

Mendelova univerzita v Brně
Zahradnická fakulta v Lednici

Podnícení zralosti jablek účinkem exogenního etylénu

Diplomová práce

Vedoucí bakalářské práce

Prof. Ing. Jan Goliáš, DrSc.

Vypracovala:

Bc. Zuzana Valachová

Lednice 2015

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svoji diplomovou práci na téma Podnícení zralosti jablek účinkem exogenního etylénu vypracovala samostatně s využitím informačních zdrojů, které jsou v práci citovány.

Souhlasím, aby diplomová práce byla uložena a zpřístupněna v knihovně Zahradnické fakulty Mendelovy univerzity v Brně.

V Lednici, dne.....

.....

Bc. Zuzana Valachová

Poděkování

Ráda bych poděkovala prof. Ing. Janu Goliášovi DrSc. za odborné vedení, za pomoc a cenné rady při konzultacích a zpracování diplomové práce.

Zadání diplomové práce

Obsah

1. ÚVOD	9
2. CÍL PRÁCE.....	10
3. LITERÁRNÍ PŘEHLED	11
3.1. Golden Delicious.....	11
3.2. Látkové složení	11
3.2.1. Obsah vody	13
3.2.2. Přítomnost sacharidů.....	13
3.2.3. Obsah vlákniny	14
3.2.4. Obsah škrobu	14
3.2.5. Přítomnost pektinových látek	14
3.2.6. Obsah organických kyselin.....	14
3.2.7. Přítomnost vitamínů.....	15
3.2.8. Obsah tříslovin.....	15
3.2.9. Aromatické látky.....	15
3.2.10. Minerální látky.....	16
3.3. Základní informace o etylénu	16
3.3.1. Chemické struktura	16
3.3.2. Biologická aktivní látka.....	16
3.3.3. Výskyt etylénu	16
3.4. Zrání a vývoj ovoce	17
3.4.1. Rozdělení zralosti jablek.....	17
3.4.2. Klimakterický typ.....	19
3.4.3. Neklimakterický typ	20
3.4.4. Vývoj plodů jablek.....	21
3.4.5. Produkce etylénu	21
3.4.6. Rozvoj jablek.....	22
3.4.7. Analýza etylénu	22
3.5. Dýchání plodů v průběhu zrání	23

3.5.1.	Účinek etylénu na intenzitu dýchání.....	23
3.5.1.1.	Biosyntéza etylénu	24
3.5.1.2.	Vliv složení okolní atmosféry na tvorbu etylénu	24
3.5.2.	Intenzita dýchání v období zrání plodů	25
3.6.	Skladování jablek	26
3.6.1.	Nutriční hodnota uskladněného ovoce.....	26
3.6.2.	Biologická vhodnost ovoce na skladování.....	27
3.6.3.	Změny ovoce po sběru	27
3.6.4.	Dozrávání plodů.....	27
3.6.5.	Látkové přeměny při dozrávání	28
3.7.	Fyziologické podmínky pro skladování	29
3.7.1.	Posklizňová fyziologie jablek.....	29
3.7.2.	Vliv kyslíku na dýchání	29
3.7.3.	Obsah vodní páry ve vzduchu.....	30
3.7.4.	Rychlé zchlazení po sklizni.....	31
3.7.5.	Vyloučení kolísání teploty.....	31
3.8.	Etylén ve skladovacích technologiích	32
3.8.1.	Fyziologické vlastnosti etylénu	32
3.8.2.	Biochemický vznik etylénu	32
3.8.3.	Nežádoucí účinky etylénu	32
3.8.4.	Snižování koncentrace etylénu v chladiřenské komoře.....	33
3.9.	Separční metody	34
3.9.1	Rozdělení separačních metod	34
3.9.2	Klasifikace separačních metod	34
3.10.	Chromatografie.....	35
3.10.1	Historie	35
3.10.2	Rozdělení.....	35
3.11.	Plynová chromatografie.....	36
3.11.1	Plynový chromatograf	36
3.11.2	Základní pojmy.....	37

3.11.2.1	Nosný plyn	37
3.11.2.2	Regulátory tlaku a průtoku.....	37
3.11.2.3	Injektor.....	37
3.11.2.4	Kolona.....	38
3.11.2.5	Detektor	38
3.11.2.6	Zpracování signálu a záznam chromatogramu	39
4.	MATERIÁL A METODIKA.....	40
4.1.	Odběr rostlinného materiálu	40
4.2.	Ošetření exogenním etylénem	40
4.3.	Analýza na plynovém chromatografu	41
4.4.	Hmotnost plodů	42
4.5.	Pevnost dužniny	42
4.6.	Důkaz škrobu	43
4.7.	Stanovení obsahu titračních kyselin	44
4.8.	Stanovení rozpustné sušiny refraktometricky	45
5.	VÝSLEDKY A DISKUZE	46
5.1.	Hmotnosti plodů jablek v průběhu zrání a při ošetření exogenním etylénem	46
5.2.	Stanovení pevnosti dužniny v průběhu zrání a při ošetření exogenním etylénem	48
5.3.	Obsah škrobu v průběhu zrání a při ošetření exogenním etylénem	50
5.4.	Obsah veškerých kyselin v průběhu zrání a při ošetření exogenním etylénem...	52
5.5.	Obsah rozpustné sušiny v průběhu zrání a při ošetření exogenním etylénem	54
5.6.	Produkce etylénu v průběhu zrání a při ošetření exogenním etylénem	56
5.7.	Produkce oxidu uhličitého v průběhu zrání a při ošetření exogenním etylénem	57
6.	ZÁVĚR	58
7.	SOUHRN, KLÍČOVÁ SLOVA	60
8.	LITERATURA	61

Seznam obrázků

Obrázek č. 1: účinek exogenního etylénu na dýchání plodů klimakterického typu (Biale 1960)

Obrázek č. 2: přechodný vzestup dýchání neklimakterického typu ovoce na exogenní etylén (Biale 1964)

Obrázek č. 3: Průběh dýchání během zrání plodů jablek - klimakterická křivka

Obrázek č. 4: Jednoduché schéma plynového chromatografu

Seznam grafů

Graf č. 1: Hmotnost jablek v průběhu zrání, odrůda Golden Delicious

Graf č. 2: Hmotnost jablek v průběhu skladování po ošetření exogenním etylénem, odrůda Golden Delicious

Graf č. 3: Pevnost dužniny v průběhu zrání, odrůda Golden Delicious

Graf č. 4: Pevnost dužniny v průběhu skladování po ošetření exogenním etylénem, odrůda Golden Delicious

Graf č. 5: Obsah škrobu průběhu zrání, odrůda Golden Delicious

Graf č. 6: Obsah škrobu průběhu skladování po ošetření exogenním etylénem, odrůda Golden Delicious

Graf č. 7: Obsah veškerých kyselin v průběhu zrání, odrůda Golden Delicious

Graf č. 8: Obsah veškerých kyselin v průběhu skladování po ošetření exogenním etylénem, odrůda Golden Delicious

Graf č. 9: Obsah rozpustné sušiny v průběhu zrání, odrůda Golden Delicious

Graf č. 10: Obsah rozpustné sušiny v průběhu skladování po ošetření exogenním etylénem, odrůda Golden Delicious

Graf č. 11: Produkce etylénu v průběhu skladování po ošetření exogenním etylénem, odrůda Golden Delicious

Graf č. 12: Produkce oxidu uhličitého v průběhu skladování po ošetření exogenním etylénem, odrůda Golden Delicious

1. ÚVOD

Ovocnářství má v ČR bohaté tradice. Rozvíjelo se zpočátku především v zámeckých a klášterních zahradách, později se již mnoho odrůd jednotlivých ovocných druhů stromů pěstovalo v zahradách nejen světské a církevní vrchnosti, ale i u poddaných. Ovocné stromy byly vysazovány v zahradách, alejích, stromořadích, ale i v ucelených velkých ovocných výsadbách.

Ovocné rostliny se nejčastěji pěstují pro hospodářské využití plodů. Do popředí vystupuje význam zdravotní, národohospodářský i estetický. Nabízí se také využití ve včelařství, lékařství, využití dřeva apod. Zanedbatelný není ani vliv výroby ovoce na zachování pracovních příležitostí a diverzity rostlinné výroby. Ovoce má významný obsah vitamínů, pektinů, minerálních solí, organických kyselin, sacharidů, dále se vyskytují třísloviny, aromatické látky, dusíkaté látky, celulózy a tuky. Obsah všech chemických látek v ovoci značně kolísá v závislosti na druhu, odrůdě, půdně klimatických podmínkách a na dalších faktorech.

V ČR dosahuje celková plocha ovocných sadů cca 21 000 ha, z toho produkční sady představují 18 000 ha. Celková produkce ovoce se v závislosti na vývoji počasí během vegetace pohybuje v rozmezí od 300 – 450 000 t, z toho ovoce z produkčních výsadeb 145 – 200 000 t. Nejběžněji pěstovanými druhy v ČR jsou jabloně, hrušně, třešně, višně, slivoně, broskvoně, meruňky, ořešáky, lísky, angrešt, rybíz, maliník, ostružiník a jahodník.

Celková produkce ovoce v ČR v roce 2011 dosáhla 273,9 tis. t, což bylo o 8 % méně než činila velmi nízká sklizeň v předchozím roce. Z produkčních sadů se sklídilo pouhých 101,3 tis. t ovoce, což představovalo meziroční 16% pokles. Důvodem takto nízké sklizně byly silné třídní květnové mrazy, které zasáhly především oblast severních, východních a západních Čech, kde tyto mrazy způsobily místy až 100% škody na úrodě ovoce. V ostatních regionech republiky došlo k poškození úrody v rozsahu 30 – 70 %.

2. CÍL PRÁCE

- Úkolem diplomové práce je u odrůdy Golden Delicious provést ošetření dvěma koncentracemi etylénu (100 a 200 ul/l),
- dále sledovat zrání u uskladněných jablek ošetřených etylénem při teplotách 2°C a 20°C,
- kritéria hodnocení jablek je pevnost dužniny, rozpustná sušina, titrační kyselost a organoleptické vlastnosti plodů
- výsledné hodnoty statisticky zpracovat do grafů a tabulek

3. LITERÁRNÍ PŘEHLED

3.1. Golden Delicious

Botanicky jabloně patří do řádu růžotvaré *Rosales*, čeledě růžovitých *Rosaceae* podčeledě jabloňovité *Maloideae*. Pěstované kulturní odrůdy vychází z rodu *Malus* Miller. Plodem je malvice s pětípouzderným semeníkem, stopečnou a kališní jamkou. Odrůdy se dělí do skupin podle konzumní zralosti: letní, podzimní, raně zimní, zimní, a pozdně zimní. Odrůdy jabloní jsou cizosprašné a pro dobrou plodnost je nutné vysazovat vždy spolu vzájemně se opylující nebo současně kvetoucí odrůdy (Nesrsta, 2011).

Původ této odrůdy pochází z USA, kde vznikla jako náhodný semenáč ve státě West Virginia v roce 1890. Prakticky patří mezi základní a standardní odrůdy ve všech ovocnářských státech. Je náročná na teplé polohy a dobré půdy, nehodí se do nepříznivých poloh. Vyžaduje pečlivou agrotechniku a ošetřování. (URBAN 1981)

Odrůda se s ohledem na své vlastnosti rozšířila do všech ovocnářských států. V Evropě je rozšířena ve všech státech s vysokou ovocnářskou produkcí jako např. Itálie, Francie, státy bývalé Jugoslávie, Maďarsko, Německo, Nizozemí, a také u světových producentů jablek jako je Nový Zéland, Austrálie, Libanon, Jihoafrická republika. Její rozšíření klesá v severněji položených oblastech.

