odrůdy byly sklizeny ve dvou termínech zralosti (optimální sklizeň a 10 dní po optimální sklizni) a ošetřeny 625 ppb 1-MCP po dobu 24 hodin při teplotě 0,5 ° C. Plody byly skladovány v řízené atmosféře při teplotě 0,5-1 ° C. Jablka ošetřená 1-MCP ve srovnání s plody kontrolními po 36 týdnech skladování měla vyšší pevnost, vyšší obsah titračních kyselin, vyšší obsah rozpustné sušiny a výrazně nižší produkci etylenu. Plody ošetřené 1-MCP sklizené v optimálním termínu vykazovaly oproti plodům ošetřeným 1-MCP sklizeným o 10 dní později po 16 týdnech skladování vyšší pevnost plodu. Po 36 týdnech skladování byla pevnost u těchto plodů na stejné úrovni. Obsah rozpustné sušiny byl po 16 týdnech skladování u plodů ošetřených 1-MCP sklizených v prvním a druhém termínu shodný. Po 36 týdnech skladování byl obsah rozpustné sušiny vyšší u plodů sklizených 10 dní po optimální sklizni.

### **3.6.3 Využití 1-Metylcyklopropenu u hrušek**

Ve studii účinku 1-MCP byly plody odrůd ‘Williamsova’, ‘Boscova’ a ‘Packham’s Triumph’ sklizeny ve třech stupních zralosti (1 týden před optimální zralostí, v optimální zralosti a 1 týden po optimální zralosti) a vystaveny koncentraci 625 ppb 1-MCP při teplotě 2 ° C po dobu 24 hodin. Plody byly skladovány přibližně 300 dní při -0,5 ° C v 2,5 % O<sub>2</sub> + 2,0 % CO<sub>2</sub>. U ošetřených plodů všech odrůd bylo zpomalené měknutí a nedošlo ke ztrátě titračních kyselin. U neošetřených plodů docházelo k nadměrnému měknutí a snížení titračních kyselin. (THOMPSON, 2010)

Dle (WATKINS, 2006) ošetřením plodů 1-MCP dochází u hrušek ke snížení produkce etylenu a intenzity dýchání. Reakce závisí na použité odrůdě a koncentraci 1- MCP.

### **3.6.4 Využití 1-Metylcyklopropenu u meruněk**

Meruňky patří mezi peckové ovoce, které má značně omezenou posklizňovou životnost plodů.

(FAN, et. al., 2000) ve své studii zkoumal účinek 1-MCP u odrůdy ‘Perfection’ sklizené ve dvou fázích zralosti a ošetřené  $1 \mu\text{l.l}^{-1}$  1-MCP po dobu 4 hodin při  $20^\circ\text{C}$ . Plody byly skladovány ve  $20^\circ\text{C}$ . Do 10 dní skladování vykazovaly plody ošetřené 1-MCP (1 fáze zralosti) ve srovnání s plody kontrolními nižší produkci etylenu. U plodů ošetřených 1-MCP (obě fáze zralosti) byla snížena intenzita dýchání a zjištěna vyšší pevnost a vyšší obsah titračních kyselin.

(GOLIÁŠ, 2011) uvádí, že ošetřením 1-MCP nedochází k ovlivnění netěkavé sušiny.

### **3.6.5 Využití 1-Metylcyklopropenu u broskví**

Účinek 1-MCP byl zkoumán u odrůdy ‘Jiubao’. Plody byly sklizeny v počáteční fázi komerční zralosti a ošetřeny  $0,5 \mu\text{l.l}^{-1}$  1-MCP po dobu 24 hodin při  $22^\circ\text{C}$ . Po ošetření byly plody uloženy při  $22^\circ\text{C}$  a relativní vlhkosti 80-90 %. Do 9 dní od sklizně plodů v průběhu skladování u kontrolních plodů prudce vzrostla produkce etylenu, poté měla již klesající charakter. U plodů ošetřených 1-MCP se během 6 dní od sklizně produkce etylenu výrazně neměnila a byla u plodů ošetřených nižší. Po 6. dnu byl zaznamenán nárůst produkce etylenu. Koncentrace rozpustných cukrů byla u plodů ošetřených 1-MCP do 6 dní nižší. Poté u obou variant došlo k nárůstu jejich koncentrace. Účinek 1-MCP je pouze přechodný. Opakované použití 1-MCP vede k potlačení parametrů zrání. (LIU et. al., 2005)

(GOLIÁŠ, 2011) uvádí, že se žádný parametr zrání při jednorázové aplikaci 1-MCP výrazně nezpomaluje.

### **3.6.6 Využití 1-Metylcyklopropenu u švestek**

Mezi hlavní faktory omezující dopravu, skladování a trvanlivost švestek patří posklizňové měknutí a náchylnost k mechanickému poškození. (WATKINS, 2006)

Ve studii účinku 1-MCP u švestek, byly plody odrůdy ‘Shiro’ ošetřeny  $1 \mu\text{l.l}^{-1}$  1-MCP po dobu 24 hodin při teplotě  $0^\circ\text{C}$ . Plody byly skladovány 4 týdny při teplotě  $0^\circ\text{C}$ . Poté byly plody přemístěny do teploty  $22^\circ\text{C}$  a po 1, 4 a 7 dnech stanovena rozpustná sušina, pevnost plodu, barva slupky, produkce etylenu a intenzita dýchání. Po 4 týdnech

skladování byly plody ošetřené vzhledem k plodům kontrolním pevnější. I když byly plody sklizeny v optimálním termínu pro ošetření 1-MCP, vykazovaly plody ošetřené vyšší obsah rozpustné sušiny. Změna barvy ze zelené na zlatožlutou probíhala u plodů ošetřených 1-MCP pomaleji. Po 2 týdnech skladování byla u plodů ošetřených 1-MCP stanovena nižší intenzita dýchání a nižší produkce etylenu. Při stanovení po 4 týdnech skladování nebyl mezi plody kontrolními a ošetřenými 1-MCP v intenzitě dýchání a produkci etylenu rozdíl. Inhibiční účinek 1-MCP tedy trval pouze omezenou dobu, po které proces zrání probíhal opět normálně. Tyto reakce mohly být vyvolány v důsledku vytvoření nových vazebných míst pro navázání etylenu. V plodech klimakterického typu, jako jsou švestky, může být tato reakce spíše výhodou. U těchto plodů se vyžaduje pouze zpoždění zrání než jeho nevratná inhibice, která má negativní dopad na prodejnost plodů. (DeEll et. al., 2008)

V jiné studii byl zkoumán účinek 1-MCP u švestek, odrůdy 'Hanita', sklizených ve dvou fázích zralosti (počáteční fáze komerční zralosti a fáze pokročilé komerční zralosti). Plody byly ošetřeny 1250 ppb 1-MCP po dobu 18 hodin při teplotě 20 °C. Účinek 1-MCP byl sledován 7 dní při teplotě 20 °C. Během sledování nedošlo k prokázání vlivu 1-MCP na pevnost plodů a obsah titračních kyselin u obou fází zralosti. Účinek 1-MCP byl zaznamenán u plodů ošetřených sklizených v počáteční fázi komerční zralosti u parametru intenzita dýchání. Intenzita dýchání byla u těchto plodů ve srovnání s plody kontrolními o 30 % nižší. U těchto plodů rovněž 1-MCP ovlivnil parametr produkce etylenu, která byla oproti plodům kontrolním nižší. (WANG, et. al., 2010)

Ošetřením odrůdy 'Elena' sklizené ve dvou fázích zralosti (fáze počáteční komerční zralosti a komerční zralost) 1250 ppb 1-MCP po dobu 18 hodin při teplotě 20 °C nedošlo u žádné z variant k ovlivnění pevnosti plodů, obsahu titračních kyselin, intenzity dýchání a produkci etylenu. (WANG, et. al., 2010)

Dle (GOLIÁŠ, 2011) se ošetření 1-MCP u švestek projeví snížením hnilobných procesů, chladového stresu a hmotnostních ztrát. (WATKINS, 2006) uvádí, že vliv 1-MCP na rozpustnou sušinu a titrační kyseliny je variabilní. Účinky 1-MCP se liší v závislosti na kultivaru a sklizňové zralosti.

### 3.6.7 Využití 1-Metylcyklopropenu u banánů

Banány jsou obvykle sklizeny v zeleném stádiu, transportovány a v místě prodeje uměle dozrávány pomocí etylenu.

Účinek 1-MCP byl studován u banánů odrůdy 'Williams'. Tři svazky nezralých banánů byly sklizeny v různé zralosti (71, 156 a 173 dní od vytvoření svazku). Plody byly ošetřeny 1-MCP v koncentraci 0;5;50 a 500  $\text{nl.l}^{-1}$  po dobu 24 hodin při teplotě 20 °C. Atmosféra, kde byly plody skladovány, obsahovala 0,1  $\mu\text{l.l}^{-1}$  etylenu. Ošetřením koncentrací 5 a 50  $\text{nl.l}^{-1}$  nedošlo u plodů k významnému účinku na zelené stádium. Při použití 1-MCP v koncentraci 500  $\text{nl.l}^{-1}$  došlo u plodů sklizených 156. a 173. den od vytvoření svazku oproti plodům kontrolním k prodloužení zeleného stádia. Délka stádia byla u těchto plodů prodloužena 4 krát. U plodů sklizených 71. den od vytvoření svazku bylo zelené stádium oproti plodům kontrolním prodlouženo 1,5 krát. Koncentrace 500  $\text{nl.l}^{-1}$  1-MCP u plodů ale způsobila nepřijatelné nerovnoměrné zbarvení slupky. Jelikož jsou komerční zásilky s banány různých zralostí, dospěli autoři studie k závěru, že pro skladování nezralých plodů má 1-MCP u této odrůdy omezený komerční potenciál, protože se účinnost 1-MCP mění v závislosti na zralosti plodů. (HARRIS et. al., 2000)

(WATKINS, 2006) uvádí, že 1-MCP u plodů inhibuje měknutí, tvorbu těžkých sloučenin a snižuje produkci etylenu a dýchání. Účinek 1-MCP je závislý na koncentraci přípravku použitého k ošetření plodů a době expozice.

### 3.6.8 Využití 1-Metylcyklopropenu u avokáda

Avokádo dozrává až po sklizni, u plodů dochází k měknutí a dle odrůdy ke změnám povrchové barvy.

Účinky 1-MCP byly zkoumány u plodů odrůdy 'Hass', sklizené v období komerční zralosti. Plody byly ošetřeny koncentrací 0; 0,5; 1; 5; 15; 30; 50 a 70  $\text{nl.l}^{-1}$  1-MCP po dobu 24 hodin při 22 °C. Poté byly plody vystaveny na 24 hodin při teplotě 22 °C 300  $\mu\text{l.l}^{-1}$  etylenu. Plody byly skladovány ve 22 °C a zrání bylo hodnoceno stanovením produkce etylenu, aktivitou celulózy a polygalakturonázy a změnami barvy. Neošetřené plody dozrály během 6 dní. U plodů ošetřených pouze etylenem byla tato doba zkrácena na 3 dny. Účinek 1-MCP byl závislý na koncentraci 1-MCP. Koncentrace 0,5; 1 a 5  $\text{nl.l}^{-1}$  1-MCP neměly na zpomalení zrání plodů vliv. Koncentrace 15  $\text{nl.l}^{-1}$  1-MCP měla na oddálení zrání mírný účinek. Vrchol produkce etylenu, změknutí a změna barvy byla oddálena o 5 dní. Koncentrace 30;50 a 70  $\text{nl.l}^{-1}$  1-MCP způsobily značné opoždění zrání

plodů o 12 až 13 dní. Změknutí plodu bylo oddáleno o 12 až 13 dní. Změna barvy byla oddálena o 10 až 11 dní. Zvýšení koncentrace 1-MCP na  $70 \text{ nl.l}^{-1}$  nevedla k dalšímu zpoždění zrání. Tyto výsledky ukázaly, že pro maximální zpoždění zrání u této odrůdy je dostačující koncentrace  $50 \text{ nl.l}^{-1}$ . (FENG et. al., 2000)

Příznivé účinky 1-MCP jsou závislé na koncentraci činidla a době působení. (WATKINS, 2006)

### **3.6.9 Využití 1-Metylcyklopropenu u rajčat**

Rajčata patří mezi celosvětově významnou plodinu, která je konzumována v čerstvém stavu nebo slouží jako surovina pro zpracovatelský průmysl. Aby se zamezilo poškození rajčat určených pro přímý konzum během přepravy, jsou plody sklizeny ve vyspělém zeleném stavu, a poté jsou v místě prodeje dozrávány (WILLS, 2002). Zrání rajčat je vysoce regulováno produkcí etylenu a jeho účinkem na fyzikální, chemické a fyziologické úrovni. (GUILLÉN et. al., 2005)

Účinky 1-MCP byly zkoumány u odrůdy 'Clarion', která byla sklizena ve dvou stádiích (vyspělé zelené plody a plně zralé plody). Zelené plody byly vystaveny koncentraci 0; 0,1; 0,5; 1; 2; 5; 10; 20 a  $100 \mu\text{l.l}^{-1}$  po dobu 0; 1; 2 a 5 hodiny při teplotě  $20^\circ\text{C}$ . Zralé plody byly ošetřeny koncentrací 0;5;10;20 a  $100 \mu\text{l.l}^{-1}$  po dobu 2 hodin při teplotě  $20^\circ\text{C}$ . Zelené plody byly umístěny do atmosféry obsahující  $0,1 \mu\text{l.l}^{-1}$ . Zralé plody byly umístěny do kartonů, které byly uloženy v atmosféře bez přidání etylenu. U rajčat sklizených v zeleném stádiu vystavených koncentraci 2;5;10;20;100  $\mu\text{l.l}^{-1}$  1-MCP po dobu 2 hodiny došlo ke zpoždění zrání. Největší zpoždění zrání bylo dosaženo použitím koncentrace  $5 \mu\text{l.l}^{-1}$  1-MCP po dobu 1,2 a 5 hodin. Doba potřebná k dozrání plodu byla u těchto plodů na rozdíl od plodů kontrolních o 80 % vyšší. U plodů sklizených ve zralém stádiu ošetřením  $20 \mu\text{l.l}^{-1}$  1-MCP po dobu 2 hodiny došlo k prodloužení doby zrání o 3 až 4 dny. Při ošetření plodů koncentrací  $100 \mu\text{l.l}^{-1}$  1-MCP došlo ke snížení intenzity dýchání o 40 % do 5 dnů skladování. Po 12 dnech skladování již nebyl pozorován výrazný účinek 1-MCP. U této koncentrace byla zároveň snížena po dobu 5 dní produkce etylenu. Hmotnostní ztráty nebyly aplikací 1-MCP ovlivněny. (WILLS, 2002)

(WATKINS, 2006) uvádí, že plody ošetřené 1-MCP mají vyšší obsah titračních kyselin a vyšší pevnost plodu. Účinky 1-MCP u rajčat jsou ovlivněny koncentrací 1-MCP, dobou působení, stupněm zralosti a odrůdou.

### **3.7 Skladování plodu**

Nejdůležitějším faktorem v době sklizně, který určuje skladovací trvanlivost a konečnou kvalitu ovoce je zralost plodů. Plody, které budou sklizeny v nezralém stavu, když dozrají, podléhají vysychání, mechanickému poškození a jsou podřadné kvality. Plody sklizené jako přezrálé brzy po sklizni měknou, jsou moučnaté a mají fádni chutí. Plody sklizené v nezralém nebo přezralém stavu mají kratší skladovací životnost a jsou náchylnější k fyziologickým poruchám. (KADER, 2001).

Udržení nebo zlepšení posklizňové kvality a životnosti ovoce a zeleniny stále nabývá na významu. Nabídka čerstvého ovoce a zeleniny stále převyšuje poptávku. Spotřebitelé dále považují za samozřejmost dostupnost všech druhů ovoce a zeleniny po celý rok. Z těchto důvodů je nutné u těchto plodin zajistit dlouhodobého skladování a využití dálkové přepravy. (THOMPSON, 2010)

Úchova ovoce a zeleniny je založena na principu hemibiozy. Jedná se o stav, v němž je plod chráněn před vnitřními i vnějšími rozkladnými činiteli svojí přirozenou životní činností. Přirozená údržnost se podporuje volbou vhodných vnějších podmínek, které mají zpomalit rychlost spotřeby zásobních energetických substrátů a nutričně významných složek. Mezi tyto podmínky patří snížená teplota, vhodná vzdušná vlhkost, cirkulace vzduchu, čistota prostředí a upravení plynné směsi. Trvanlivost plodů je závislá na použité podnoži, klimaticko-půdních podmínkách stanoviště, výživě, způsobu a době sklizně a zejména technice skladování. Dle úrovně technického vybavení se sklady rozdělují na větrané, chlazené a s řízenou atmosférou. (GOLIÁŠ, 1996)

#### **3.7.1 Sklady větrané**

Sklady větrané jsou v dnešní době již málo uplatňovány. Důvodem je obtížná regulace teploty a vlhkosti vzduchu. Teplota je regulována větráním a závislá na teplotě okolního prostředí. Využití mají tyto sklady u malých producentů, kde je uplatňováno jako dočasné nebo provizorní řešení. Výhodou těchto skladů jsou nízké náklady na výstavbu a technické vybavení. (BURG, ZEMÁNEK, 2009)

### **3.7.2 Sklady chladírenské**

(BURG, ZEMÁNEK, 2009) uvádí, že nejrozšířenějšími sklady v České Republice jsou sklady chladírenské. Přenos tepla z prostoru chladírenské komory do výparníku je zabezpečen vzduchem, který zde má funkci druhotného chladiva. Po ochlazení je vzduch opět navrácen do volného prostoru chladírenské komory mezi skladované plodiny. K regulaci teploty slouží řídicí a regulační systémy, které pracují automaticky. Odvádění nadbytečného oxidu uhličitého a etylenu se upravuje přívodem vzduchu z vnějšího prostředí. (GOLIÁŠ, 2014)

### **3.7.3 Sklady s řízenou atmosférou**

Tyto sklady v současné době poskytují nejvhodnější podmínky pro skladování jablek. Regulace teploty a vlhkosti probíhá automaticky. Jednotlivé skladovací komory musí být plynotěsné, aby umožnily změnu složení atmosféry. Změny se týkají upravení hladiny kyslíku, oxidu uhličitého a etylenu. Tím dochází u plodů k zpomalení dýchání a značnému prodloužení skladovatelnosti. Dle koncentrace plynů v ochranné atmosféře skladů jsou rozlišeny technologie ŘA (řízená atmosféra), LO (s nízkým obsahem kyslíku), ULO (s velmi nízkým obsahem kyslíku). (GOLIÁŠ, 2014)

## **3.8 Druhy atmosfér využívaných ve skladech s řízenou atmosférou**

### **3.8.1 Řízená atmosféra (ŘA)**

Koncentrace kyslíku se u této atmosféry pohybuje v rozmezí 2-4 %. Uvnitř skladovacích komor dochází v generátorech k spalování kyslíku obsaženého ve vzduchu. Vzniklé plyny jsou poté ochlazeny a přivedeny zpět do skladovacích komor. Oxid uhličitý je udržován pomocí adsorbéru na úrovni 3-5 %. (BURG, ZEMÁNEK, 2009)

### **3.8.2 Ultra Low Oxygene (ULO)**

Tato technologie má v moderních chladírenských systémech dominantní postavení. Obsah kyslíku se v atmosféře komory pohybuje od 1 do 1,2 %. Koncentrace oxidu uhličitého je udržována na úrovni 0-5 %. Vyšší počáteční náklady na vybudování skladů s technologií ULO jsou kompenzovány delší dobou skladování a kvalitou plodů. Zavedením této technologie dochází k eliminaci spály, která se projevuje po 90 a více dnech skladování prostřednictvím hnědých skvrn na povrchu plodů. (GOLIÁŠ, 2011).



### **3.8.3 Low Etylen controlled atmosphere (LECA)**

Během skladování jablek dochází v plynotěsných komorách ke kumulaci etylenu, který zpětně podporuje zrání. Aby plody v průběhu skladování pouze nepatrně zrály, je potřeba tento etylen z ovzduší neustále odstraňovat. K udržení téměř bezetylenové atmosféry je využívána technologie LECA. Pomocí zabudovaného etylenového scruberru dochází k spalování olefinických plynů (etylen zde převažuje) a jejich přeměně na oxid uhličitý a vodu. Množství etylenu je udržováno v rozmezí od 1 do 5  $\mu\text{l}$ . (GOLIÁŠ, 2005)

### **3.8.4 Fluctuating anaerobiose (FAN) a boarding anaerobiose (BAN)**

Tyto technologie jsou založeny na nižším obsahu kyslíku a oxidu uhličitého než jsou využívány v ULO technologii. Kyslík a oxid uhličitý je zastoupen v co nejnižší koncentraci, tak aby nedošlo k poškození látkového metabolismu. Koncentrace kyslíku v atmosféře FAN je 0,2-1 %, oxid uhličitý je zastoupen 0,5 %. U atmosféry BAN je kyslík v koncentraci 0,6 % a oxid uhličitý 0,5 %. Tyto podmínky umožňují minimální dýchání plodů, nízkou spotřebu zásobních látek, pomalé rozkládání pektinových látek a mikrobiální napadení. Podmínkami pro využití těchto atmosfér je vysoká plynotěsnost komor a vysoká kvalita skladovaných plodů. Kvalita těchto plodů je závislá u jednotlivých odrůd na správném termínu sklizně. (HUSÁKOVÁ, 2009)

## **4 MATERIÁL A METODY**

### **4.1 Rostlinný materiál**

#### **4.1.1 Použitý materiál**

K experimentální části bylo použito 30 kilogramů plodů jablek odrůdy Golden Delicious získaných ze sadu z Velkých Bílovic. Jednotlivé plody byly zváženy, označeny číslem a symbolem K (plody kontrolní) nebo C v případě plodů určených k ošetření přípravkem SmartFresh™. U plodů byla v období od 9.září 2014 do 2.března 2015 stanovena refraktometrická sušina, obsah veškerých kyselin, pevnost dužniny, intenzita dýchání, produkce etylenu a hmotnostní ztráty.

#### **4.1.2 Ošetření plodů přípravkem SmartFresh™**

60 plodů bylo umístěno do dvou plastových přepravek, tyto přepravky byly následně vloženy do plynotěsné, válcové nerezové nádoby o objemu 120 l s vnější cirkulací vzduchu. Do promývací baňky byl převeden 1 gram přípravku SmartFresh™, baňka byla doplněna po rýsku destilovanou vodou a po promíchání obsahu byla napojena skrz hadičky k nádobě. Plody byly vystaveny účinku přípravku SmartFresh™ po dobu 24 hodin při teplotě 20° C. Po této době byly plody vyjmuty z nádoby a spolu s plody kontrolními uskladněny v chladárně při teplotě 2° C.

#### **4.1.3 Charakteristika odrůdy Golden Delicious**

Tato odrůda byla nalezena v USA v roce 1890 jako náhodný semenáč (THUENTE, 2009). Jedná se o nejdůležitější žluté jablko na světě a je populární zejména v Evropě a USA (FERREE, WARRINGTON, 2003).

Dle konzumní zralosti zimní odrůda, vhodná do teplých až středně teplých poloh. Růst je středně bujně rostoucí. Koruna je kulovitá, zahuštěná tenkými výhony. Kvete v dubnu až květnu, květy jsou středně velké, barva poupěte tmavě růžová. Plodnost je brzká, vysoká a s probírkou pravidelná. Plod je středně velký, kuželovitého tvaru se slabým žebrováním. Základní barva je zelenožlutá, v době zralosti žlutá, bez krycího zbarvení. Dužnina je žlutavé barvy, nasládlé až sladké chuti, středně šťavnatá, aromatická. Konzistence dužniny je jemná, křehká, středně tuhá. Stopka je tenká až středně tlustá a dlouhá. Sklizňová zralost plodů je v polovině září až začátkem října

(SINHA, 2012). Konzumní zralost začíná v listopadu a plody mohou být skladovány až do června (NESRSTA, 2011).

## **4.2 Metody stanovení látkových složek**

### **4.2.1 Stanovení rozpustné sušiny**

Jednotlivé vzorky plodů byly homogenizovány a šťáva přefiltrována do kádinky. Ke stanovení refraktometrické sušiny byl použit digitální refraktometr Palette, ATAGO, typ PR-32  $\alpha$ . Refraktometr byl nejdříve kalibrován za použití destilované vody, poté byla stanovena refraktometrická sušina u jednotlivých vzorků. Mezi jednotlivými vzorky bylo čidlo refraktometru očištěno destilovanou vodou. Takto bylo změřeno 5 plodů kontrolních a 5 plodů ošetřených přípravkem SmartFresh™ v 6 termínech.