Odrůdu můžeme pěstovat na všech tvarech a podnožích. Nejčastější a nejvhodnější jsou tvary s vysokou agrotechnikou, neboť v důsledku detailního řezu přináší mnohem kvalitnější plody. Podnože se volí podle zvoleného tvaru a půdně klimatických podmínek stanoviště. Vyžaduje stanoviště I. – II. zóny, půdy úrodné, přiměřeně vlhké a záhřevné s průměrnou roční teplotou nad 7,5° -8° C.

Vlastnosti stromu kdy růst, je středně silný. Odrůda vytváří koruny vysoce kulovité, později mírně rozložené, málo houstnoucí. Větve nasedají v mírně ostrém úhlu. Růst je zpočátku bujný, později středně silný s velmi dobře obrůstajícím středně dlouhým plodonosným dřevem a krátkými plodnými větvkami a plodnými trny. Odrůda se dobře opyluje a sama je dobrým opylovačem.

Tvar plodu je značně kulovitý, ke kalichu mírně zúžený, oble žebnatý a v kališní části jsou žebra viditelná, podélně souměrný, na příčném řezu mírně hranatý. Tvarově jsou plody velmi vyrovnané. Plod je středně velký, velikost může kolísat v závislosti na násadě

plodů v jednotlivých letech a zdravotním stavu. Slupka hladká, tenká, suchá, matně lesklá. Základní barvou je zelenožlutá, později zažloutlá v dalším období zlatožlutá, někdy s narůžovělým až slabě oranžovým líčkem. Lenticely dosti výrazné. Slupka je často rzivá, zejména kolem kalichu, což je zapříčiněno zejména postřiky nebo vlivem drsnějšího klimatu. Stopka je typicky dlouhá až velmi dlouhá a tenká. Stopečná jamka hluboká. Kalich je uzavřený, středně veliký, úšty vzpřímené, šedě zelené. Kališní jamka je hluboká, mírně žebernatá. Dužnina je žlutavá, pevná, dosti jemné konzistence a šťavnatá. Chuť je navinule sladká, příjemně aromatická, velmi dobrá a v teplých polohách až výborná. Jádřínek velký a ředkvovitý. Semena dosti dobře vyvinutá, větší protáhlá, hnědá.

V teplých oblastech se sklízí koncem září, ze středních poloh až v druhé polovině října. Konzumní zralost dosahuje v listopadu a vydrží do března až dubna.

Sklizňová zralost nastává v druhé polovině října. Plody neopadávají. Plody se nesmějí podtrhnout, v tomto případě ztrácejí chuť, zůstávají zelené a značně vadnou. Odrůda je velmi náročná na skladovací podmínky. S ohledem na suchou tenkou slupku vyžaduje při dlouhodobějším skladování vlhké prostředí, a to s teplotou od 0° C do 4° C, jinak silně vadne. Za těchto podmínek lze skladovat do března až dubna. Na chladírnách a ULO vydrží při nižší teplotě o dva měsíce déle. Odrůda je řazena mezi zimní odrůdy.

Odolnost odrůdy je velmi silně náchylná na strupovitost, padlím jen středně. Odrůda je náchylná k virové mozaice listů a citlivá k chemickým postřikům a vlhkému prostředí, které na slupce zanechávají rzivost. Vůči mrazům ve dřevě je středně citlivá, proti pozdním jarním mrazíkům v době květu je odolnější.

3.2.Látkové složení

Látkové složení má význam nejen pro jeho nutriční hodnotu, ale uplatňuje se i v posklizňových procesech, které ovlivňují uchovatelnost. Látkové složení je velmi rozmanité. Rostlinná pletiva ovoce obsahují vodu, sušinu a plyny. (IVANČIČ 1985)

V sušině ovoce a zeleniny se v největším množství nacházejí sacharidy, a to s podílem 65 – 85 %. (MAREČEK 2012)

3.2.1. Obsah vody

V ovocných plodech se převážná část vody nachází ve vakuolách. Před a po sklizni je voda nezbytným prostředím pro všechny biochemické a mikrobiální přeměny v ovoci. Velký výpar vody narušuje stabilitu přirozených fyziologických procesů a tím způsobuje nežádoucí biochemické reakce, které se projevují vadnutím a ztrátou hmotnosti projevuje vadnutí a ztráta hmotnosti. (HANOUSEK 2006)

Ovoce se stává konzumně a zpracovatelsky nevhodné. Průměrný obsah vody u jablek je 83,70 %. (HANOUSEK 2006)

3.2.2. Přítomnost sacharidů

V ovoci jsou především jednoduché cukry fruktóza, glukosa a disacharid sacharózy, který v některých druzích chybí. Fruktóza a glukosa jsou cukry, které jsou obsaženy ve všech druzích ovoce. V jádrovém ovoci převládá fruktóza. Během dozrávání ovoce se obsah cukrů zvyšuje. Pro HODNOCENÍ jakosti je absolutní obsah cukru důležitý, s tím souvisí také poměr přítomných kyselin a tříslovin. Toto složení rozhoduje o chuti ovoce. (PRUGAR 1977)

U nezralých plodů se objevuje další sacharid – škrob. V jádrovém ovoci je ho nejvíce, hodnota obsahu škrobu nepřevyšuje 1 %. V raném období vývinu plodu je škrob zásobní látkou. Během zrání se škrob enzymaticky rozkládá na glukosu. U jablek je škrob indikátorem jakosti. (PRUGAR 1977)

3.2.3. Obsah vlákniny

Vláknina se podílí na celkové struktuře plodu spolu s ligninem a pektinem. Nedostatek vlákniny ve výživě může být příčinou nemocí trávicího ústrojí. Působí příznivě na peristaltiku střev, vyvolává pocit sytosti. Bohatá na vlákninu jsou jablka 1,50 % a hrušky 2,16 %. (HANOUSEK 2006)

3.2.4. Obsah škrobu

Škrob je základním produktem asimilace v ovoci. Nejvíce škrobu je obsaženo v nezralém ovoci. V průběhu zrání ovoce se škrob hydrolyzuje na cukry. U konzumně dozrávajícího ovoce se obsah škrobu snižuje. (HANOUSEK 2006)

Fyziologický proces při zrání ovoce je složitý, při něm se mění některé složky ovoce a plody se zvětšují, proto zrání rozdělujeme do dvou fází – fyziologickou a konzumní zralost. U fyziologické zralosti je v plodu semeno dospělé a jádra jsou černá, oproti konzumní zralosti dužina ovoce získá příjemnou chuť a vůni. (HANOUSEK 2006)

3.2.5. Přítomnost pektinových látek

Pektinové látky jsou charakteristické pro zrající ovoce. Jejich průměrný obsah závisí na jednotlivých druzích a stupních zralosti - okolo 0,6%. Nejvíce pektinových látek obsahují jablka, kdoule, černý rybíz a angrešt. Vysoký obsah pektinů je považován za dobré hodnocení jak z hlediska dietetického, tak i technologického. Pektiny svými adsorpčními a tlumícími účinky působí jako regulátor kyselosti. Pektiny v nezralých plodech jsou pevně vázány jako pektocelulosity. Ty štěpí KOMPLEX pektinolytických enzymů nejdříve na protopektiny a dále pak na složky rozpustné ve vodě, které nemají koloidní vlastnosti. Měknutí dozrávajících plodů souvisí s postupným rozkladem pektinů. (PRUGAR 1977)

3.2.6. Obsah organických kyselin

Organické kyseliny dodávají typickou kyselou chuť, vzbuzují potřebné trávicí reflexy a zároveň také aktivátory některých enzymů zažívacího traktu. V ovoci jsou přítomny většinou volné a v menší míře vázané jako soli a estery. V ovoci jsou zastoupeny hlavně kyseliny jablečné, citrónové a vinné. Další kyseliny jsou zastoupeny v malých

3.2.7. Přítomnost vitamínů

Vitamíny tvoří skupinu chemicky rozmanitých látek. Vitamíny skupiny A s protiinfekčním účinkem se v ovoci nacházejí ve formě provitaminů např. beta karoten. Z vitamínů skupiny B jsou nejvýznamnější vitamíny B1 (aneurin), B2 (riboflavin) a vitamín PP. Vitamín C tvoří kyselina askorbová a kyselina dehydroaskorbová. Je to nejdůležitější vitamín v ovoci. Vitamín C citlivě reaguje na změny v dýchacím metabolismu při skladování. (IVANČIČ 1985)

U většiny ovoce je přítomen systém kyseliny L- askorbové, L- dehydroaskorbové, který tvoří vitamín C, který je nejdůležitější. Hodnoty vitamínu C kolísají, proto jablka rozdělujeme do dvou skupin na odrůdy bohaté na vitamín C, tato skupina obsahuje 13 mg/100 g. Druhá skupina jsou odrůdy chudé na vitamín C s obsahem pod 10 mg/ 100 g. Do této skupiny patří odrůda Golden delicious s obsahem vitamínu C 5,90 mg / 100 g. (PRUGAR 1977)

3.2.8. Obsah tříslovin

Třísloviny jsou také typické pro většinu ovocných druhů. Vyskytují se v ovoci jako prekursory některých heteroglykosidů. Živá pletiva obsahují jen kondenzované třísloviny především triméry, diméry a oligoméry kyseliny chlorogenové. Během zrání se enzymaticky odbourávají třísloviny. Způsobují svíravou chuť a po oxidaci vytvářejí hnědé zabarvení. (PRUGAR 1977)

3.2.9. Aromatické látky

Tvoří převážně estery nižších mastných kyselin a nižších acyklických alkoholů, aldehydů a alkoholů. V dužnině jablek je okolo 0,007% všech éterických olejů. Ve slupce je přítomno nejvíce aromatických látek, které slouží jako vábidlo pro živočichy. Hlavní podíl aromatických látek se tvoří jako meziploidy látkového metabolismu, který je narušen klimakterickým zráním. Mechanismus vzniku souvisí s narůstajícím podílem anaerobních reakcí dýchání plodů. Při dýchání vznikají jednoduché alkoholy a jejich zplodiny, vyšší alkoholy se tvoří desaminací z aminokyselin. (PRUGAR 1977)

V jablkách bylo identifikováno více jak 80 složek aromatu. Charakteristická složka jablečného aroma je označována jako hexyl-2-methylbutyrát. Ze známých esterů, aldehydů,

alkoholů, ketonů, mastných kyselin alifatické řady se dále vyskytují sloučeniny s aromatickým jádrem jako je např. benzylacetát a metylnaftalén. (PRUGAR 1977)

3.2.10. Minerální látky

Z minerálních látek v ovoci je velmi důležitý draslík, fosfor, vápník, železo. Z celkového množství minerálních látek z poloviny převládá draslík. Obsah minerálních látek u jablek je Ca 0,01% / 100g, P 0,01% /100g a Fe 0,01 mg/100g. (PRUGAR 1977)

Převaha zásadotvorných prvků je důležitým regulátorem acidobazické rovnováhy ve stravě. Ostatní prvky jsou přítomny v ovoci ve stopách, některé z nich mají velmi významné biologické funkce. (PRUGAR 1977)

3.3. Základní informace o etylénu

3.3.1. Chemická struktura

Etylen C_2H_4 je plynná organická sloučenina, patří mezi nejjednodušší alkeny chemických struktur, je nejjednodušší uhlovodík s dvojnou vazbou. Etylen je nejvíce komerčně vyráběná organická sloučenina ve světě a je používán v mnoha průmyslových aplikacích. (ANONYM 1)

3.3.2. Biologická aktivní látka

Etylén je biologicky aktivní látka, která existuje jako plyn za normálních podmínek. Reguluje mnoho aspektů růstu a vývoje rostlin, je biologicky aktivní v malém množství. Zápach etylénu není snadno zjistitelný na fyziologické úrovni, avšak ve velkých koncentracích voní jako acetylen. (KUPFERMAN, 1986)

3.3.3. Výskyt etylénu

Etylén je považován za přirozeně se vyskytující hormon rostlin. Všechny rostlinné tkáně jsou schopny produkovat etylen, i když rychlost výroby je obvykle nízká. Jako součást normálního života rostlin je výroba etylenu vyvolána při určitých fázích růstu, včetně zrání plodů, listů odříznutí a květů stárnutí. V souhrnu je etylén plynný rostlinný hormon, který se přirozeně vyskytuje ve většině rostlinných tkání. Jeho výroba může být stimulována interními nebo externími faktory. Zvýšení etylénu podporuje nebo inhibuje mnoho funkcí rostlin jako je zrání plodů a listů. (KUPFERMAN, 1986)

Etylen se nachází ve většině živých tkání a u většiny suchozemských savců. Malé množství etylenu je vyjádřeno s každým vydechnutím vzduchu, ale u zvířat se etylén nepovažuje za hormon, jak je tomu u rostlin. Existuje sedm hlavních účinků etylénu, které jsou: podpora zrání, způsobuje oddělení plodů, způsobuje kvetení, podporuje klíčení semen, brzdí dormanci, podporuje růst kořenů a přesahuje vyvolání vegetace. U pěstování ovoce se většina z těchto účinků může použít k prospěchu pěstitele. (CURRY 1998)

3.4.Zrání a vývoj ovoce

Zrání ovoce je složitý, geneticky naprogramovaný proces, který vrcholí v dramatické změny jako barva, textura, chuť a aroma dužniny. Vzhledem k ekonomickému významu ovocných plodin tyto procesy byly a budou studovány jak na biochemické tak na genetické úrovni. Ovoce s různými mechanismy zrání lze rozdělit do dvou skupin; klimakterický typ, ve kterém je zrání doprovázeno vrcholem v dýchání a současným nárůstem etylenu, a neklimakterický typ, ve kterém dýchání neukazuje žádné dramatické změny a produkce etylénu zůstává na velmi nízké úrovni. (ALEXANDER 2002)

Podle Dvořáka (1969) je doba zrání dědičně založená vlastnost odrůd, ovlivněná klimatickými a stanovištními podmínkami a způsobem pěstování. Rozeznáváme zralost sklizňovou a konzumní. V době sklizňové zralosti se plody lehce oddělují od plodnoše a mají hnědá semena. Letní odrůdy při sklizňové zralosti nemají semena ještě vybarvená. Zralost sklizňová a konzumní se časově kryjí pouze u letních odrůd, které mají všeobecně krátkou přirozenou uchovatelnost. Podzimní a zimní odrůdy dozrávají konzumně teprve po uložení, někdy i několik měsíců po sklizni.

3.4.1. Rozdělení zralosti jablek

Stupeň zralosti se většinou určuje senzorickým posouzením. Hodnotí se vnější znaky jako jsou velikost, tvar, vzhled, barva, vůně, chuť vybarvení, barva semen a odlučitelnost stopky aj., dále pak látkové složení jako obsah sušiny, cukrů, škrobu, kyselin, barviv, vitamínů a etylénu. Užitečným indikátorem zralosti jsou texturní znaky. U texturních znaků se hodnotí pevnost, tvrdost, pružnost, křehkost, měkkost atd., především se klade důraz na kvalitu dužniny, která by se neměla porušit při transportu, skladování a zpracování. (KOPEC 2008)

Určení optimálního termínu sklizně často rozhoduje o kvalitě sklizených plodin. Předčasná sklizeň většinou znamená nižší výnos, horší senzorické vlastnosti a riziko výskytu fyziologických chorob. Naproti tomu opožděná sklizeň určuje kratší dobu uchovatelnosti a vyšší míru mechanického poškození plodin. Optimální sklizňové období je dáno optimální vývojovou fází plodin nebo stupněm zralosti, přičemž se odlišuje ve většině případů sklizňová, technologická, konzumní zralost. (KOPEC 2008)

Technologická zralost

V této fázi vývinu jsou plody vhodné na určité technologické zpracování. (IVANČIČ 1987)

Tržní zralost

Fáze, ve které je potřeba sbírat ovoce určené k prodeji, přičemž ale dosáhneme požadovaného stupně zralosti například k uskladnění. (IVANČIČ 1987)

Sklizňová zralost

Stupeň zralosti nejvhodnější pro sběr plodů, i když látkové složení plodů není optimální ke konzumaci nebo na zpracování. (IVANČIČ 1987)

Fyziologická zralost

Je to fáze, ve které končí dělení buněk plodů. Buňky se pouze zvětšují a na základním podkladě u některých druhů ovoce vzniká krycí zbarvení. Semena jsou celkem vyvinutá a schopná vyklíčit. (IVANČIČ 1987)

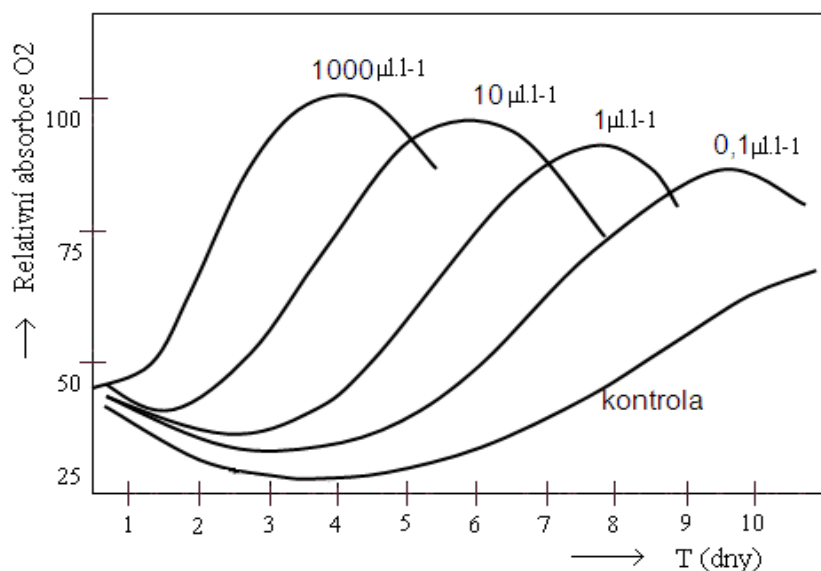
Konzumní zralost

Fáze, kdy ovoce dosáhlo maximálního obsahu a správného poměru jednotlivých nutričních a biologických složek. U různých druhů se projevuje různými způsoby, proto musíme sledovat jednotlivé znaky: zbarvení plodů, hnědnutí semen, pevnost dužniny. (IVANČIČ 1987)

3.4.2. Klimakterický typ

Klimakterický typ u ovoce zahrnuje rajče, banán, mango, jablko a avokádo. U tohoto typu můžeme dobře charakterizovat vrchol produkce etylénu a respirace na počátku zralosti. Při výrobě etylenu se vychází ze zvýšené regulace genů biosyntézy etylenu na počátku zrání, což vede k autokatalytické výrobě etylenu a zvýšené regulaci etylenu. Tyto změny působí jako klíčový signál pro zahájení a koordinaci zrání ve všech klimakterických typech ovoce. Bylo zde prokázáno, že regulaci klíčových genů, které řídí změny barvy, ovocné změkčení, rozpad buněčné stěny a složení živin. Blokování syntézy etylénu nebo opatření zabránuje dozrávání a souvisí se zvýšeným dýcháním, toto je použito k regulaci zrání u komerčně významných klimakterických druhů, jako jsou rajčata a banány. (SYMONS 2012)

Klimakterický typ reaguje zkrácením časového úseku mezi klimakterickým minimem a klimakterickým maximem, aniž by se měnil charakter respirační křivky (obr. č.1). Průběh denního cyklu je shodný s plody, které by se ponechaly v atmosféře bez etylénu, pokud by se nacházely v před-klimakterickém vývojovém cyklu, produkuje se tvorba vlastního etylénu. Plody nestejně zralé nebo plody odlišných druhů, z nichž ani jeden významně neprodukuje etylén, se společně skladovat nesmějí. (GOLIÁŠ 1996)

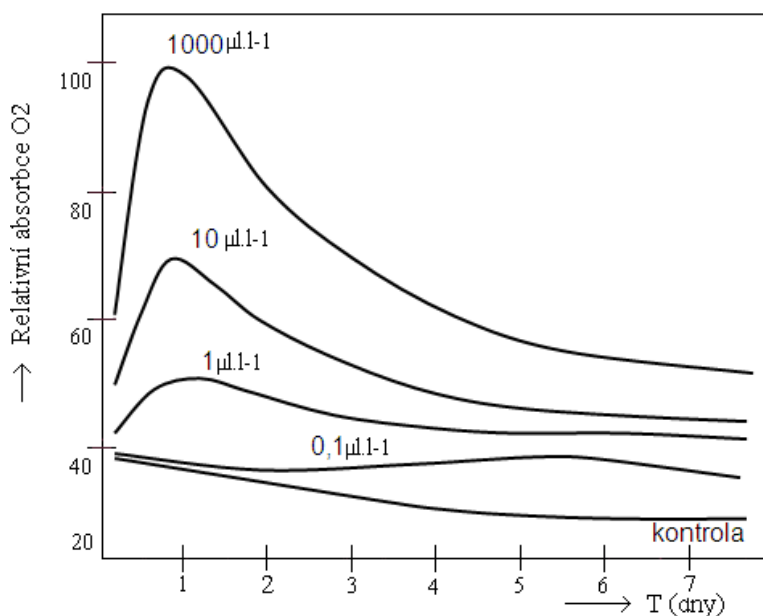


Obrázek č. 1: účinek exogenního etylénu na dýchání plodů klimakterického typu (Biale 1960)

3.4.3. Neklimakterický typ

Na rozdíl od klimakterického typu ovoce je podstatně méně známá hormonální kontrola zrání u neklimakterických typů ovoce, jako jsou citrusy, hrozny, a jahody. Podle definice není hlavní vrchol hladiny etylenu nebo respirace během zrání neklimakterického typu. Nevyřešená otázka ohledně neklimakterických plodů je, zda tato skupina sdílí společný mechanismus zrání (podobně jako role etylenu v klimakterických typech ovoce), a pokud ano, jaký je tento mechanismus, a který hormon, pokud existuje, je zapojen. (SYMONS 2012)

Neklimakterický typ ovoce je možné podněcovat dávkami etylénu v každém stupni zralosti. Platí ale vztah, kdy při vzestupu dýchání je o to větší, čím je vyšší vnější koncentrace etylénu. Účinek etylénu je přechodný tak, že působí jen po dobu trvání procesu. Krátce na to se intenzita dýchání vrací do výchozí úrovně, do stavu, který by odpovídal neošetřeným plodům (obr. č. 2). (GOLIÁŠ 1996)



Obrázek č. 2: přechodný vzestup dýchání neklimakterického typu ovoce na exogenní etylén (Biale 1964)