### **4.2.2 Stanovení obsahu titračních kyselin**

Titrační kyseliny byly stanoveny vizuální titrací. Jednotlivé vzorky plodů byly homogenizovány a šťáva přefiltrována do kádinky. Do titrační baňky byly naváženy 2 gramy vzorku, podle potřeby byla přidána destilovaná voda a 4 kapky fenolftaleinu. Vzorek byl za stálého míchání titrován 0,1 M NaOH o faktoru 1,0067 do prvního stálého slabě růžového zbarvení. Veškeré kyseliny byly měřeny u 5 plodů kontrolních a 5 plodů ošetřených přípravkem SmartFresh™ v 6 termínech. Obsah veškerých kyselin byl vyjádřen na kyselinu jablečnou dle vzorce:

$$TK [\%] = \frac{a \cdot f \cdot 0,0067 \cdot 100}{n}$$

1ml 0,1 M NaOH odpovídá 0,0067 g kyseliny jablečné

a- spotřeba 0,1 M NaOH [ml]

f- faktor 0,1 M NaOH

n- množství vzorku k titraci [ml]

### 4.2.3 Stanovení pevnosti dužniny

K stanovení pevnosti dužniny byl použit ruční digitální penetrometr. Plodu byla na dvou protilehlých stranách odstraněna část slupky. Plod byl umístěn na podložku a zatěžován razidlem válcovitého tvaru o průměru 8mm do hloubky přibližně 0,5 cm (po rysku). Postup byl opakován na protilehlé straně plodu. Změřená síla razidla, která působila na plod, byla zaznamenána a dle vzorce přepočtena z newtonu na megapascaly. Stanovení pevnosti dužniny bylo provedeno u 5 plodů kontrolních a 5 plodů ošetřených přípravkem SmartFresh™ v 6 termínech.

$$\sigma_{pd} = \frac{F_d}{A}$$

$$A = \frac{\pi d^2}{4}$$

$\sigma_{pd}$ - penetrační napětí [MPa]

$F_d$ - síla potřebná k průniku dužninou [N]

A- plocha, na kterou působí síla [mm<sup>2</sup>]

d- průměr razidla [mm]

### 4.2.4 Stanovení intenzity dýchání a produkce etylenu

Do hermeticky uzavřené nádoby o objemu 1 litr byl umístěn 1 plod kontrolní po 3 opakováních a ponechán v teplotě 2 °C 1 hodinu. Tento postup se opakoval u plodů ošetřených přípravkem SmartFresh™. Poté byly nádoby přeneseny do laboratoře a pomocí injekční jehly CTC Headspace Syringe byl odebrán 1 ml vzorku. K analýze vzorků byl použit plynový chromatograf Agilent 4890 D. Vzorek byl nastříknut přes nástřikový port přístroje do proudu nosného plynu (helium). Vzorek byl unášen nosným plynem do kolon, kde došlo k separaci na jednotlivé složky směsi. Tyto složky byly proudem nosného plynu převedeny z kolon do tepelně vodivostního (stanovení CO<sub>2</sub>) a plamenově-ionizačního detektoru (stanovení etylenu). Z detektorů vycházely elektronické signály, které byly zaznamenány do počítače. Ze zjištěných hodnot z grafického záznamu tvořeného soustavou píků byla dle vzorců vypočítána intenzita

dýchání a produkce etylenu. Tímto způsobem byla stanovena intenzita dýchání a produkce etylenu v 5 termínech.

$$G_{\text{et}} = \frac{c}{V_x \cdot m \cdot t}$$

$$R = \frac{c}{V_x \cdot m \cdot t}$$

$G_{\text{et}}$  - produkce etylenu [ $\mu\text{l} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ ]

$c$  - koncentrace etylenu/  $\text{CO}_2$  [ $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1} / \mu\text{l} \cdot \text{l}^{-1}$ ]

$V_x$  - objem hermetické nádoby [l]

$m$  - hmotnost plodu v hermetické nádobě [kg]

$t$  - čas [h]

$R$  - intenzita dýchání [ $\mu\text{l} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ ]

#### **4.2.5 Stanovení hmotnostních ztrát**

Bylo vybráno 10 plodů kontrolních a 10 plodů ošetřených přípravkem SmartFresh™. Tyto plody byly zváženy v gramech na 1 desetinné místo. Získané hodnoty byly přepočítány na procentuální hmotnostní úbytek. Měření bylo opakováno v 5 termínech.

#### **4.2.6 Statistické zpracování výsledků**

Hodnoty získané ze stanovení refraktometrické sušiny, titračních kyselin, pevnosti dužniny, intenzity dýchání, produkce etylenu a hmotnostních ztrát byly zprůměrovány a zpracovány do tabulek a grafů za použití programu Microsoft Excel 2013.

Ke statistickému vyhodnocení získaných výsledků byl použit program Statistica 12. Rozdíly mezi kontrolními a ošetřenými plody byly vyhodnoceny analýzou variance. Dále byla zjištěna korelační závislost.

## 5 VÝSLEDKY A DISKUZE

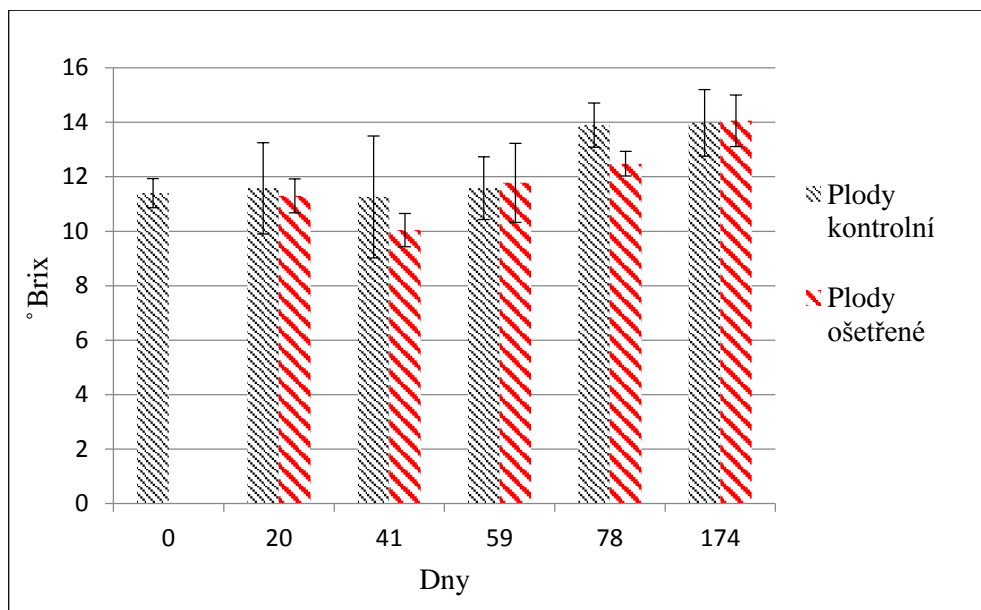
### 5.1 Změny rozpustné sušiny v důsledku ošetření 1- Metylcyklopropenem

**Tabulka 1:** Souhrnné výsledky ze stanovení rozpustné sušiny u odrůdy Golden Delicious u plodů kontrolních a ošetřených 1-MCP, skladovaných 174 dní při 2 °C. [ °Brix], (n=55)

Den stanovení	Plody kontrolní	Plody ošetřené
0	11,4 ± 0,540	
20	11,58 ± 1,677	11,3 ± 0,622
41	11,26 ± 2,244	10,04 ± 0,611
59	11,58 ± 1,151	11,78 ± 1,453
78	13,9 ± 0,814	12,48 ± 0,457
174	13,98 ± 1,227	14,06 ± 0,948

Rozpustná sušina spolu s pevností slupky a dužniny a veškerými kyselinami patří mezi základní ukazatele jakosti. V den založení pokusu byla u plodů rozpustná sušina v průměru 11,4 °Brix. V průběhu skladování docházelo v důsledku zrání plodů k jejímu zvyšování. Po 174 dnech skladování se obsah rozpustné sušiny zvýšil na 13,98 °Brix u plodů kontrolních a 14,06 °Brix u plodů ošetřených 1-MCP.

(REBEAUD, GASSER, 2015) ve svém článku uvádí, že rozpustná sušina u odrůdy Golden Delicious, která byla ošetřena koncentrací 625 ppm 1-MCP, po dobu 24 hodin a skladována 29 týdnů při 0,5-1 °C byla 14,1 °Brix u plodů ošetřených 1-MCP a 12,9 °Brix u plodů kontrolních. Vzhledem k hodnotám naměřeným ve 174. dni můžeme říci, že se hodnoty liší o 0,04 °Brix u plodů ošetřených 1-MCP a o 1,08 °Brix u plodů kontrolních. Obsah rozpustné sušiny může být ovlivněn půdními a klimatickými podmínkami stanoviště.



**Graf 1:** Stanovení rozpustné sušiny u odrůdy Golden Delicious u plodů kontrolních a ošetřených 1-MCP, skladovaných 174 dní při 2 °C.

Graf 1 srovnává výsledky rozpustné sušiny u plodů kontrolních a ošetřených 1-MCP. Při statistickém vyhodnocení nebyl mezi plody kontrolními a ošetřenými 1-MCP zjištěn statisticky průkazný rozdíl. Na základě výše vyhodnocených dat můžeme říci, že 1-MCP nemá vliv na obsah rozpustné sušiny.

Dle (WATKINS, 2006) může být obsah rozpustné sušiny v závislosti na odrůdě, skladovacích podmínkách a době skladování u plodů ošetřených 1-MCP vyšší, nižší nebo stejný.

## 5.2 Změny titračních kyselin v důsledku ošetření

### 1-Metylcyklopropenem

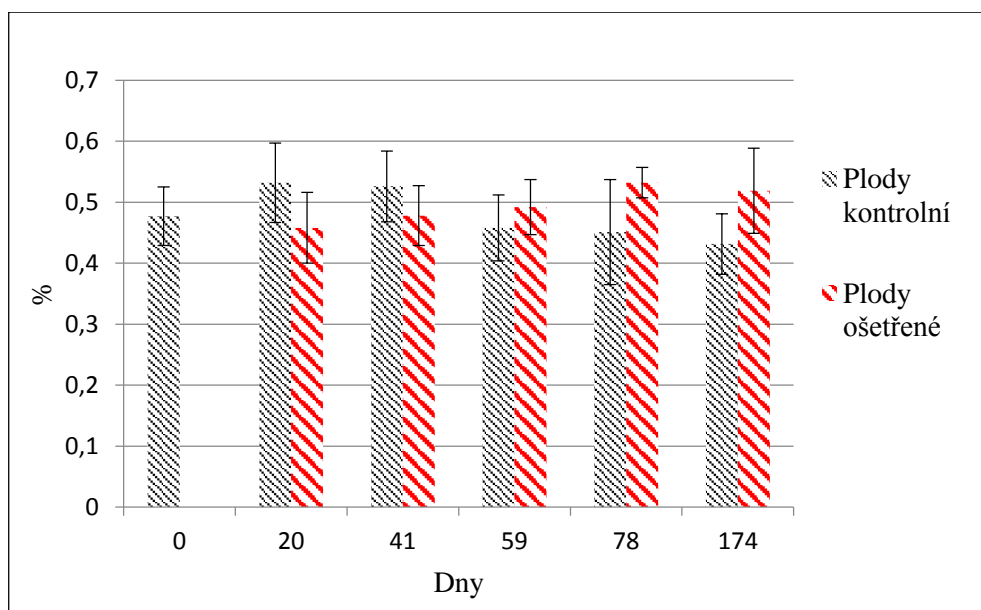
**Tabulka 2:** Souhrnné výsledky obsahu titračních kyselin u odrůdy Golden Delicious u plodů kontrolních a ošetřených 1-MCP, skladovaných 174 dní při 2 °C. [%], (n=55)

Den stanovení	Plody kontrolní	Plody ošetřené
<b>0</b>	0,477 ± 0,048	
<b>20</b>	0,532 ± 0,065	0,458 ± 0,058
<b>41</b>	0,526 ± 0,058	0,478 ± 0,049
<b>59</b>	0,458 ± 0,054	0,492 ± 0,045
<b>78</b>	0,451 ± 0,086	0,532 ± 0,025
<b>174</b>	0,431 ± 0,050	0,519 ± 0,070

V tabulce 2 jsou uvedeny výsledky ze stanovení titračních kyselin u plodů kontrolních a ošetřených 1-MCP po dobu 174 dní skladování. V den založení pokusu byl průměrný obsah kyselin, stanovených titračně a následně přepočten na kyselinu jablečnou 0,477 %. Obsah kyselin se zráním plodu klesá. Po 174 dnech skladování bylo u plodů kontrolních v průměru naměřeno 0,431 % a u plodů ošetřených 1-MCP 0,519 %.