3.4.4. Vývoj plodů jablek

Měření rychlosti vývoje etylénu může být použit jako indikátor stáří jablka. Před zahájením procesu zrání je rychlost etylénu nízká, kdy může být sotva zjistitelný, kdy vnitřní koncentrace etylénu je nižší než 0,15 ppm. (KUPFERMAN, 1986)

Na začátku zrání, jak je definován změnou dýchání, se výroba etylenu výrazně zvyšuje. Tento rychlý růst se nazývá menopauza, zvyšující se při logaritmické stupnici, se rychlost produkce etylénu může zvýšit 100x v průběhu za 2 dny. Tento obrovský výbuch při výrobě etylenu poskytuje dělicí čáru, podle které můžeme zařadit jablka a hrušky do tzv. fáze před-klimakterické (dosud vyrábí značné množství etylenu), nebo post-menopauza (produkci etylenu), tento proces znázorňuje obrázek č. 1. (KUPFERMAN, 1986)

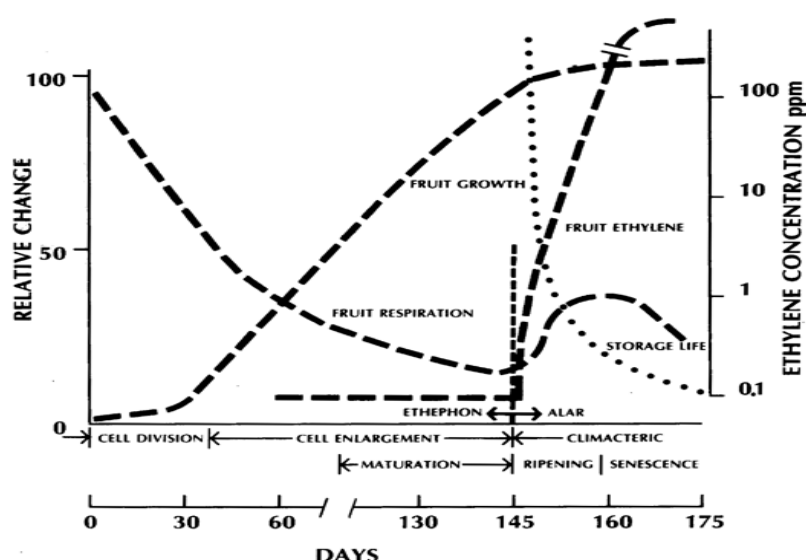


Fig. 1. Growth and development of apple and pear fruits in relation to the effects of ethylene, ethephon, alar, and ripening. (After Dilley, 1981)

Obrázek č. 3: Průběh dýchání během zrání plodů jablek - klimakterická křivka

3.4.5. Produkce etylénu

Před-klimakterické stádium dýchacího minima přechází dýchání do klimakteria. Toto je bod/moment, ve kterém ovoce začíná silně trvale respirovat a je započata biosyntéza. Vyskytuje se v různých časových intervalech pro různé typy kultivarů. Například žlutá transparentní jablka, která zrají na začátku července, mají velmi rychlou dýchací menopauza a mohou dozrát během několika dní. Respirační menopauza těchto jablek je rychlá a vysoká. Na druhou stranu Golden Delicious, které dozrává někdy v

polovině září, má poněkud delší období menopauzy. Toto ovoce může vyvinout dýchací menopauzu po dobu 10 dnů. To je výhodné pro pěstitele, protože umožňuje termín sklizně pro všechny druhy ovoce, a to bez obav, že ovoce začne brzy zrát nebo opadat ze stromu. Dále jsou kultivary, které dozrávají později, jako je Fuji, Braeburn nebo Granny Smith. Tyto kultivary mají ještě širší rozpětí menopauzy a vrchol dýchání (měřeno obdobným způsobem) je nižší než u předchozích typů jablek. (CURRY 1998)

3.4.6. Rozvoj jablek

Výroba etylenu je do značné míry předurčená z hlediska času, kterou má genetika ovoce a v závislosti na tom, kdy květy a klima, určí do značné míry vývoj dýchání v klimakterium. Během vývoje ovoce dýchání (tj produkce oxidu uhličitého), které je měřítkem metabolické aktivity, klesá postupně v průběhu celé sezóny, až několik týdnů před tím, než plody zrají, tohoto dosáhneme v před-klimakterickém minimu. V tomto okamžiku, metabolické funkce ovoce jsou v blízkosti klidové fázi při přípravě návalu metabolické aktivity v průběhu zrání. V průběhu zrání se oxid uhličitý a etylén výrazně zvyšuje. Zrání fáze je, ve které se škrob převede na cukr. Stárnutí je, že fáze, ve které se membrány rozkládají v důsledku degradace lipidové dvojvrstvy, které vedou k poškození buněk a nekrózy. (CURRY 1998)

Optimální sklizeň je subjektivní, definuje se jako ovoce s dobrou kvalitou, skladovatelností a kvalitou chuti. V raném stádiu zrání, je nedostatek škrobu přeměněn na cukr, bude ovoce stabilní ale chuti nevýrazné. Na druhé straně, v případě, že ovoce vybereme ve stádiu přezrání, bude dostatečný obsah škrobu a kyselin na rezervu metabolické údržby při skladování, kvalita chuti se udrží na dobré úrovni. Proto je optimální načasovat zrání jablek což je důležité pro správné skladování (a uvádění na trh) jablek. (CURRY 1998)

3.4.7. Analýza etylénu

K analýze etylénu se používají velmi citlivé přístroje. Tyto přístroje dokáží zjistit koncentraci etylénu v množství menší než 0,10 ppm. Přístroj musí být schopen rychle analyzovat mnoho vzorků a rozlišit kromě etylénu i další plyny. Pro tento účel se používají přístroje pro plynovou chromatografii. Bylo vyvinuto několik metod pro zkoušení rychlosti produkce etylénu v ovoci. Jednak pro odběr vzorků jablek ze sadu před sklizní a

sledování času potřebného pro tvorbu etylénu nahromaděného v uzavřeném obalu. (KUPFERMAN 1986)

Další predikace termínu sklizně pro dlouhodobé řízené atmosféře se přivádí etylén do sklenice naplněné čerstvě natrhanými jablky. Tato technika stimuluje jablka pro rychlejší výrobu etylénu než v přirozeném stavu, jablka se tak stávají citlivější po aplikování etylénu. (KUPFERMAN 1986)

Zvolená metoda Dr. Pattersona pro měření rychlosti vývoje etylénu pro AMP využívá sofistikovaný, automatizovaný průtokový systém. Tento systém byl zvolen pro svou přesnost a schopnost testovat velké množství ovoce ve stejnou dobu. Samostatně stojící ovoce se umístí do komory a dodává se etylén bez přítomnosti vzduchu při konstantní rychlosti. Průtok vzduchu se sleduje v koncentracích denně po dobu průtoku etylénu a oxidu uhličitého. Tyto údaje se používají k výpočtu pro produkci etylénu. Plody jsou skladovány po dobu 7 dní. Počet dnů pro konzistentní denní produkci etylénu nad 0,05 $\mu\text{l.kg.h}$ se rovná počtu dnů před klimakteriem. (KUPFERMAN 1986)

3.5.Dýchání plodů v průběhu zrání

3.5.1. Účinek etylénu na intenzitu dýchání

Předpokládá se, že etylén je výsledným produktem procesů zrání, protože jeho přítomnost v plodech byla patrná během klimakterické fáze. Citlivými analytickými metodami se získal důkaz o tom, že etylén, který je bezbarvý a v nízkých koncentracích nevonný plyn, se tvoří už v před-klimakterickém stádiu v množství, které nebylo dříve možné analyzovat. Dnes tomuto metabolitu náleží funkce hormonu zrání. Za hormon můžeme pokládat přirozené substance transportované z místa produkce do orgánu přímého působení. Všeobecně předpokládáme, že hormony jsou metabolizovány v průběhu aklimatizačního procesu. Charakteristika je převzatá ze studia živočišné říše, není typická pro etylén. (GOLIÁŠ, 1996)

Plyn je produkován každou buňkou vyšších rostlin, aniž by byl transportován z jiných částí rostlin do plodu. Každý plod tvoří vlastní etylén, a jeho hladina závisí na rychlosti produkce, která je podporovaná změnami citlivosti pletiva, která je pak dále stimulována již vzniklým etylénem. Na rozdíl od hormonů nepotřebuje plod degradační

mechanismus k redukci hladiny v pletivu, z důvodu toho že etylén difunduje do okolní atmosféry. Vnitřní obsah je kontrolovaný rychlostí biosyntézy. (GOLIÁŠ, 1996)

3.5.1.1. Biosyntéza etylénu

Za možné prekurzory etylénu se předpokládají: kyselina linolenová, kyselina akrylová, kyselina pyrohroznová, glycerol, etanol, glukóza, propanal. (GOLIÁŠ 1996)

Specifická aktivita značkové glukózy je velmi nízká 0,07 %, tak by reagovaly i výše vyjmenované komponenty. Nejnovější studie ukazují, že přímým substrátem je methionin, který reaguje s pyridoxalfosfátem (PAL) ze vzniku Schiffovy báze tzv. aditačního meziprojektu, vzniklého spojením obou specifických složek, prostřednictvím aminové skupiny aminokyselin a aldehydové skupiny PAL. Oxidačním štěpením se uvolňuje etylén ze 3 a 4 uhlíku methioninu. (GOLIÁŠ 1996)

Uhlíkový skelet methioninu je doplňován z glukózy, prostřednictvím kyseliny oxaloctové a kyseliny aspargové. Methasulfátová skupina methioninu je prakticky konzervována z důvodu toho, že recykluje při kontinuální syntéze etylénu přes S-metylcystein zpět na methionin. Tímto mechanismem se nevyčerpává koncentrace nutných aminokyselin a také v případě vysoké produkce etylénu v klimakterické fázi. Tvorba etylénu probíhá v subcelulárních částicích, nejspíše v mitochondriích nebo chloroplastech pouze za přítomnosti kyslíku. (GOLIÁŠ 1996)

Regulace látek zodpovědných za barvu, vůni a chuť u různých druhů rostlin, jako jsou melouny, hrozny, jablka, hrušky a květiny, je aktivní oblastí výzkumu. Například skupina Dona Griersonovými pracuje na regulaci lipoxygenáz, které se podílejí na těkavé produkci etylenu v průběhu zrání ovoce. Methylcyklopropen (MCP), inhibitor účinku etylenu, je široce používán k inhibici zrání v ovoci. (CERVANTES 2002)

3.5.1.2. Vliv složení okolní atmosféry na tvorbu etylénu

Významné množství etylénu je produkováno jen plody, které ve svém vývoji procházejí klimakteriem, u plodů neklimakterického typu můžeme zaznamenat jen stopy ve vnitřní atmosféře.

Mezi rychlostí produkce etylénu a produkcí oxidu uhličitého není zřejmá závislost. Poměr uvolňování etylénu k oxidu uhličitému je u jablek 78 : 9 a u hrušek 134 : 4 $\mu\text{l.kg.h}$. Teplotní koeficient u etylénu v teplotním pásmu 0 – 20 °C je 2,5 – 5x vyšší než pro

intenzitu dýchání. Jeho nahromadění za časovou jednotku bude několikrát vyšší než u oxidu uhličitého. Teplota ovlivňuje nejen biosyntézu, ale i fyziologickou účinnost, která je optimální při teplotách +5 – 20°C, mimo tyto limity pod + 4°C a 35 – 40°C se účinky snižují. (Goliáš 1996)

Mechanismus syntézy etylénu podtrhují vliv atmosférického kyslíku, kdy jeho přítomnost bez ohledu na další regulující složky, je nezbytná. Nízký obsah kyslíku v okolní atmosféře může na biosyntézu, která je aerobní povahy významně potlačovat, stejně tak jako aerobní glykolýzu. Pokud v plodu nebylo dosaženo prahové fyziologické koncentrace etylénu, nebo se plod pohybuje na této koncentrační hladině, může nízký obsah kyslíku velmi účinně zabránit procesům zrání. Pokud je tento kritický bod překonán, aplikací exogenního etylénu nebo zvýšením obsahu kyslíku v prostředí, dostává syntéza etylénu charakter autokatalytického procesu. (Goliáš 1996)

3.5.2. Intenzita dýchání v období zrání plodů

Během vegetace po opylení dýchají mladé rostlinné organismy velmi intenzivně. Rychlost produkce CO_2 se postupně tlumí až k určité minimální hodnotě. Tato hodnota se shoduje se závěrem růstové fáze tzv. klimakterické minimum. V následující fázi nastává vybarvování plodů, sládnutí a měknutí dužniny, tvorba vonných látek, což jsou typické projevy zrání, produkce CO_2 se na přechodnou dobu výrazně zvýší. Tento první příznak stárnutí zpravidla nebývá spojen s větší spotřebou kyslíku, to vede ke zvýšení respiračního kvocientu. Po dosažení klimakterického maxima nebo-li maximální hodnoty intenzity dýchání, které splývá s konzumní zralostí, pak následuje rychlý pokles intenzity dýchání, který je hrušek mnohem větší než u jablek. Tento zlom je charakterizován úplnou fyziologickou zralostí nebo-li počátek přezrávání plodů. To je období, kdy jsou plody nejvhodnější ke konzumu, ale nehodí se ke skladování při nízkých teplotách nebo v atmosféře obohacené CO_2 . Časový úsek mezi těmito charakteristickými znaky v aktivitě dýchání je nazýváno klimakterium. Klimakterium je období, které je předmětem uchování plodů především u chladírenského skladování. Průběh křivky intenzity dýchání, zejména na začátku klimakterického vzestupu, jeho trvání a výše maxima jsou dány druhem a odrudou ovoce a řady dalších podmínek. Optimální konzumní jakost hrušek se shoduje s vrcholem této dýchací křivky, u jablek je časově posunuta za tento vrchol. (GOLIÁŠ 1996)

3.6. Skladování jablek

Podle Dvořáka (1976) je velkou předností a výhodou jablek možnost jejich skladování. Tím se dají plody dlouho udržet ve svěžím syrovém stavu. Trvanlivost je základní vlastností u každé odrůdy jablek a může být ovlivněna několika činiteli jako jsou, klimatické a půdní podmínky, použitá podnož, způsob a doba sklizně, výživa ale především je to technika skladování.

Delší trvanlivost můžeme docílit zchlazováním jablek. Plody zchlazujeme až k bodu mrazu a tím se výrazně zpomalují přirozené biochemické pochody a rozkladná činnost mikroorganismů. Letní a podzimní odrůdy jablek při zchlazení vydrží krátce několik týdnů. U zimních odrůd vlivem delšího uzrávacího procesu můžeme zchlazením prodloužit jejich normální trvanlivost až o několik měsíců.

Jednotlivé odrůdy jablek snášejí různé stupně zchlazení. Některé odrůdy nesnášejí zchlazování na teplotu + 2 °C, jiné až k teplotě kolem bodu mrazu. Odrůdy v uvedených teplotách trpí fyziologickými poruchami, ty se projevují hnědnutím dužiny a tím ztrácejí trvanlivost a rychleji hnijí. Rychlému hnědnutí podléhají především letní odrůdy, ale také některé podzimní a rané zimní.

Důležitou roli při skladování jablek má významný vliv i vzdušná vlhkost. Vlhkost by se měla udržovat na konstantní výšce 90-95 %. Nízká vlhkost společně s vyšší teplotou způsobuje rychlé vadnutí a ovlivňuje charakter slupky plodů. Naproti tomu vlhkost nad 95% má následek plesnivění ovoce.

3.6.1. Nutriční hodnota uskladněného ovoce

Nutriční hodnota je číselné vyjádření biologického účinku použitého ovoce v organismu člověka. Při hodnocení ovoce se vychází z obsahu jeho jednotlivých složek. Skladované ovoce musí mít takové množství veškerých látek jako zdravé čerstvé ovoce. (IVANČIČ 1985)

3.6.2. Biologická vhodnost ovoce na skladování

Biologické ovoce na uskladnění je takové, ve kterém životní procesy probíhají pomalu. Stárnutí a odumírání pletiva je pozvolnější, ovoce je schopné odolávat pronikání a rozšiřování mikroorganismů v pletivech. Rychlost poklesu jakosti závisí na rychlosti biochemických procesů souvisejících s látkovou přeměnou. Tyto procesy postupně vyvolávají nežádoucí změny, které se projeví snížením jakosti. (IVANČIČ 1985)

3.6.3. Změny ovoce po sběru

Pro uchování ovoce v čerstvém stavu je nevyhnutelné udržet v něm původní obsah vody. Vypařování vody způsobuje vadnutí skladovaného ovoce. Dehydratace vyvolává nejen úbytek hmoty, ale současně také snižuje jakost plodin, nutriční a tržní hodnotu. Vadnutím se zvyšuje intenzita dýchání, ztráta sušiny, aromatických látek a jiných cenných složek. Zároveň se ve zvadnutých pletivech vytvářejí některé nežádoucí látky např. estery. V dalších fázích vadnutí koloidy vzhledem na nedostatek vody koagulují a buňky odumírají. Ztrátou vody výrazně klesá odolnost plodin proti mikroorganismům a poruchám. Ochrana proti vypařování je významnou součástí technologie skladování. (IVANČIČ 1985)

Zvýšené vypařování vody na začátku skladování nepoškozuje plodiny, protože především ubývá mezibuněčná voda. V poslední fázi skladování se vypařování zvětšuje na úkor buněčné vody. Proto by měla být relativní vlhkost vzduchu na konci skladování o 2 – 3% vyšší než je předepsané. (IVANČIČ 1985)

Z vnějších podmínek vypařování je rozhodující především vlhkost vzduchu dále pak teplota, barometrický tlak a rychlost proudění vzduchu. (IVANČIČ 1985)

Dýchání uložených plodů je převládajícím souborem biochemických procesů rostlinného pletiva po sběru. Aby se plodiny udržely živé, potřebuje pletivo stálý přísuv energie. Potřebná energie se získává postupným okysličováním zásobních látek, a to především cukrů. (IVANČIČ 1985)

3.6.4. Dozrávání plodů

Při dozrávání se uskutečňují látkové přeměny, které jsou do určitého stupně žádoucí, v dalším období se zhoršuje jakost ovoce, tento jev nazýváme přezrávání. Stupeň zralosti plodin ovlivňuje jejich uchovatelnost a jakost. (IVANČIČ 1985)

Dozrávání probíhá ve dvou fázích:

1. Fáze zvětšování objemu

Plody na mateřské rostlině jsou malé a tvrdé, hromaděním látek potřebných na další vývin pro zvětšení objemu plodu. Z listů proudí do plodu jednoduché cukry, které se ukládají v nerozpustné formě. Asimilace a dýchání je velmi intenzivní. Tato fáze končí dosažením konečné velikosti plodu.

2. Fáze vlastního dozrávání

V této fázi se plody již nezvětšují, ale zvyšuje se jejich hmotnost. Z nahromaděných látek se vytváří definitivní látkové složení plodu. Zásobní molekuly škrobu, buničiny a protopektinu se štěpí, plod sládne a jeho chuť se zjemňuje. Plody se zbarvují a získávají konečnou chuť a vůni. Toto období může probíhat jak na mateřské rostlině, tak i po sběru.

3.6.5. Látkové přeměny při dozrávání

V průběhu dozrávání se změny uskutečňují v komplexu sacharidů a pektinových látek, v obsahu kyselin, vitamínů, barviv a aromatických látek. (IVANČIČ 1985)

Trísloviny se mohou úplně okysličovat, nebo se jejich zplodiny podílejí na chuťových vlastnostech a barvách. Snižuje se obsah chlorofylu a přibývají ostatní barviva. Při dozrávání se hromadí zplodiny anaerobního dýchání např. alkohol, acetaldehyd, izovaleraldehyd, octan etylnatý, eten a další látky vytvářející charakteristické vlastnosti plodů. (IVANČIČ 1985)

Přirozeným důsledkem přezrávání je snižování uchovatelnosti. Přezrálé plody s intenzivním anaerobním dýcháním jsou málo odolné proti mikrobiální činnosti. (IVANČIČ 1985)

3.7. Fyziologické podmínky pro skladování

Znalosti o fyziologických odezvách na podmínky skladování ovoce po sklizni se neustále vyvíjejí. Na jedné straně to je rozpoznávání látkových složek, které mohou mít za příčinu konzumní zhoršení jakosti plodů – například spála. Na druhé straně se neustále zlepšuje technické vybavení chladírenských komor, například používání elektronicky řízeného expanzního ventilu pro dávkování chladiva do výparníku, to ve svém důsledku snižuje kondenzaci vodní páry na povrchu trubek, což vede k postupnému snižování hmotnostních ztrát uložených plodin. (ANONYM 4)

3.7.1. Posklizňová fyziologie jablek

Během růstu plodu dochází k dělení a zvětšování buněk a k tvorbě určitého tvaru a velikosti ovoce. Zrání ovoce, většinou začíná před ukončením růstu. Během zrání je plod přeměněn ve vizuálně a senzoricky atraktivní. Úplné dozrávání pak zahrnuje soubor fyzikálních a chemických změn, jako je růst, respirace, enzymové syntézy, měknutí dužiny, zvýšení sladkosti a změny barvy a aroma. U jablek jakož to klimakterického plodu, je dosažení úplné zralosti spojeno s maximálním respiračním koeficientem a produkcí etylenu, což je optimální doba sklizně pro přímý konzum. Pro skladování plodů, musí být jablka sklizena v předklimaktériu, kdy respirace a produkce etylenu je minimální, ale ovoce je dostatečně zralé na to, aby během skladování došlo k rozvoji typické barvy, chuti, vůně a textury. (KOUŘIMSKÁ 2010)

Výzkumy sledující vliv etylenu na skladování uvádějí, že kontinuální působení během skladování stimuluje vznik těkavých látek, primárně esterů a alkoholů. Jejich koncentrace byla vyšší u plodů později sklizených. Metabolická aktivita plodu závisí na dostupnosti energie a stavebních látek. V utržených plodech jsou tyto látky získávány během respirace a oxidačního štěpení složitějších látek (jako jsou škrob, sacharidy a organické kyseliny) v buňkách na jednoduché molekuly oxidu uhličitého a vody. Snížením respirace a snížením metabolické aktivity plodu prodloužíme jeho skladovatelnost. Metabolické procesy ale nesmí být zcela zastaveny, protože jejich účelem je udržení života buněk. (KOUŘIMSKÁ 2010)

I v posklizňovém období probíhá v plodech transport plynů. Kyslík difunduje přes průduchy ve slupce do intracelulárního systému, a následně je transportován do

cytoplazmy a center, kde je spotřebován. Oxid uhličitý vzniká v buněčných tekutinách a putuje opačným způsobem. Při nedostatku kyslíku se buňky snaží získat energii jiným způsobem, například fermentací. V tomto případě pyruvát, je metabolizován na oxid uhličitý a acetaldehyd, který je přeměněn na etanol. Produkce energie je nízká v tomto případě a může vést až k odumření buněk. (KOUŘIMSKÁ 2010)