(JAN et al., 2012) uvádí, že po 150 dnech skladování bylo u odrůdy Golden Delicious naměřeno 0,51 % kyseliny jablečné. V porovnání s vlastními výsledky se průměrná hodnota titračních kyselin stanovená u plodů kontrolních po 174 dnech skladování liší o 0,079 %.





**Graf 2:** Obsah titračních kyselin u odrůdy Golden Delicious u plodů kontrolních a ošetřených 1-MCP, skladovaných 174 dní při 2 °C. [%], (n=55)

Graf 2 srovnává hodnoty titračních kyselin u plodů kontrolních a ošetřených 1-MCP. Při stanovení titračních kyselin nebyl zjištěn mezi plody kontrolními a ošetřenými statisticky průkazný rozdíl. Lze tedy říci, že 1-MCP nemá vliv na obsah titračních kyselin.

(ARGENTA et. al., 2007) ve své studii uvádí účinek 1-MCP u odrůdy Golden Delicious vystavené koncentraci 0,1 a 1  $\mu\text{l.l}^{-1}$  1-MCP po dobu 12 hodin při teplotě 20 °C. Plody byly skladovány při teplotě 0,5 °C po dobu 6 měsíců. V této studii je uvedeno, že plody ošetřené těmito koncentracemi měly vyšší obsah titračních kyselin než plody kontrolní.

V článku (WATKINS, 2006) je uvedeno, že aplikací látky 1-MCP dochází u plodů buď k zpomalení ztráty titračních kyselin, nebo absenci účinku.

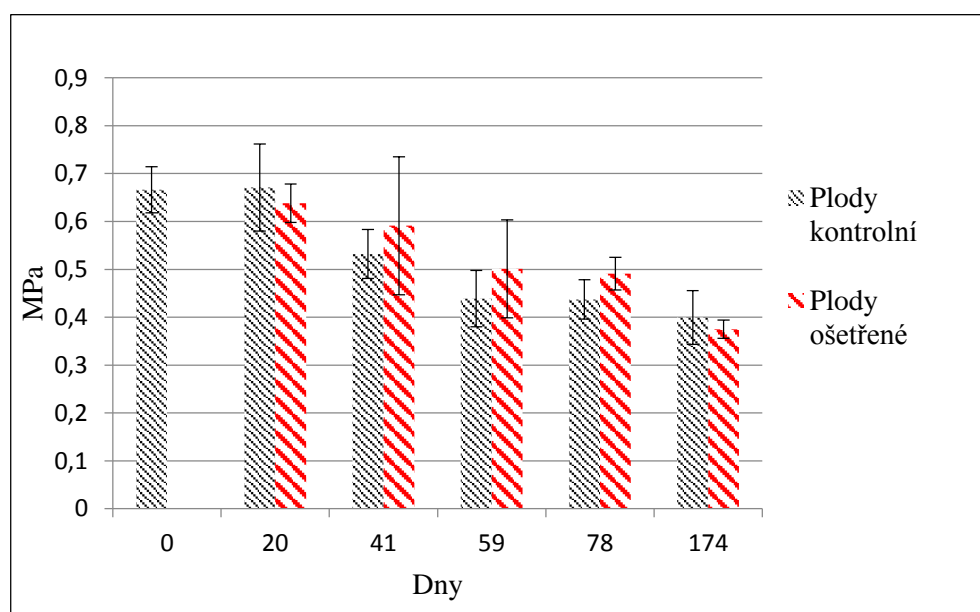
## 5.3 Změny pevnosti dužniny v důsledku ošetření

### 1- Metylcyklopropenem

**Tabulka 3:** Souhrnné výsledky ze stanovení pevnosti dužniny u odrůdy Golden Delicious u plodů kontrolních a ošetřených 1-MCP, skladovaných 174 dní při 2 °C. [MPa], (n=55)

Den stanovení	Plody kontrolní	Plody ošetřené
0	0,666 ± 0,048	
20	0,671 ± 0,091	0,638 ± 0,04
41	0,532 ± 0,051	0,591 ± 0,114
59	0,439 ± 0,059	0,501 ± 0,102
78	0,437 ± 0,041	0,491 ± 0,034
174	0,399 ± 0,042	0,375 ± 0,019

Z tabulky 3 lze vyčíst, že pevnost dužniny měla během skladování klesající charakter. V den založení pokusu byla pevnost dužniny 0,666 MPa. V posledním termínu měření bylo u plodů kontrolních naměřeno 0,399 MPa a u plodů ošetřených 1-MCP 0,375 MPa.



**Graf 3:** Stanovení pevnosti dužniny u odrůdy Golden Delicious u plodů kontrolních a ošetřených 1-MCP, skladovaných 174 dní při 2 °C. [MPa], (n=55)

V grafu 3 je vyobrazeno srovnání naměřených hodnot pevnosti dužniny u plodů kontrolních a ošetřených 1-MCP. Během skladování docházelo v důsledku zrání k poklesu pevnosti dužniny. Pevnost dužniny byla u plodů ošetřených 1-MCP při měření v 41., 59. a 78. dni vyšší. Při statistickém vyhodnocení nebyl mezi plody kontrolními a ošetřenými zjištěn statisticky průkazný rozdíl. Z toho vyplývá, že pevnost dužniny nebyla látkou 1-MCP ovlivněna.

V článku (ARGENTA, 2007) je uvedeno, že plody odrůdy Golden Delicious ošetřené koncentrací 0,1 a 1  $\mu\text{l.l}^{-1}$  1-MCP a skladovány po dobu 6 měsíců při teplotě 0,5 °C byly ve srovnání s plody neošetřenými pevnější. (VIDRIH et. al., 2011) dospěl ve svém pokusu ke stejným výsledkům jako autor předchozího článku. Plody odrůdy Golden Delicious byly ošetřeny 1  $\mu\text{l.l}^{-1}$  1-MCP a skladovány po dobu 6 měsíců v podmínkách ULO při teplotě 1 °C. Takto ošetřené plody vykazovaly ve srovnání s plody neošetřenými vyšší pevnost. Rozdíl mezi vlastními výsledky a výsledky těchto autorů může být způsoben rozdílnými podmínkami skladování. Pevnost dužniny je dále ovlivněna sezónou, polohou sadu, hnojením a míře vystavení plodu slunečnímu záření (FERREE, WARRINGTON, 2003).

## 5.4 Změny intenzity dýchání v důsledku ošetření

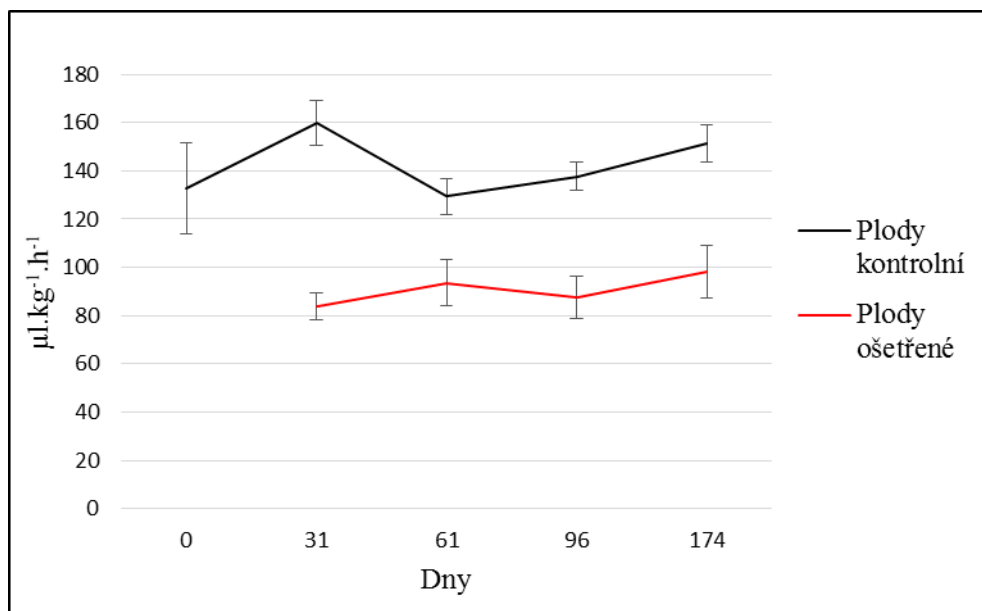
### 1- Metylcyklopropenem

**Tabulka 4:** Souhrnné výsledky ze stanovení intenzity dýchání u odrůdy Golden Delicious u plodů kontrolních a ošetřených 1-MCP, skladovaných 174 dní při 2 °C. [ $\mu\text{l.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$ ], (n=27)

Den stanovení	Plody kontrolní	Plody ošetřené
<b>0</b>	132,637 ± 18,781	
<b>31</b>	159,808 ± 9,178	83,948 ± 5,506
<b>61</b>	129,285 ± 7,613	93,6 ± 9,452
<b>96</b>	137,548 ± 5,862	87,656 ± 8,733
<b>174</b>	151,277 ± 7,866	98,133 ± 10,938

Z tabulky 4 je patrné, že plody ošetřené 1-MCP vykazovaly nižší intenzitu dýchání než

plody kontrolní. Na počátku byla u plodů intenzita dýchání  $132,637 \mu\text{l.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$ . V posledním termínu měření byla hodnota u plodů kontrolních  $151,277 \mu\text{l.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$  a  $98,133 \mu\text{l.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$  u plodů ošetřených 1-MCP. (SAFNER, et. al., 2003) dospěl ve své studii u odrůdy Golden Delicious ke stejným výsledkům.



**Graf 4:** Stanovení intenzity dýchání u odrůdy Golden Delicious u plodů kontrolních a ošetřených 1-MCP, skladovaných 174 dní při  $2^\circ\text{C}$ . [ $\mu\text{l.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$ ], (n=27)

Respirace plodu, transpirace a produkce etylenu patří mezi hlavní faktory, které přispívají k zhoršení kvality čerstvého ovoce a zeleniny. Graf 4 srovnává intenzitu dýchání u plodů kontrolních a ošetřených 1-MCP. Ve všech termínech měření byl mezi plody kontrolními a ošetřenými zjištěn statisticky průkazný rozdíl. Z výše uvedených hodnot vyplývá, že aplikace látky 1-MCP ovlivnila intenzitu dýchání plodů.

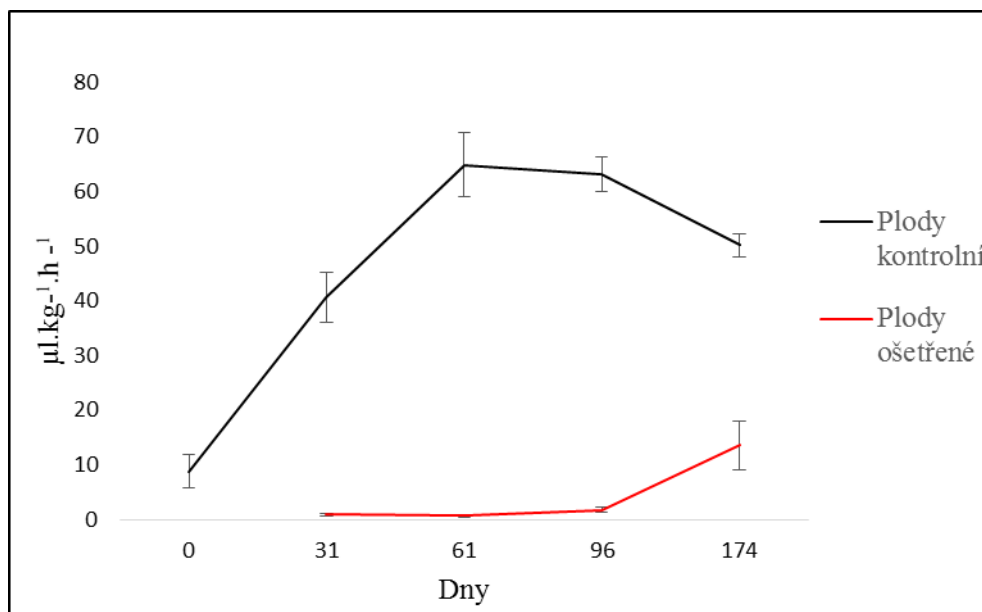
## 5.5 Produkce etylenu během zrání

**Tabulka 5:** Souhrnné výsledky ze stanovení produkce etylenu u odrůdy Golden Delicious u plodů kontrolních a ošetřených 1-MCP, skladovaných 174 dní při 2 ° C. [ $\mu\text{l.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$ ], (n=27)

Den stanovení	Plody kontrolní	Plody ošetřené
0	8,794 ± 2,978	
31	40,530 ± 4,598	0,858 ± 0,168
61	64,897 ± 5,806	0,606 ± 0,274
96	63,069 ± 3,139	1,726 ± 0,479
174	50,13 ± 2,107	13,562 ± 4,508

Tabulka 5 ukazuje rozdíly v produkci etylenu v průběhu skladování u plodů kontrolních a ošetřených 1-MCP. Při 0 dni byla u plodů stanovena produkce etylenu 8,794  $\mu\text{l.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$ . Při měření v 31. a 61. dni byla produkce etylenu u plodů ošetřených 1-MCP oproti plodům kontrolním o dva logaritmické řády nižší. Po 174 dnech skladování byla produkce etylenu 50,13  $\mu\text{l.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$  u plodů kontrolních a 13,562  $\mu\text{l.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$  u plodů ošetřených 1-MCP.