3.7.2. Vliv kyslíku na dýchání

Přijatelnost vnitrobuněčného O_2 je určená obsahem v mezibuněčných prostorech. Závisí na koncentraci atmosférického O_2 i na schopnosti jednotlivých druhů a odrůd jej přijímat, a to v závislosti na převažující teplotě, na plyné výměně prostřednictvím plochy, pórizity vnitřních pletiv, jejich tloušťce a mezibuněčném odporu vůči difuzi plynů. (GOLIÁŠ, 2011)

Respirační rychlost kyslíkové izotermy klesá v koncentračním rozmezí od 21 -7% kyslíku v ambientní atmosféře pomalu. V koncentračním rozmezí 1 – 7% kyslíku se zrychluje, až dosáhne bodu konverze aerobního dýchání do dýchání anaerobního tzv. extinkční bod – EP, bodu vzestupu respiračního kvocientu RQ a bodu vzestupu tvorby etanolu tzv. fermentační bod – FP. (GOLIÁŠ, 2011)

Koncentrační gradient mezi vnější atmosférou CO_2 hodnoty (+) a spotřebou O_2 hodnoty (-) je významně závislý na teplotě uložení produktu. Změna koncentrace obou fyziologických hodnot je kromě odrůdy ovlivněna i teplotou, což se odvozuje ze zpomaleného dýchání v chladírenských teplotách. (GOLIÁŠ, 2011)

3.7.3. Obsah vodní páry ve vzduchu

Většina druhů ovoce, zejména listová zelenina, má schopnost snadno vadnout, to je vázáno na vysokou transpiraci z neporušeného povrchu. Ztráta 4 až 5 % vody z produktu se projeví zřetelným vadnutím, toto platí pro listovou a kořenovou zeleninu. U jablek ztráta vody není viditelná běžným pozorováním. Plody jsou sice turgescenční, i tak tato ztráta představuje u skladovaných jablek průměrné hodnoty ztráty vody za celou dobu skladování.

Vysoká ztráta transpirované vody je způsobena:

- vysokou rychlostí cirkulovaného vzduchu uvnitř chladiřenských komor
- dlouhou dobou chodu výparníkůvých ventilátorů
- dlouhou dobou chodu kompresoru
- vysokou diferencí mezi povrchem skladovaného produktu a okolní atmosférou (např. nedostatečně dimenzovaným výparníkem).

Nejvyšší účinek na vadnutí má absolutní deficit tlaku vodní páry (v Pa), který se při klesající teplotě produktu a stoupající vzdušné vlhkosti zmenšuje. Pokud se má dosáhnout nejnižší ztráty vlhkosti, musí okolní vzduch mít vysokou relativní vlhkost a jeho teplota nesmí být podstatně nižší, než je teplota produktu (je třeba se vyhnout účinku chladného vzduchu). (GOLIÁŠ 2011)

3.7.4. Rychlé zchlazení po sklizni

Pokud má sklizený produkt teplotu při sklizni +15 až +20 °C a má být zchlazený na teplotu 0 až +1 °C, pak ztrácí velké množství vodní páry odparem proto, že existuje vysoký rozdíl mezi teplotou produktu a okolní teplotou vzduchu, která je v chladiřenské teplotě přednastavena. Vysoký teplotní rozdíl výrazně ovlivňuje ztrátu hmotnosti zchlazovaného produktu. Rozhodující je časové období, v němž má produkt vyšší teplotu než okolní vzduch, kdy trvá vysoký deficit vodní páry. Pro produkty s krátkou uchovatelností má být čas zchlazování okolo 20 hodin, produkty velmi citlivé se zchlazují 8 - 12 hodin, pro produkty dlouhodobého skladování je akceptovatelná doba zchlazování tři až čtyři dny. (GOLIÁŠ 2011)

3.7.5. Vyloučení kolísání teploty

Nastavení prostorové teploty v skladovacích prostorech má být 0,5 °C, neboť malé teplotní rozdíly mají za následek vyšší relativní vlhkost, ale při dlouhém chodu výparníku se podstatněji odvlhčuje vzduch. (ANONYM 4)

Obecně platí, že pro malé odchylky vyhovuje elektronické řízení prostorové teploty a čidlo musí být umístěno do proudu sacího vzduchu vcházející do výparníku. K oteplování vzduchu přispívají například i netěsnosti chladiřenských vrat, protože každé sepnutí výparníku vyvolává teplotní a tlakovou depresi, která k tomuto nasávání vzduchu z

provozní komory trvale přispívá. Chladírenské komory mají kapacitu 200 až 250 tun, která má být plně využita s koeficientem uložení 0,185 – 0,190 kg/m³ chlazeného prostoru. Při polovičním využití objemu tohoto chlazeného prostoru ztrácí skladované plodiny více svoji vlhkost než při celkovém koeficientu zaplnění. (ANONYM 4)

3.8. Etylén ve skladovacích technologiích

Etylén hraje roli jako potenciální regulátor růstu a vývoje rostlin. V období po sklizni etylén u mnoha různých plodin plní úlohu urychlování zrání a také zkracování přirozené uchovatelnosti, v opačném případě podporuje kvalitu plodů, dochází – li k rychlému a uniformnímu zrání v období před reálnou distribucí. (GOLIÁŠ 2004)

3.8.1. Fyziologické vlastnosti etylénu

Etylén je původcem oddělování listů při stresu z nedostatku vody, stimuluje kvetení a spouští zrání plodů. Pokud se etylén nahromadí v pletivu v prahové stimulační koncentraci. Odezva rostliny vůči etylénu je akceptována v mnoha různých fázích růstu a také vývoje. Etylén je považován za rostlinný hormon a ovlivňuje řízení mechanismů růstu vývoje a zrání plodů. (GOLIÁŠ 2004)

3.8.2. Biochemický vznik etylénu

Z mnoha systematických zkoušených látkových složek se běžně nachází v rostlině a je označována jako aminokyselina methionin, který je prekurzorem s dalšími meziprodukty, jako je SAM (S-methyladenosin) a ACC (l-aminocyklopropanová kyselina) ta dodává zřetelnou odezvu na tvorbu etylénu. (GOLIÁŠ 2004)

3.8.3. Nežádoucí účinky etylénu

V posklizňovém skladování vyvolává etylén nežádoucí odezvy ovocných a zeleninových druhů, to se projeví zrychleným stárnutím, jako je ztráta chlorofylu, žloutnutí listů špenátu, brokolice, petržele, plodů okurek a dalších plodin s vyšším obsahem zeleného barviva, to se projevuje v koncentracích etylénu do 10 ppm a při teplotě 20°C. Vznik hnědých skvrn na vybělených částech je výsledkem zániku celých ploch pletiv a důsledkem vytvořených fenolických sloučenin, bude – li obsah etylénu do 10 ppm.

U klimakterických plodů s vlastní vyšší tvorbou etylénu jako je jádrové ovoce, za relativně málo citlivé vůči vyšší koncentraci etylénu v chladírenských komorách. U řízené atmosféry, zejména ULO, se eliminuje etylén, který je nahromaděný v okolí plodů. Aktuální koncentrace etylénu nejsou ve velkokapacitních komorách změřeny, i když můžeme předpokládat jejich nízkou koncentraci do desítek ppm. V chladírenských komorách, jež nejsou zcela plynotěsné, se snižuje se vyšší koncentrace oxidu uhličitého jen dekarbonizační jednotkou, pak obsah etylénu může dosáhnout až k hodnotám 300 ppm. Časový průběh obsahu etylénu v komoře je rozdílný pro skladované odrůdy. Odvozené koncentrace v komorách jsou vázány na produkční schopnosti odrůdy a na vysokou plynotěsnost komory. Dekarbonizační jednotka v řízené atmosféře je konstruována pro přímé snižování oxidu uhličitého z chlazeného prostoru, u většiny případů obsahuje aktivní uhlí, na jehož sorpční plochy se molekuly etylénu váží pouze v omezeném rozsahu. Zásadní pokles etylénu nelze předpokládat, spíše jde o jeho kumulaci během skladovací fáze v důsledku zrání plodů. (GOLIÁŠ 2004)

3.8.4. Snižování koncentrace etylénu v chladírenské komoře

Během uložení plodů, jako jsou jablka a hrušky a další plody klimakterického typu, se etylén v plynné podobě postupně hromadí a zpětně podporuje zrání. Mají – li plody po sklizni v ovzduší chladírny jen nepatrně zrát, poté koncentrace etylénu, jakož i vonných látek, musí být jen ve stopových hodnotách. Biogeneze etylénu je podobná vonným látkám typu alkoholů, esterů a aldehydů, které jsou rozpuštěny ve šťávě a jen malým podílem se uvolňují přes slupku do okolního prostředí. Příjemná ovocná vůně po otevření chladírenské komory označuje rychlé posklizňové dozrání plodů mnohdy spojené s výskytem onemocnění spály a hnědnutí slupky a dužniny.

Bude – li chladírenská komora konstruována jako neplynotěsná, pak postačí větrání venkovním vzduchem k přirozenému udržení nízké hladiny etylénu. Optimálním větráním se předpokládá jen minimální přívod venkovního vzduchu, je třeba znát produkci etylénu skladovaných plodů a objemovou průtokovou rychlost přiváděného vzduchu zvenčí v m/h.

3.9. Separační metody

Dělicí, nebo-li separační metody využívají fyzikálních, fyzikálně – chemických i chemických vlastností složek vzorku, k rozdělení alespoň na dvě rozdílné složky vzorku. V analytické chemii se za oddělenou složku považuje tehdy, je – li sama přítomna ve směsi s nosným plynem nebo v roztoku s rozpouštědlem. (JANČÁŘOVÁ 2003)

3.9.1 Rozdělení separačních metod

Separační metody se dělí podle typu rovnováhy nebo podle fází, mezi kterými dochází k distribuci složky. Rozdělení je uvedeno v tabulce. (JANČÁŘOVÁ 2003)

Princip separace	Název metody
plyn – kapalina	destilace, chromatografie GLC
plyn – tuhá látka	sublimace, chromatografie GSC
kapalina – kapalina	extrakce, chromatografie LLC
kapalina – tuhá látka	měníč ionotů, chromatografie LSC
rozdílná rozpustnost tuhých látek v kapalinách	extrakce tuhé látky kapalinou
účinkem elektrického pole	elektroforéza, izotachoforéza

3.9.2 Klasifikace separačních metod

Pojmem separace se rozumí rozdělení směsí na jednotlivé složky s cílem dosáhnout jejich izolace v čisté chemické formě. Za předpokladu, že máme dvě složky A a B, které se nacházejí v homogenní směsi. Aby se tyto dvě složky mohly od sebe oddělit, musí se přidat nebo vytvořit další fáze, a to tak, aby složka A zůstala v jedné a složka B ve druhé fázi. Společným základem separačních metod je mezifázová rovnováha. (JANČÁŘOVÁ 2003)

Je mnoho různých hledisek, podle kterých se třídí separační metody. Klasifikace podle druhu fází a podle mechanismu separačního procesu. Dále pak rozdělujeme separační metody podle techniky provedení na metody jednostupňové a mnohostupňové. U jednostupňové separace dochází k rozdělení na základě jediného ustanovení rovnováhy v systému. Naproti tomu u mnohostupňové nebo-li kontinuální separace se separace

zvyšuje mnohonásobným opakováním jednostupňového procesu. Dále se separační metody rozdělují podle mechanismu distribuce látky mezi obě fáze. (JANČÁŘOVÁ 2003)