(MELNYK, et. al., 2014) ve svém článku uvádí, že po 180 dnech skladování odrůdy Golden Delicious při 2 ° C byla naměřena produkce etylenu u plodů kontrolních 55  $\mu\text{l.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$  a 0,75  $\mu\text{l.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$  u plodů ošetřených 1-MCP. Můžeme říci, že se hodnoty liší oproti vlastním hodnotám naměřených ve 174 dni o 4,87  $\mu\text{l.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$  u plodů kontrolních a o 12,812  $\mu\text{l.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$  u plodů ošetřených 1-MCP. Vyšší rozdíl mezi hodnotami u plodů ošetřených 1-MCP může být způsoben špatnou kondicí plodů nebo jejich nevhodným výběrem.



**Graf 5:** Stanovení produkce etylenu u odrůdy Golden Delicious u plodů kontrolních a ošetřených 1-MCP, skladovaných 174 dní při 2 °C. [ $\mu\text{l.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$ ], (n=27)

Etylen kontroluje zrání ovoce, které se vyznačuje změnou barvy, pevnosti, chuti a titrační kyselosti. Potlačení produkce etylenu během skladování zpomaluje zrání a udržuje kvalitu plodů. (REBEAUD, GASSER, 2015) Graf 5 srovnává produkci etylenu u plodů kontrolních a ošetřených 1-MCP. Plody ošetřené 1-MCP na rozdíl od plodů kontrolních produkovaly v průběhu skladování výrazně méně etylenu. Při stanovení produkce etylenu byl zjištěn ve všech termínech měření mezi plody kontrolními a ošetřenými statisticky významný rozdíl. Z výše uvedených výsledků je patrné, že aplikace 1-MCP má na produkci etylenu pozitivní vliv.

Mnoho z postupů používaných při skladování jablek jsou účinné částečně v důsledku jejich dopadu na produkci etylenu. Nízká teplota, nízká koncentrace kyslíku a vyšší koncentrace oxidu uhličitého přispívají ke snížení aktivity etylenu u jablek během skladování. 1-MCP jako další nástroj pro manipulaci se zráním plodu je alternativou a vylepšením stávajících postupů pro dosažení poskytování konzistentního a vysoce kvalitního ovoce. (MATHEIS et. al., 2001)

## 5.6 Velikost hmotnostních ztrát

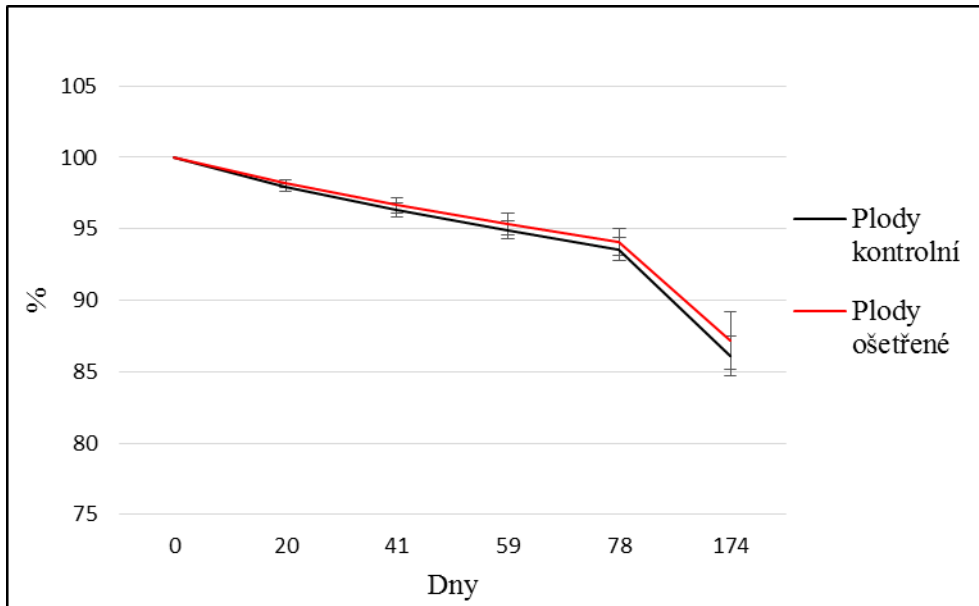
**Tabulka 6:** Souhrnné výsledky ze stanovení hmotnostních ztrát u odrůdy Golden Delicious u plodů kontrolních a ošetřených 1-MCP, skladovaných 174 dní při 2 °C. [%], (n=20)

Den stanovení	Plody kontrolní	Plody ošetřené
<b>0</b>	100	100
<b>20</b>	97,910 ± 0,261	98,177 ± 0,286
<b>41</b>	96,345 ± 0,488	96,668 ± 0,546
<b>59</b>	94,927 ± 0,488	95,317 ± 0,748
<b>78</b>	93,546 ± 0,804	94,055 ± 0,947
<b>174</b>	86,095 ± 1,395	87,190 ± 1,992

Ztráta hmotnosti transpirací patří mezi jeden z nejdůležitějších faktorů, který zkracuje skladování a zhoršuje jakost plodů. Ztráta vody je kumulativní od doby sklizně až po spotřebování plodu. U jablek je tolerována ztráta nepřesahující hodnotu 5 %. Do této prahové koncentrace je stres skladovaného plodu z nadměrné ztráty vody vizuálně nepříliš rozpoznatelný. Hmotnostní ztráty způsobené transpirací plodu nad 5 % způsobují zhoršení celkové jakosti plodů. (GOLIÁŠ, 2014) Ztráty vyšší než 5 % byly zaznamenány u plodů kontrolních po 59 dnech chladírenského skladování. U plodů ošetřených 1-MCP došlo k této ztrátě při měření po 78 dnech skladování. V důsledku stárnutí plodů po 174 dnech skladování vykazovaly plody zhoršenou jakost. Ztráta hmotnosti u plodů kontrolních dosahovala po 174 dnech skladování v průměru 13,005 %. U plodů ošetřených 1-MCP vlivem dlouhodobého skladování plody ztratily průměrně 12,81 % své hmotnosti.

(PRICHKO, et. al., 2010) ve svém článku uvádí účinek 1-MCP na plody odrůdy Golden Delicious. Plody byly ošetřeny 1ppm 1-MCP po dobu 24 hodin a poté skladovány v řízené atmosféře při 0-2 °C. Po šesti měsících skladování byla u plodů ošetřených 1-MCP ve srovnání s plody kontrolními zaznamenána o 2,2 % nižší ztráta hmotnosti. Ve

srovnání s vlastními hodnotami, kdy po 174 dnech skladování u plodů ošetřených 1-MCP ve srovnání s plody kontrolními byl hmotnostní úbytek o 0,195 % nižší, je rozdíl oproti výsledkům tohoto autora 2,005 %. Rozdílné hodnoty mohou být způsobeny vlivem kolísání teploty okolní atmosféry, vysokou rychlostí cirkulovaného vzduchu uvnitř chladírenské komory nebo dlouhou dobou chodu výparnickového ventilátoru.

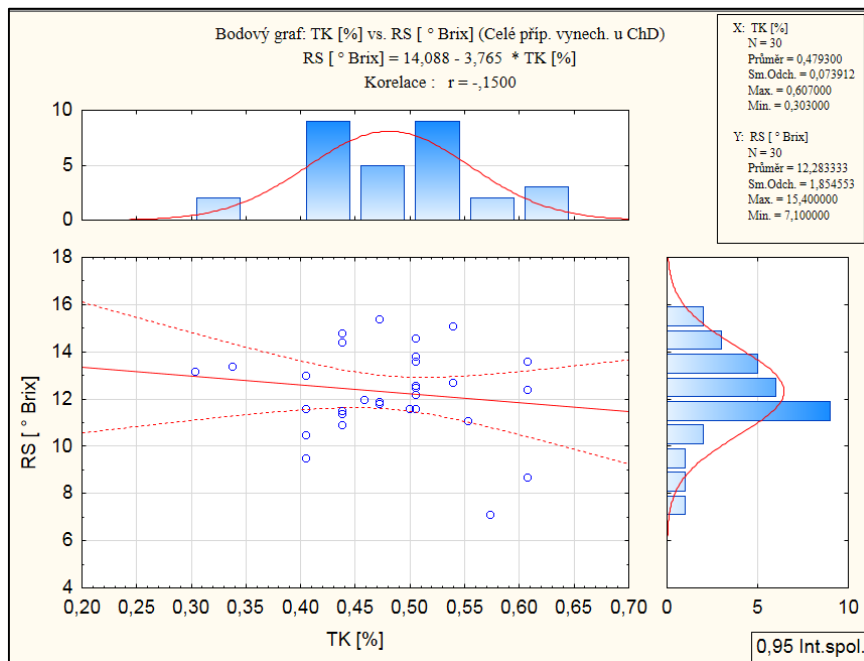


**Graf 6:** Ztráty hmotnosti v důsledku transpirace u odrůdy Golden Delicious u plodů kontrolních a ošetřených 1-MCP, skladovaných 174 dní při 2 °C. [%], (n=20)

Mezi zkracující faktory skladování a dalšího zhoršení jakosti plodů patří mechanické poškození, nesprávný termín sklizně a ztráta hmotnosti transpirací. Graf 6 srovnává hmotnostní ztráty u plodů kontrolních a ošetřených 1-MCP. V průběhu skladování docházelo vlivem transpirace k poklesu hmotnosti plodu. U plodů ošetřených 1-MCP byly ve všech termínech hmotnostní ztráty nižší. Při statistickém vyhodnocení nebyl mezi plody kontrolními a plody ošetřenými 1-MCP stanoven statisticky průkazný rozdíl. Můžeme konstatovat, že hmotnostní ztráty nebyly látkou 1-MCP ovlivněny.

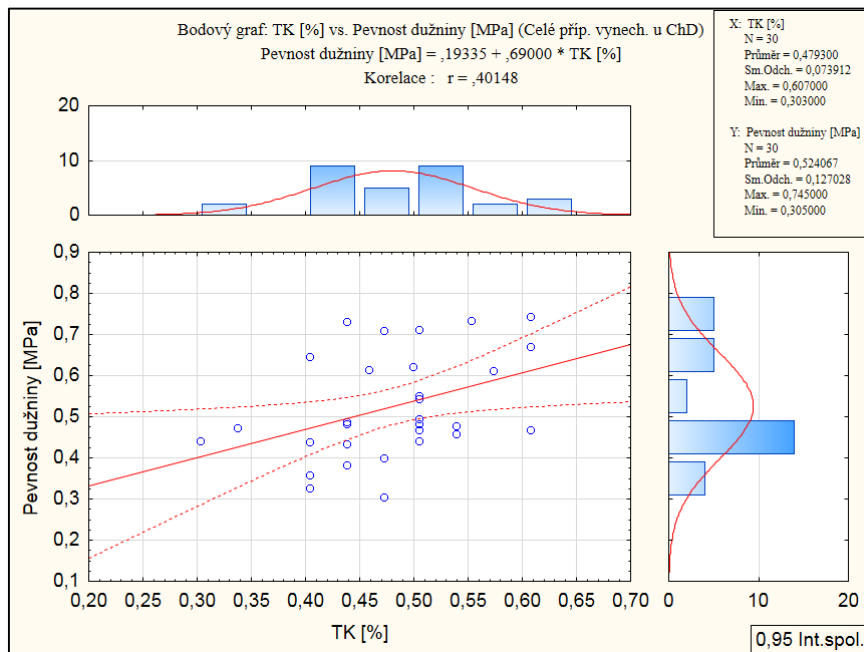


## 5.7 Statistické vyhodnocení plodů kontrolních



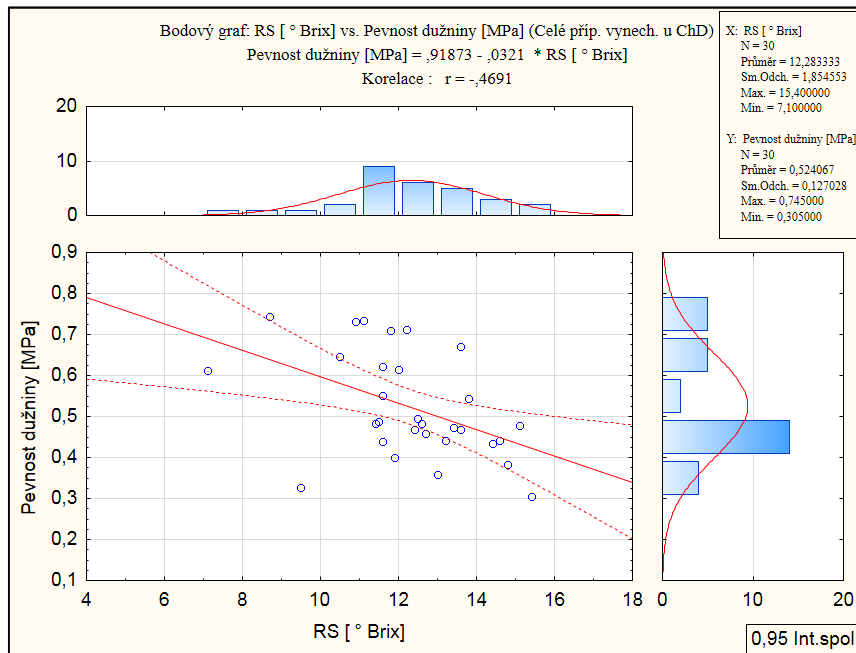
**Graf 7:** Korelace mezi titračními kyselinami a rozpustnou sušinou u odrůdy Golden Delicious u plodů kontrolních, skladovaných 174 dní při 2 °C.

Graf 7 znázorňuje nepřímou (zápornou) závislost mezi titračními kyselinami a rozpustnou sušinou. Koeficient korelace  $r = -0,1500$  odpovídá téměř nulové závislosti (nezávislosti).

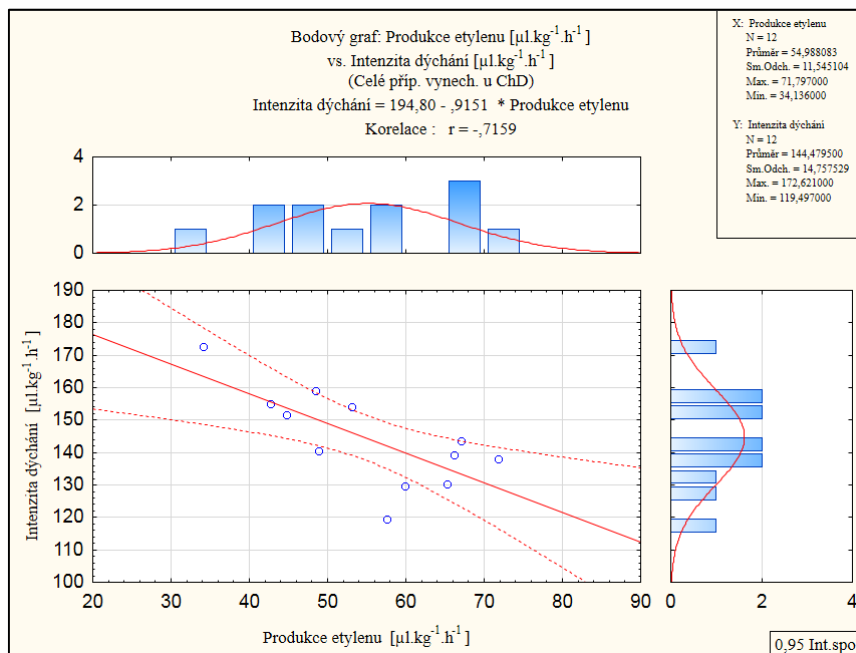


**Graf 8:** Korelace mezi titračními kyselinami a pevností dužniny u odrůdy Golden Delicious u plodů kontrolních, skladovaných 174 dní při 2 °C.

Graf 8 vyjadřuje přímou (kladnou) závislost mezi pevností dužniny a titračními kyselinami. Hodnota  $r=0,40148$  značí nízkou závislost.



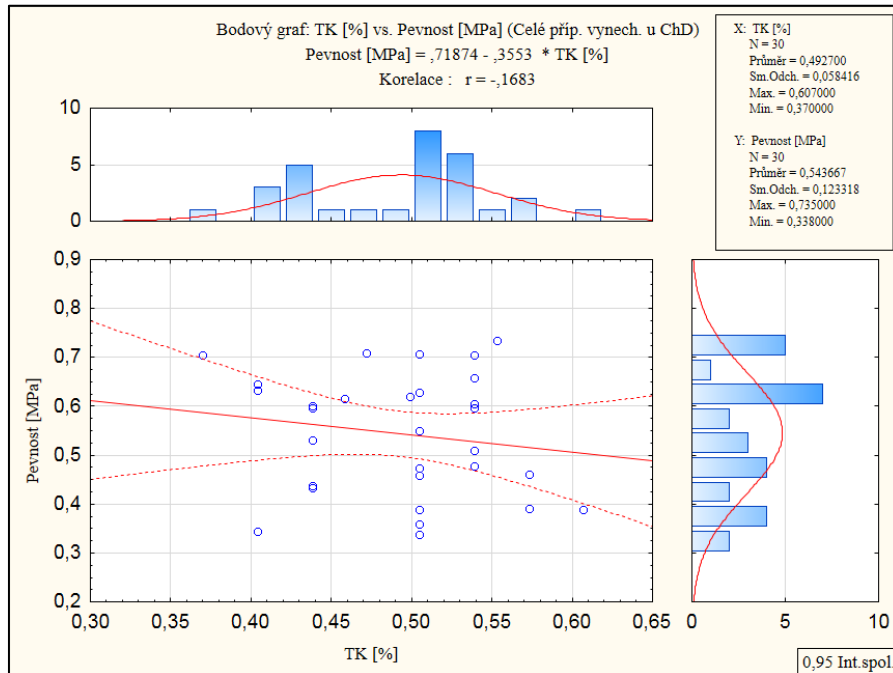
**Graf 9:** Korelace mezi pevností dužniny a rozpustnou sušinou u odrůdy Golden Delicious u plodů kontrolních, skladovaných 174 dní při 2 °C  
 Korelace mezi pevností dužniny a rozpustnou sušinou je nepřímá (záporná) a hodnota  $r = -0,4691$  svědčí o nízké závislosti.



**Graf 10:** Korelace mezi intenzitou dýchání a produkcí etylenu u odrůdy Golden Delicious u plodů kontrolních, skladovaných 174 dní při 2 °C.

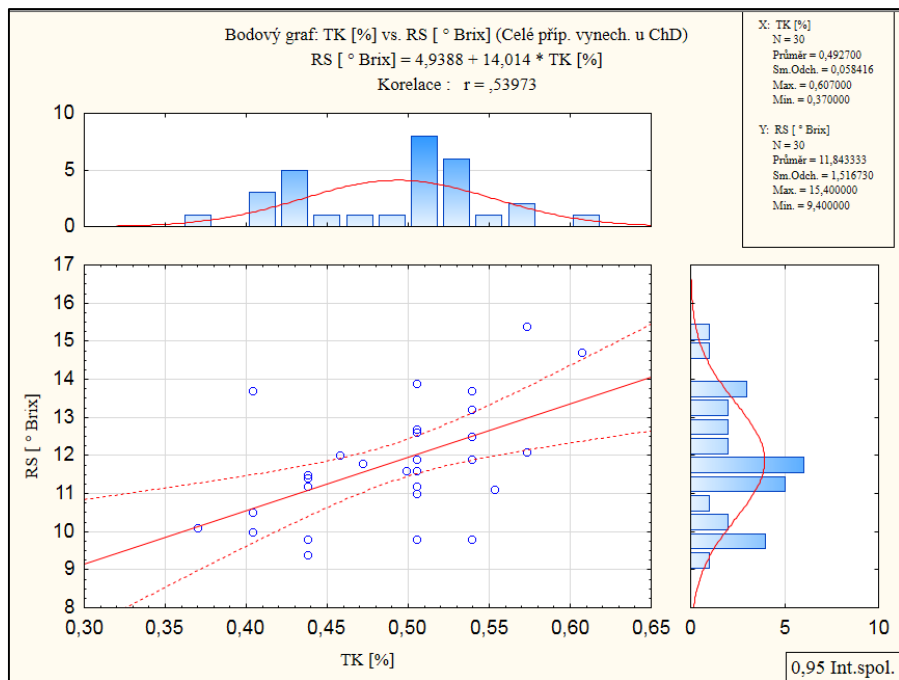
Graf 10 uvádí závislost mezi intenzitou dýchání a produkcí etylenu. Jedná se o závislost nepřímou. Koeficient korelace  $r = -0,7159$  představuje význačnou závislost.

## 5.8 Statistické vyhodnocení plodů ošetřených 1-Metylcyklopropenem



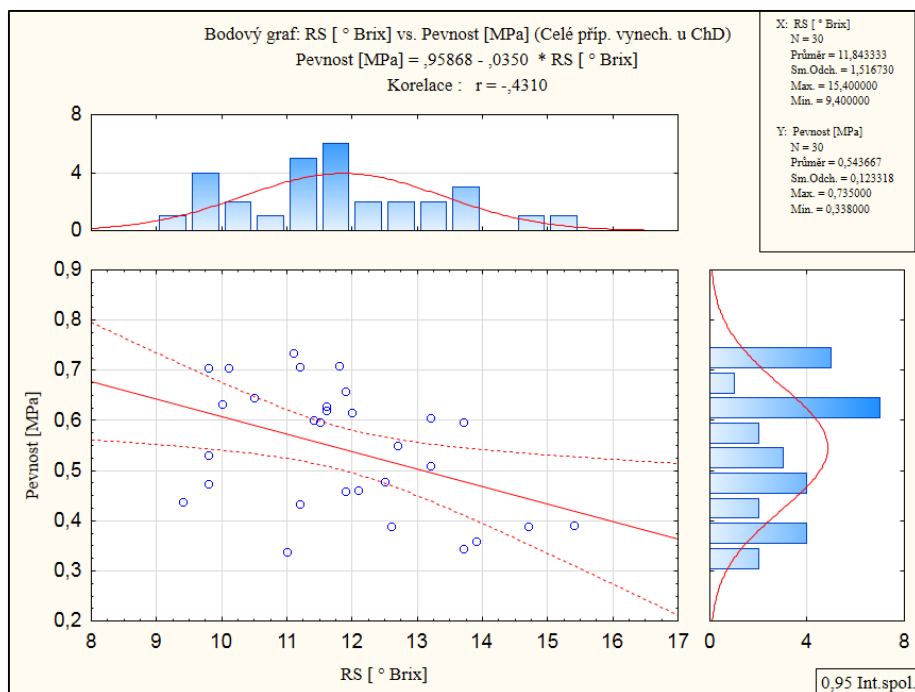
**Graf 11:** Korelace mezi pevností dužniny a titračními kyselinami u odrůdy Golden Delicious u plodů ošetřených 1-MCP, skladovaných 174 dní při 2 °C.

V grafu 11 je uvedena závislost mezi pevností dužniny a titračními kyselinami. Jedná se o závislost nepřímou. Hodnota  $r = -0,1683$  představuje téměř nulovou závislost.