3.10. Chromatografie

3.10.1 Historie

Název chromatografie je složen ze dvou slov: chromos - barva a graphein - psaní. Pojmenování bylo celkem nasnadě, protože Svět tuto techniku poprvé použil při rozdělování rostlinných barviv na kolonách naplněných tuhým adsorbentem. (ŠVEC 2009)

Dalším významný mezníkem v historii chromatografie přinesly práce A. J. P. Martina a R. L. M. Synge, kteří vytvořili základy papírové chromatografii, a tím za svoje objevy získali Nobelovu cenu za chemii v roce 1952. (ŠVEC 2009)

Další rozvoj techniky zapříčinil, že se chromatografie stala třetí nejpoužívanější technikou v analytické chemii pouze za vážením a měřením pH. (ŠVEC 2009)

3.10.2 Rozdělení

Z historického hlediska lze rozlišit i další typy chromatografie, a to podle toho, jaké fyzikálně-chemické síly rozhodují o transportu mezi mobilní a stacionární fází (tj. o separačním mechanismu). Princip dělení proto může být založen na síťovém efektu, adsorpčně-desorpčních jevech, rozpustnosti analyzované látky nebo iontově výměnném mechanismu. Většinou však dochází k situaci, kdy o rozdělení složek analyzované látky rozhoduje více jevů než jeden. Aby však mohla být využita chromatografie k dělení směsi látek, musí se významně lišit v některé fyzikálně-chemické vlastnosti. Např. při využití síťového efektu se jedná o velikost molekuly, v případě rozpustnosti se musí jednotlivé plynné složky rozpouštět různou měrou ve stacionární fázi apod. V případě, že se látky liší některou svou vlastností, dojde k rozdělení směsi látek, jinými slovy, každá látka se v koloně zdrží různě dlouhou dobu. Tato doba má pak název eluční čas, případně pokud můžeme analyzovat objem mobilní fáze, eluční objem. (ŠVEC 2009)

Plynové a kapalinové chromatografy pak obsahují detektory, které jsou schopny určit i množství dané látky, která se do detektoru dostala. Chromatografie tedy podává informace kvalitativní (tj. jaká je to látka) i kvantitativní (kolik látky je ve směsi). (ŠVEC 2009)

3.11. Plynová chromatografie

Princip plynové chromatografie je distribuce složek mezi dvěma fázemi, a to mobilní nebo – li plynnou fází a stacionární nebo – li pevnou, kapalnou fází. (JANČÁŘOVÁ 2003)

Plynová chromatografie se používá k dělení a stanovení plynů, kapalin a látek s bodem varu do 400°C. Složky jsou vždy separovány v plynné fází a jsou určitým způsobem vypařovány. Látky při vypařování se nesmějí rozkládat. (JANČÁŘOVÁ 2003)

3.11.1 Plynový chromatograf

Ze zdroje nosného plynu, kterým bývá většinou tlaková nádoba s nosným plynem, jako je argon, helium nebo dusík. Nosný plyn prochází systémem čistícího a regulačního zařízení, které zbavuje plyn nežádoucích příměsí, a zajišťuje jeho konstantní průtok kolonou. Injektorem, nejčastěji speciálními injekčními stříkačky, je do proudu nosného plynu nastříknut vzorek a spolu s nosným plynem vstupuje do kolony. Při vhodně zvolených podmínkách dochází v koloně k rozdělení směsi na jednotlivé složky. Tyto složky jsou proudem nosného plynu převáděny z kolony do detektoru, který bývá přímo spojen se zapisovačem. Součástí moderních přístrojů je i vyhodnocovací zařízení, kterým jsou různé typy počítačů. Injektor, kolona a detektor vyžadují termostatování. Teplota těchto zařízení bývá různá.

Výsledkem chromatografického procesu je grafické znázornění, tzv. chromatogram, který představuje závislost signálu detektoru na čase resp. na množství plynu procházejícího kolonou. (ČERMÁKOVÁ 1987)

Podmínkou správné analýzy je správná funkce všech částí chromatografu, nejdůležitější je chromatografická kolona, na které probíhá vlastní separační děj. Detektor umožňuje kvalitativní a kvantitativní vyhodnocení. (ČERMÁKOVÁ 1987)

3.11.2 Základní pojmy

3.11.2.1 Nosný plyn

Hlavním kritériem pro výběr nosného plynu jsou požadavky měřicího systému. Optimální výběr nosného plynu z hlediska separačního procesu je určen potlačením difuzních dějů, je kritérium měřicího systému určené podmínkou nejvyšší citlivost měření. Ve většině případů tento rozdíl posuzovaných kritérií není ve vzájemném rozporu, ale s výjimkou použití směsi argonu a metanu. Nejvhodnější je použití dusíku jako nosného plynu. (ŠEVČÍK 1999)

3.11.2.2 Regulátory tlaku a průtoku

Elektronické regulační zařízení, které slouží k ovládání průtoků a tlaku nosného plynu v koloně. Regulátor průtoku zaručuje konstantní průtok plynu kolonou a detektorem bez ohledu na typy nosných plynů, teplotu a rozměry kolon. Tlak je proměnnou veličinou a nastaví se automaticky podle viskozity plynu, vnitřního průměru délky kolony tak, aby průtok kolonou byl konstantní. (ANONYM 5)

3.11.2.3 Injektor

Injektor slouží ke vstupu analyzované látky do plynového chromatografu. Nástřik látky se provádí nejčastěji pomocí speciální injekční stříkačky přes septum, které odděluje vnitřek injektoru od vnějšího prostoru. Součástí injektoru je skleněná, zpravidla vyměnitelná vložka (liner). V této vložce, dochází za vysokých teplot, k rychlému odpaření vzorku a ke správnému promíchání par vzorku s nosným plynem. Mezi injektor a kolonu je zařazen dělič toku (splitter), ten umožňuje vést jen část odpařeného vzorku na kolonu. Technika nástřiku bez splitu (splitless injection) se používá při stopové analýze, nebo také pro analýzu směsí látek, které se výrazně liší v bodu varu. (ANONYM 5)

Teplota injektoru je volena tak, aby při dávkování došlo k okamžitému vypaření vzorku a na žádných místech nedošlo k následující kondenzaci. Teplota injektoru odpovídá střední části injektoru, ve které se nachází liner a je o 50°C vyšší než je teplota kolony. Vyšší teplota není vhodná, mezi mechanickými spoji injektoru a kolonou, injektor ovlivňuje teplotu kolony a tím i přesnost výsledků. (ŠEVČÍK 1999)

3.11.2.4 Kolona

V plynové chromatografii se používají náplňové nebo kapilární kolony. Náplňové kolony mají trubice o průměru 2 až 5 mm obsahující adsorbent nebo nosič se zakotvenou kapalnou fází, délka těchto náplňových kolon bývá od desítek centimetrů do několika metrů. Materiál, ze kterého se kolony vyrábějí, mohou být skleněné nebo z nerezové oceli. Naproti tomu se kapilární kolony se vyrábějí z křemenného skla a kvůli pevnosti jsou potaženy filmem polyimidu. Kapilární kolony mají průměr do 5 mm, ale délka se pohybuje od 10 do stovek metrů. Stacionární fáze je rozprostřena na vnitřních stěnách kapiláry. (ANONYM 5)

3.11.2.5 Detektor

Teplota detektoru musí být výrazně vyšší, než je teplota plynů vycházejících z kolony, aby se zabránilo kondenzaci látek na stěnách detektoru. V plynové chromatografii využíváme několik typů detektorů:

- Tepelně vodivostní detektor (TCD): Tento detektor obsahuje zahřívané odporové vlákno, které se ochlazuje protékajícím plynem, přičemž se mění jeho elektrický odpor. Průchod látky detektorem se projeví změnou tepelné kapacity proudícího plynu a také změnou vodivosti odporového vlákna. V praxi, se zpravidla vedle sebe zapojují dva tepelně vodivostní detektory, do jedné z měrných cel se přivádí čistý nosný plyn, do druhé plyn vycházející z kolony. Tento typ detektoru je oblíbený pro svou univerzálnost a široké rozmezí linearity odezvy detektoru. (ANONYM 5)

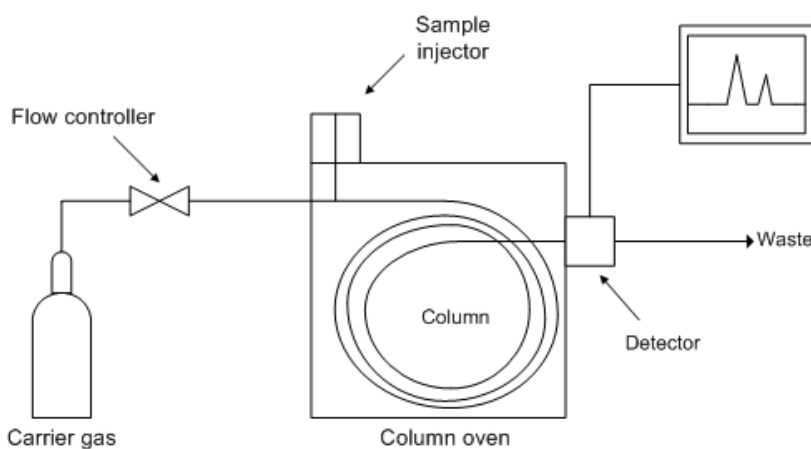
- Plamenově ionizační detektor (FID): Plyn z chromatografické kolony je zaveden do kyslíko-vodíkového plamene, kde probíhá chemionizační reakce. Tato reakce vede ke vzniku nabitých částic. Detektor se sestává z ocelové trysky, do které vstupuje směs nosného plynu, vodíku a doplňkového plynu. Na špičce mikrohořáku pak dochází v proudu vzduchu ke spálení této směsi na ionty, které se detekují na polarizovaných elektrodách. Proudové pozadí je mezi 10⁻¹³ a 10⁻¹⁴ A, zatímco proud generovaný po spálení solutů je v rozmezí 10⁻¹² – 10⁻⁶ A. Plameno-ionizační detektor poskytuje odezvu na téměř všechny organické látky. Pro uhlovodíky je odezva úměrná počtu uhlíkových atomů v molekule. Odezvu nedává většina anorganických plynů a par a některé organické látky, například formaldehyd a chlorid uhličitý. Nastavení průtoků vodíku a vzduchu je u tohoto typu detektoru velmi důležité a musí být provedeno i s ohledem na nosný plyn. Maximální

linearity a citlivosti dosáhneme při optimálním poměru doplňkového plyn/vodík. Odchyłky od optimálního poměru mají za následek nestabilitnost plamen v detektoru a velký šum při zanešené koloně. (ANONYM 5)

3.11.2.6 Zpracování signálu a záznam chromatogramu

Měřený signál z detektoru je zpracován a současně převážně ukládán do paměti měřicího zařízení jako soubor hrubých dat. Hrubá data obsahují signál a šum. V důsledku statistického mechanismu detekce parametrů a okolí konstrukčního materiálu, je naměřený signál zatížen šumem, to se projevuje náhodným zvýšením nebo snížením měřeného signálu. Signály můžeme posuzovat z hlediska jejich spojitosti v čase a amplitudy. Na základě tohoto rozdělení vznikají různé typy signálů. (ŠEVČÍK 1999)

Chromatogram je získán jako grafický záznam závislosti na paměťové odezvy detektoru na čase. Z hodnot získaných z chromatogramů lze vyhodnotit retenční parametry jednotlivých signálů, jako je čas a objem, dále pak plochy a výšky píků atd. (ANONYM 5)



Obrázek č. 4: Jednoduché schéma plynového chromatografu

4. MATERIÁL A METODIKA

U vybrané odrůdy Golden Delicious byl ve třech stupních zralosti sledován obsah látkových složek po ošetření dvěma koncentracemi etylénu 100 a 500 ul/l. Po ošetření se sledovalo zrání plodů ve dvou teplotách 2°C a 20°C po dobu 100 dní. Při teplotách 2°C a 20°C se plody hodnotily po 30, 60, 90 dnech, vždy při obou koncentracích etylénu. Kritéria pro hodnocení plodů je pevnost dužniny, důkaz škrobu, stanovení obsahu titračních kyselin a rozpustné sušiny refraktometricky.