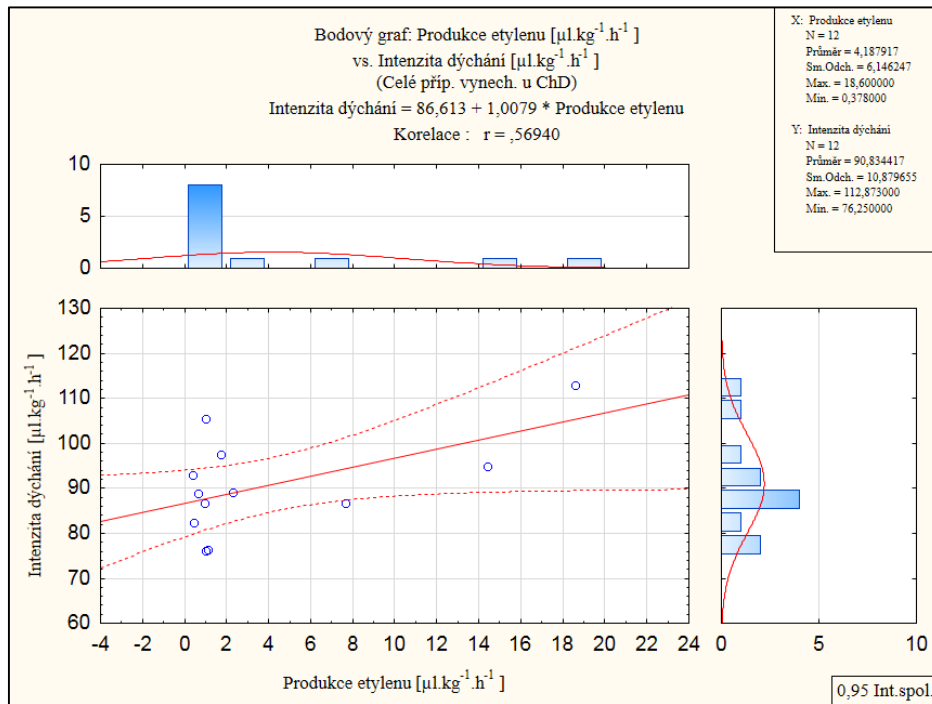
**Graf 12:** Korelace mezi rozpustnou sušinou a titračními kyselinami u odrůdy Golden Delicious u plodů ošetřených 1-MCP, skladovaných 174 dní při 2 °C.

Graf 12 znázorňuje kladnou závislost mezi rozpustnou sušinou a titračními kyselinami. Koeficient korelace  $r = 0,53973$  udává mírnou závislost.



**Graf 13:** Korelace mezi pevností dužniny a rozpustnou sušinou u odrůdy Golden Delicious u plodů ošetřených 1-MCP, skladovaných 174 dní při 2 °C.

Graf 13 znázorňuje korelaci mezi pevností dužniny a rozpustnou sušinou. Korelace je nepřímá. Hodnota  $r = -0,4310$  udává nízkou závislost.



**Graf 14:** Korelace mezi produkcí etylenu a intenzitou dýchání u odrůdy Golden Delicious u plodů ošetřených 1-MCP, skladovaných 174 dní při  $2^\circ\text{C}$ .

Závislost mezi produkcí etylenu a intenzita dýchání je kladná. Hodnota  $r = 0,56940$  představuje mírnou závislost.

## 6 ZÁVĚR

1-Metylcyklopropen byl aplikován 9.zářím u plodů odrůdy Golden Delicious. Plody kontrolní a ošetřené 1-MCP byly následně skladovány v chladárně po dobu 174 dní při 2° C. Účinek 1-MCP byl vyhodnocen stanovením rozpustné sušiny, titračních kyselin, pevnosti dužniny a hmotnostních ztrát v termínech 9.9, 20.10, 7.11, 26.11. 2014 a 2.3. 2015. V termínech 9.9, 10.10, 9.11, 14.12. 2014 a 2.3.2015 byla stanovena intenzita dýchání a produkce etylenu.

Látkové složky jako je rozpustná sušina a titrační kyseliny byly účinkem 1-MCP rozlišeny málo a mezi plody kontrolními a ošetřenými 1-MCP nebyl zjištěn statisticky průkazný rozdíl. Počáteční hodnota rozpustné sušiny byla  $11,4 \pm 0,540$ . Po 174 dnech skladování byly naměřeny hodnoty  $13,98 \pm 1,227$  u plodů kontrolních a  $14,06 \pm 0,948$  u plodů ošetřených 1-MCP. Obsah titračních kyselin byl na začátku  $0,477 \pm 0,048$ . V posledním termínu měření bylo u plodů kontrolních naměřeno  $0,431 \pm 0,050$  a u plodů ošetřených 1-MCP  $0,519 \pm 0,070$ .

U parametrů pevnost dužniny a hmotnostní ztráty rovněž nebyl mezi plody kontrolními a ošetřenými 1-MCP stanoven statisticky průkazný rozdíl. Počáteční pevnost plodů byla  $0,666 \pm 0,048$ . Po 174 dnech skladování byly hodnoty  $0,399 \pm 0,042$  u plodů kontrolních a  $0,375 \pm 0,019$  u plodů ošetřených 1-MCP. Ztráta hmotnosti po 174 dnech skladování dosahovala u plodů kontrolních  $13,905 \pm 1,395$  a u plodů ošetřených 1-MCP  $12,81 \pm 1,992$ .

Ošetření jablek 1-MCP se prokázalo na úrovni analytické (intenzita dýchání a produkce etylenu) jako významné zpomalení zrání jablek. Intenzita dýchání byla v průběhu skladování snížena u plodů ošetřených 1-MCP o 36 %. Po 174 dnech skladování byla intenzita dýchání u plodů kontrolních  $151,277 \pm 7,866$  a u plodů ošetřených 1-MCP  $98,133 \pm 10,938$ . Bylo prokázáno, že aplikace 1-MCP nepůsobí na produkci etylenu úplně, ale pouze ji zpomaluje. Produkce etylenu byla během skladování u plodů ošetřených 1-MCP v průměru snížena o 91 %. Po 174 dnech skladování byla produkce etylenu u plodů kontrolních  $50,13 \pm 2,107$  a u plodů ošetřených 1-MCP  $13,562 \pm 4,508$ . Produkce etylenu a intenzita dýchání patří mezi parametry, které rozlišují retardační účinek 1-MCP.

Při zjišťování korelační závislosti mezi jednotlivými parametry byla zjištěna nepřímá závislost a význačná korelace u plodů kontrolních mezi parametrem intenzita dýchání a produkce etylenu ( $r = -0,7159$ ). Mezi parametry titrační kyseliny, rozpustná sušina a pevnost dužniny byla zjištěna téměř nulová nebo nízká závislost.

Jednorázové ošetření 1-MCP, které bylo provedeno ve 20 °C po dobu 24 hodin se projevilo statisticky významně prostřednictvím parametru produkce etylenu a intenzity dýchání jako rozlišující údaj. V provozní praxi se po provedení zákroku nehodnotí fyziologické projevy plodu (jako je produkce etylenu a intenzita dýchání), ale očekává se jejich příznivý účinek. V tomto případě bylo prokázáno HP-GC, že rozlišení tímto metodickým postupem bylo prokázáno.

## **7 SOUHRN A RESUME, KLÍČOVÁ SLOVA**

### **Zpomalení zralosti odrůdy Golden Delicious účinkem 1-MCP během chladírenského skladování**

Diplomová práce byla vypracována na Ústavu posklizňové technologie zahradnických produktů na Zahradnické fakultě Mendelovy univerzity v Brně v letech 2014-2015. Cílem této práce bylo vyhodnotit parametry, které nejlépe rozliší účinek 1-MCP. Účinek 1-MCP byl vyhodnocen prostřednictvím stanovení rozpustné sušiny, titračních kyselin, pevnosti dužniny, produkce etylenu, intenzity dýchání a hmotnostních ztrát.

V teoretické části se práce zabývá obecnou charakteristikou jabloní, látkovým složením plodu, charakteristikou etylenu a účinkem 1-MCP na plody klimakterické.

**Klíčová slova:** 1-methylcyklopropen, etylen, jablka, skladování, dýchání

### **Delayed ripening of cultivar Golden Delicious by effect 1-MCP during cold storage**

Diploma thesis was prepared at the Department of Post-Harvest Technology of Horticultural Products at the Faculty of Horticultural of the Mendel University in Brno in years 2014-2015. The goals of this thesis was evaluated parameters which can best recognize function of 1-MCP. Function of 1-MPC was evaluation by set up by soluble solids, titratable acid, flesh firmness, ethylene production, intensity respiration and weight loss.

The theoretical part of thesis deals with general characteristics of apple, substance composition of the fruit, characteristic of ethylene and 1-MCP effect on climacteric fruits.

**Key words:** 1-methylcyclopropene, ethylene, apples, storage, respiration



## 8 POUŽITÁ LITERATURA

1. ANONYM 1, sadařství: Historie pěstování a vývoj pomologie. [online]. [cit. 2014-08-28]. Dostupné z: <http://www.sadarstvi.cz/62-2/>
2. ANONYM 2, sadařství: Botanické zařazení jabloní. [online]. [cit. 2015-02-15]. Dostupné z: <http://www.sadarstvi.cz/rubrika/botanicke-zarazeni-jabloni/page/2/>
3. ANONYM 3, frontlineservices.cz [online]. Fruit ripening gas- ethylene. [online]. [cit. 2014-08-30]. Dostupné z: [http://www.frontlineservices.com.au/Frontline\\_Services/Fruit\\_ripening\\_gas\\_-\\_ethylene.html](http://www.frontlineservices.com.au/Frontline_Services/Fruit_ripening_gas_-_ethylene.html)
4. ARGENTA, L. C., FAN, X., MATTHEIS, J. P. Responses of ‘Golden Delicious’ Apples to 1-MCP Applied in Air or Water. *HortScience* [online]. 2007, 42 (7), 1651-1655 [cit. 2015-02-15]. Dostupné z: <http://naldc.nal.usda.gov/naldc/download.xhtml?id=16077&content=PDF>
5. BEAUDRY, R., WATKINS, Ch. Use of 1-MCP on Apples. *Perishables Handling Quarterly* [online]. 2003, 108 [cit. 2014-08-30]. Dostupné z: <http://www.nyshs.org/pdf/fq/2003-Volume-11/Vol-11-No-1/Use-of-1-MCP-on-Apples.pdf>
6. BLANKENSHIP, S. M. Ethylene Effects and the Benefits of 1-MCP. *Perishables Handling Quarterly* [online]. 2001, 108. [cit. 2015-03-20]. Dostupné z: <http://ucanr.edu/datastoreFiles/234-94.pdf>
7. BLANKENSHIP, S. M., DOLE J. M. 1-Methylcyclopropene: a review. *Postharvest Biology and Technology* [online]. 2003, 28, 1-25 [cit. 2014-08-28]. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925521402002466>
8. BURG, P., ZEMÁNEK, P. Zařízení pro skladování. *Vinař - sadař: odborný časopis pro vinohradníky, vinaře a ovocnáře*. Olomouc: Vydavatelství Baštan, 2009, 6, 56-57
9. DeELL, J. R., et al. 1-Methylcyclopropene Influences ‘Empire’ and ‘Delicious’ Apple Quality during Long-term Commercial Storage. *HortTechnology* [online]. 2007, 17, 46-51 [cit. 2014-08-28]. Dostupné z: <http://horttech.ashspublications.org/content/17/1/46.full.pdf>
10. DeELL, J. R., AYRES, J. T., MURR, D. P. 1-Methylcyclopropene Concentration and Timing of Postharvest Application Alters the Ripening of ‘McIntosh’ Apples

- during Storage. *HortTechnology* [online]. 2008, 18 (4), 624- 630 [cit. 2015-03-10]. Dostupné z: <http://horttech.ashspublications.org/content/18/4/624.full.pdf+html>
11. DUCKWORTH, R. *Fruit and vegetables*. 1st ed. Oxford: Pergamon Press, 1966, xxiv, 306 p.
  12. DVOŘÁK, A., JELÍNEK, J. *Pěstování jabloní*. 2., přeprac. a dopln. vyd. Praha: SZN, 1987, 343 s.
  13. ESKIN, N., SHADHIDI, F. *Biochemistry of foods*. 3. vyd. Amsterdam: Academic Press, 2013, 565 s. ISBN 978-0-12-242352-9.
  14. FAN, X., ARGENTA, L., MATTHEIS, J.P. Inhibition of ethylene action by 1-methylcyclopropene prolongs storage life of apricots. *Postharvest Biology and Technology* [online]. 2000, 20 (2), 135-142 [cit. 2015-02-15]. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925521400001216>
  15. FENG, X., et. al. Control of Ethylene responses in avocado fruit with 1- methylcyclopropene. *Postharvest Biology and Technology* [online]. 2000, 20 (2), 143-150 [cit. 2015-04-20]. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925521400001265>
  16. FERREE, D. C, WARRINGTON, I. *Apples: botany, production, and uses*. New York, NY: CABI, 2003, xi, 660 s., [32] s. příl. ISBN 0-85-199592-6.
  17. GOLIÁŠ, J., *Skladování a zpracování I, základy chladírenství*. Brno: MENDELU, II. vyd. 1996, ISBN-80-7157-229-2
  18. GOLIÁŠ, J., ČANĚK, A. [zahradaweb.cz](http://zahradaweb.cz). [online]. 2005 [cit. 2015-02-15]. Etylenová atmosféra ve skladovacích technologiích jádrového ovoce. Dostupné z: <http://zahradaweb.cz/etylenova-atmosfera-ve-skladovacich-technologiech-jadroveho-ovoce/>
  19. GOLIÁŠ, J. *Skladování ovoce v řízené atmosféře*. Vyd. 1. Praha: Brázda, 2011, 122 s. ISBN 978-80-209-0386-0.
  20. GOLIÁŠ, J. Využití 1-MCP při skladování jablek. *Zahradnictví: časopis profesionálních zahradníků*. 2012, 11 (10), 60-61. ISSN 1213-7596
  21. GOLIÁŠ, J. *Skladování a zpracování ovoce a zeleniny*. Vyd. 1. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2014, 131 s. ISBN 978-80-7509-195-6.
  22. GUILLEN, F., et. al. Tomato fruit quality retention during storage by 1-MCP treatment as affected by cultivar and ripening stage at harvest. *Acta Horticulturae* [online]. 2005, 682 [cit. 2015-04-20]. Dostupné z: <http://www.actahort.org/members/showpdf?session=1093>

23. HARRIS, D. R., et. al. Effect of fruit maturity of efficiency of 1-methylcyclopropene to delay the ripening of bananas. *Postharvest Biology and Technology* [online]. 2000, 20 (3), 303-308 [cit. 2015-04-20]. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925521400001502>
24. HUSÁKOVÁ, M. [zahradaweb.cz](http://zahradaweb.cz). [online]. 2009 [cit. 2015-01-20]. Nové technologie ve skladování ovoce. [zahradaweb.cz](http://zahradaweb.cz). [online]. Dostupné z: <http://zahradaweb.cz/nove-technologie-ve-skladovani-ovoce/>
25. IVIČIČ, L. *Ovocnictví*. 1. vyd. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1987, 475 s.
26. JAN, I., RAB, A., SAJID, M., ALI, A., SHAH, S. T. Response of apple cultivars to different storage durations. *Sarhad Journal of Agricultural* [online]. 2012, 28 (2), 219-225 [cit. 2015-04-04]. Dostupné z: [http://www.aup.edu.pk/sj\\_pdf/RESPONSE%20OF%20APPLE%20CULTIVARS%20TO%20DIFFERENT%20STORAGE%20-184-11-Horticulture.pdf](http://www.aup.edu.pk/sj_pdf/RESPONSE%20OF%20APPLE%20CULTIVARS%20TO%20DIFFERENT%20STORAGE%20-184-11-Horticulture.pdf)
27. KADER, A. A. *Postharvest technology of horticultural crops*. 3rd ed. Oakland, CA: University of California Division of Agriculture and Natural Resources, 2001, vii, 535 s. ISBN 1-879906-51-1.
28. KANELIS, A. K. *Biology and Biotechnology of the Plant Hormone II*. [online] 1999 [cit. 2015-03-05]. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, ISBN 9780792359418. Dostupné z: [https://books.google.cz/books?id=8A9U9k4ag7kC&printsec=frontcover&hl=cs&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.cz/books?id=8A9U9k4ag7kC&printsec=frontcover&hl=cs&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)
29. KOPEC, K. *Tabulky nutričních hodnot ovoce a zeleniny*. Vyd. 1. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 1998, 72 s. ISBN 80-86153-64-9.
30. KUPFERMAN, E. The Role of Ethylene in Determining Apple Harvest and Storage Life. In: [wsu.edu](http://wsu.edu): WSU Tree Fruit Research & Extension Center [online]. 1986 [cit. 2015-04-15]. Dostupné z: <http://postharvest.tfrec.wsu.edu/pages/N4I1C>
31. LIU, H, et. al. The effects of 1-methylcyclopropene on peach fruit (*Prunus persica* L. cv. Jiubao) ripening and disease resistance. *International Journal of Food Science and Technology* [online]. 2005, 40, 1-7 [cit. 2015-04-20]. Dostupné z: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2621.2004.00905.x/epdf>
32. MAŠEK, L. *Potravinářství a nápoje v kostce*. 1.vyd. Úvaly: Ratio, [1996], 211 s., 7 s. obr. příl.

33. MCNAMUS, M. T. *Annual Plant Reviews: The Plant hormone Ethylene* [online]. Oxford: Blackwell Pub, 2012 [cit. 2015-04-12]. ISBN: 978-1-4443-3003-8. Dostupné z: <http://eu.wiley.com/WileyCDA/WileyTitle/productCd-1444330039.html>
34. MATTHEIS, J., FAN, X., ARGENTA, L. Responses of Pacific northwest apples to 1- methylcyclopropene (MCP). *Washington tree fruit postharvest conference* [online]. 2001, [cit. 2015-03-20]. Dostupné z: <http://postharvest.tfrec.wsu.edu/PC2001N.pdf>
35. MATHEIS, J., FAN, X., ARGENTA, L. Factors influencing succesful use of 1-MCP. *Washington tree fruit postharvest conference* [online]. 2002, [cit. 2015-03-20]. Dostupné z: <http://postharvest.tfrec.wsu.edu/PC2002E.pdf>
36. MELNYK O., et al. Ethylene emission of apples treated with 1-Methylcyclopropene during storage. *Journal of Horticultural Research* [online]. 2014, 22 (1), 109-112 [cit. 2015-03-20]. Dostupné z: [http://www.inhort.pl/files/journal\\_IO/contents/2014\\_1/johr-Volume\\_22\\_1\\_13\\_paper.pdf](http://www.inhort.pl/files/journal_IO/contents/2014_1/johr-Volume_22_1_13_paper.pdf)
37. NESRSTA, D. *Jádroviny: přes 160 barevných fotografií a popisů odrůd jádrovin*. Olomouc: Petr Baštan, 196 s. ISBN 978-80-87091-17-3.
38. PRICHKO, T. G., KARPUSHINA, M. V., ILINSKIY, A. S. Effect of 1-MCP Treatment on the Quality of Some Apple Varieties in RA and CA. *Acta Horticulturae* [online]. 2010, 877, 335-338 [cit. 2015-04-20]. Dostupné z: [http://www.actahort.org/books/877/877\\_41.htm](http://www.actahort.org/books/877/877_41.htm)
39. PROCHÁZKA, S. *Fyziologie rostlin*. Vyd. 1. Praha: Academia, 1998, 484 s. ISBN 80-200-0586-2.
40. REBEAUD G. S., GASSER F. Fruit quality as affected by 1-MCP treatment and DCA storage- a comparsion of the two methods. *European Journal of Horticultural Science* [online]. 2015, 80 (1), 18-24 [cit. 2015-04-20]. Dostupné z: [http://www.pubhort.org/ejhs/80/1/3/80\\_1\\_3.pdf](http://www.pubhort.org/ejhs/80/1/3/80_1_3.pdf)
41. SAFNER, R. A., ABBOTT, J. A., CONWAY, W. S., BARDEN, C. L. Effect of 1-Methylcyclopropene and Heat Treatment on Ripening and Postharvest Decay in ‘Golden Delicious‘ Apples. *Journal of the American Society for Horticultural Science* [online]. 2003, 128 (1), 120-127 [cit. 2015-04-20]. Dostupné z: <http://journal.ashspublications.org/content/128/1/120.full.pdf+html>

42. SALTVEIT M. E. Effect of ethylene on quality of fresh fruits and vegetables. *Postharvest Biology and Technology* [online]. 1999, 15 (3), 279–292 [cit. 2014-08-28]. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092552149800091X>
43. SINHA, N. K. *Handbook of fruits and fruit processing. Second edition*. Ames, Iowa: Wiley-Blackwell, 2012, 694 s. ISBN 978-0-8138-0894-9.
44. SISLER, E. C., SEREK, M. Compounds Interacting with Ethylene Receptor in Plants. *Plant Biology* [online]. 2003, 5 (5), 473-480 [cit. 2015-04-03]. Dostupné z: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1055/s-2003-44782/epdf>
45. STÁVKOVÁ, J., DUFEK J. *Biometrika*. 1.vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2000, 178 s., [13] s. ISBN 80-7157-486-4.
46. TATSUKI M., ENDOB A., OHKAWA H. Influence of time from harvest to 1-MCP treatment on apple fruit quality and expression of genes for ethylene biosynthesis enzymes and ethylene receptors. *Postharvest Biology and Technology* [online]. 2007, 43, 28-35 [cit. 2014-08-28]. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925521406002171>
47. THOMPSON, A. *Controlled atmosphere storage of fruits and vegetables*. 2nd ed. Wallingford, Oxfordshire, UK: CABI, c2010, xv, 272 p. ISBN 9781845936464.
48. THUENTE, Joanne. *Fruit, berry and nut inventory: an inventory of nursery catalogs and websites listing fruit, berry and nut varieties available by mail order in the United States*. 4th ed. Decorah, IA: Seed Savers Exchange, 2009, 386 s. ISBN 978-1-882424-61-0.
49. VIDRIH, R., HRIBAR, J., ZLATIC, E. The aroma profile of apples as influenced by 1-MCP. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research* [online]. 2011, 19 (1), 101-111 [cit. 2015-04-10]. Dostupné z: [http://www.inhort.pl/files/journal\\_pdf/journal\\_2011\\_1/full9%202011\\_1\\_.pdf](http://www.inhort.pl/files/journal_pdf/journal_2011_1/full9%202011_1_.pdf)
50. WANG, R., XUAN, H., STREIF, J. Effect of 1-MCP on Plum (*Prunus domestica*) Ripening and Quality during Shelf-Life at Room Temperature. *Acta Horticulturae* [online]. 2010, 877, 317-322 [cit. 2015-04-10]. Dostupné z: [http://www.actahort.org/books/877/877\\_38.htm](http://www.actahort.org/books/877/877_38.htm)
51. WATKINS, Ch. B., NOCK, J. SmartFresh™ (1-MCP)- tje good or bad as we head into the 2004 season! *New York Fruit Quartely* [online]. 2004, 12 (3), 2-7 [cit. 2015-02-15]. Dostupné z: <http://www.nyshs.org/pdf/fq/2004-Volume-12/Vol-12-No->

3/SmartFresh-(1-MCP)-The-Good-and-Bad-as-We-Head-into-the-2004-Season.pdf

52. WATKINS, Ch. B. The use of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on fruits and vegetables. *Biotechnology Advances* [online]. 2006, 24 (4), 389-409 [cit. 2015-02-27]. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S073497500600022X>
53. WATKINS, Ch. B. Current and Future Research and Use of 1-MCP in Apples. [online]. 2009, [cit. 2015-04-10] Dostupné z: [http://www.researchgate.net/publication/228450988\\_Current\\_and\\_future\\_research\\_and\\_uses\\_of\\_1-MCP\\_in\\_apples](http://www.researchgate.net/publication/228450988_Current_and_future_research_and_uses_of_1-MCP_in_apples)
54. WILLS, R. B. H. Use of 1-MCP to extend the time to ripen of green tomatoes and postharvest life of ripe tomatoes. *Postharvest Biology and Technology* [online]. 2002, 26 (1), 85-90 [cit. 2015-04-20]. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925521401002010>
55. YUAN, R., LI, J. Effect of Sprayable 1-MCP, AVG, and NAA on Ethylene Biosynthesis, Preharvest Fruit Drop, Fruit Maturity, and Quality of ‘Delicious’ Apples. *HortScience* [online]. 2008, 43 (5), 1454-1460 [cit. 2015-01-10]. Dostupné z: <http://hortsci.ashspublications.org/content/43/5/1454.full.pdf+html>