Naměřené hodnoty byly uspořádány do tabulek a grafů. Hodnoty byly statisticky vyhodnoceny za pomoci aritmetických průměrů a směrodatných odchylek. Ze získaných hodnot byly vytvořeny grafy, které se mezi sebou porovnávaly.

4.1. Odběr rostlinného materiálu

Pro pokus byla použita jablka ze sadu AGROSAD Velké Bílovice, spol. s.r.o.. K dispozici jsem měla odrůdu Golden Delicious. V první fázi pokusu bylo odebráno ze stromu pět kusů jablek, a to ve třech fázích zrání – zralé, nezralé a přezrálé. Jablka byla odebrána v termínu od 3.9 do 29.9.2015 Tyto plody byly označeny jako kontrolní a hodnotila se kritéria, jako je pevnost dužniny, důkaz škrobu, refraktometrická sušina a titrační kyseliny. V druhé části pokusu byla použita jablka pouze ve zralém stavu. Tato jablka se ošetřovala etylénem ve dvou koncentracích 100ppm a 500ppm. Po ošetření etylénem se jablka analyzovala na plynovém chromatografu a stejně jako v první části pokusu se hodnotila stejná kritéria plus produkce etylénu a oxidu uhličitého.

4.2. Ošetření exogenním etylénem

Prvním krokem bylo ošetření jablek etylénem. Do nerezové nádoby jsem vložila jablka a nádobu uzavřela. Do nerezové nádoby se přiváděl etylén v plynném stavu na koncentraci 100ppm. V nádobě je etylén rozváděn rovnoměrně pomocí větráku. Po dosažení této koncentrace v nádobě, se nechal etylén působit 24 hodin. Po uplynutí této doby se jablka vytáhla a uskladnila se v chladírně o teplotě 2°C. Stejný postup probíhal při druhém ošetření etylénem, ale na koncentraci 500ppm. Jablka ošetřena koncentrací 500ppm jsem uskladnila v chladírně při teplotě 2°C. Takto ošetřená jablka jsme skladovala po dobu 30, 60 a 90 dnech.

4.3. Analýza na plynovém chromatografu

Po uplynutí stanovené doby jsem jablka uzavřela do skleněných uzavíratelných sklenic po dobu 60 minut v prostředí, kde byla jablka skladována. Po 60 minutách jsem jablka odnesla z chladírny a předchladírny na analýzu na plynovém chromatografu – 4890 GAS chromatograf.

Z uzavíratelné sklenice jsem odebrala do stříkačky 1 ml vzorku z atmosféry, která se ve sklenici vytvořila po 60 minutách. Takto připravený vzorek jsem nastříkla do injektoru plynového chromatografu. Analýza se provádí v programu Clarity na pc. Doba měření trvá 6 minut.

Do injektoru jsem nastříkla 1ml vzorku a spustila jsem měření tlačítkem strat. Vzorek projde kolenou k detektoru, který se dělí na FID (plamenoionizační detektor) a TCD (tepelně – vodivostní detektor). Plamenoionizační detektor separuje látky při teplotě 250°C a zobrazuje nám první pík metanu (bahenní plyn) a následně za metanem se nám zobrazuje píku etylénu. Tepelně – vodivostní detektor separuje látky při 210°C. Na tomto detektoru se nám zobrazil pík dusíku, což je pro nás nosný plyn, dále pak oxid uhličitý, který je pro naši analýzu důležitý a dále pak vodu. Každá látka, která se separovala, se zobrazuje okolo určitého času. Etylén se nám zobrazil okolo 2 minuty, dusík mezi 2 – 3 minutou, oxid uhličitý po 3 minutě a jako poslední se zobrazil pík vody v 5 minutě, po zobrazení všech 5 látek je konec analýzy.

V tuto chvíli se analýza zhodnotila pomocí velikosti píků. U každého píku jsem označila začátek a konec a podle velikosti a šířky je udána hodnota. Tyto hodnoty jsou přepočítány podle vzorců jak na produkci etylénu, tak i oxidu uhličitého:

$$G_{et} = \frac{C}{V'x \cdot m \cdot t} \left[\frac{ml}{kg \cdot h^{-1}} \right]$$

$$R_{CO_2} = \frac{C}{V'x \cdot m \cdot t} \left[\frac{ml}{kg \cdot h^{-1}} \right]$$

C = hodnota velikosti píku

V'x = 1- hmotnost jablka

m = hmotnost jablka

t = čas

4.4. Hmotnost plodů

Každý plod jsem zvažila jednotlivě na laboratorních váhách. Výsledné hodnoty jsou uváděny v gramech.

4.5. Pevnost dužniny

Pevnost dužniny plodu je jedním ze základních texturních znaků určujících kvalitu plodů. Spotřebitelé posuzují kvalitu čerstvých plodů jejich barvou, chutí a pevností. Pevnost dužniny se stanovuje měřením síly, potřebné k protlačení kovového razidla, nebo kuličky standardních rozměrů do zkoumaného vzorku. V našem případě byl použit penetrometr s kovovým razidlem o průměru 8mm. Vyjadřuje se někdy v relativních jednotkách. Je ukazatelem stupně zralosti. Tyto údaje, můžeme využít k určení optimálního termínu sklizně.

Pro stanovení pevnosti dužniny plodu jablek, byl použit ruční penetrometr s razidlem o průměru 8 mm. Jablko jsem zbavila seříznutím slupky pomocí nože, v místě, kde jsme zkoušku prováděla. Jablko jsme položila na korkovou podložku pod razidlem. Penetrometrem je vyvíjen tlak kolmo na plod, dokud razidlo, neprorazí dužninu. Na razidle je vyrytá ryska, po kterou se razidlo vtlačí do plodu jablka. Na displeji se zobrazila síla potřebná k proražení dužniny do určité hloubky, která je vyznačena na razidle a je uváděna v kg/cm². Každé měření bylo prováděno ze dvou protilehlých stran. Tímto způsobem vznikly dvě různé hodnoty. Z těchto dvou naměřených hodnot jsem vypočítala průměr. Z průměru pevnosti dužniny byla vypočítána penetrometrická pevnost podle vzorce:

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

A = plocha, na kterou působí síla

d = průměr razidla v mm

Vzorec pro penetrační napětí dužniny:

$$\sigma_{pd} = \frac{F_d}{A} [MPa]$$

F_d = síla potřebná k penetraci dužniny

A = plocha, na kterou působí síla

4.6. Důkaz škrobu

Škrob je nejrozšířenější zásobní látkou v ovoci. Ve velkých množstvích je ukládán v zásobních orgánech, v menším množství jej můžeme dokázat i v jiných částech rostliny. Jeho rozkladem vzniká disacharid maltóza, která se dále rozkládá na jednoduché cukry - glukózu. Působením roztoku jódu (Lugolův roztok) se škrobová zrna zbarvují modře.

Důkaz škrobu se provádí vizuálně a porovnává se se škrobovou stupnicí s hodnotami od 1 - 10. Plod jsem rozřízla vodorovně na dvě poloviny. Obě poloviny plodu jsem ponořila rozřízlou plochou do Lugolova roztoku, který jsem připravila do dvou Petriho misek. Na obě poloviny jsme nechala působit Lugolův roztok 10-20 vteřin. Po uplynutí doby, byl plod vytažen a osušen. Na rozřízlé ploše jablka jsem viděla tmavě modré škrobové zabarvení. Poté jsem porovнала plody se stupnicí, kde se rozlišuje zralost plodu. Obsah přítomného škrobu se projevuje modrým zabarvením plodu. Na stupnici jsou vyobrazeny stupně zabarvení od 1-10, podle stupně zrání a tedy i obsahem škrobu. Bod jedna, zaznamenává vysoký obsah škrobu v plodu.

Jestliže je v plodu vysoký obsah škrobu, je plod v nezralém stavu. V opačném případě, v bodu 10, je plod zcela nezabarven, není zde přítomný škrob a plod je velmi přezrálý.

4.7. Stanovení obsahu titračních kyselin

Veškerými kyselinami ve vzorku se stanovují všechny kyseliny volné, těkavé a kyselé soli. Obsah titračních kyselin, se zjišťuje titrací roztoku NaOH. U silně zbarvených roztoků se používá potenciometrická indikace bodu ekvivalence. U nezbarvených roztoků můžeme použít jako indikátor fenolftalein, který při pH 8,1 barví titrovaný roztok do slabě růžové barvy.

Do titrační baňky jsem navázila 2 g vylišované šťávy jablka. K vzorku jsem přidala 10 ml destilované vody. K takto připravenému vzorku jsem přidala 3 kapky fenolftaleinu a titrovala pomocí 0,1M roztoku NaOH a za stálého míchání do růžového zbarvení, které vydrží alespoň 30 vteřin. Po zbarveném vzorku, na byretě jsem odečetla spotřebu NaOH v ml. S touto hodnotou počítám ve vzorci.

Obsah veškerých kyselin vyjadřujeme v procentech na převládající organickou kyselinu obsaženou v titrovaném roztoku.

$$\% \text{ veškerých kyselin} = \frac{a \cdot f \cdot k \cdot 100}{n} \quad \% \text{ hmot.}$$

a= spotřeba 0,1 M NaOH (ml)

f= zřed'ovací faktor 0,1 NaOH

k= převládající kyselina v roztoku (kyselina jablečná 0,0067)

n= navážka vzorku šťávy (g)

4.8. Stanovení rozpustné sušiny refraktometricky

Stanovením rozpustné sušiny se cukry hromadí v plodu ještě před fází zrání. Začíná-li klimakterická fáze, je obsah cukrů dostatečný. Obsah cukrů je pomocný činitel pro kritérium zrání, zpravidla se musí dosáhnout v místě pěstování očekávané refrakce.

Každý plod analyzovaného jablka jsem rozmixovala v mixeru. Z připravené směsi jsem získala šťávu vymačkáním přes síto. Před každým měřením na čočku refraktometru jsem kápala pár kapek destilované vody, po analýze by na display, měla vyjít hodnota na rozhraní nuly. Mezi každým měřením vzorku, bychom měli refraktometr kalibrovala vodou.

Při stanovení jsem nanesla skleněnou tyčinkou vzorek šťávy na čočku digitálního refraktometru. Potřebný objem vzorku byl cca 0,2ml. Princip této metoda je založen na odrazu světla. Naměřená hodnota se zobrazí na displeji. Rozsah měření je 0-32°Brix s přesností 0,2%. K měření refraktometrické sušiny jsem použila refraktometr PR – 32α

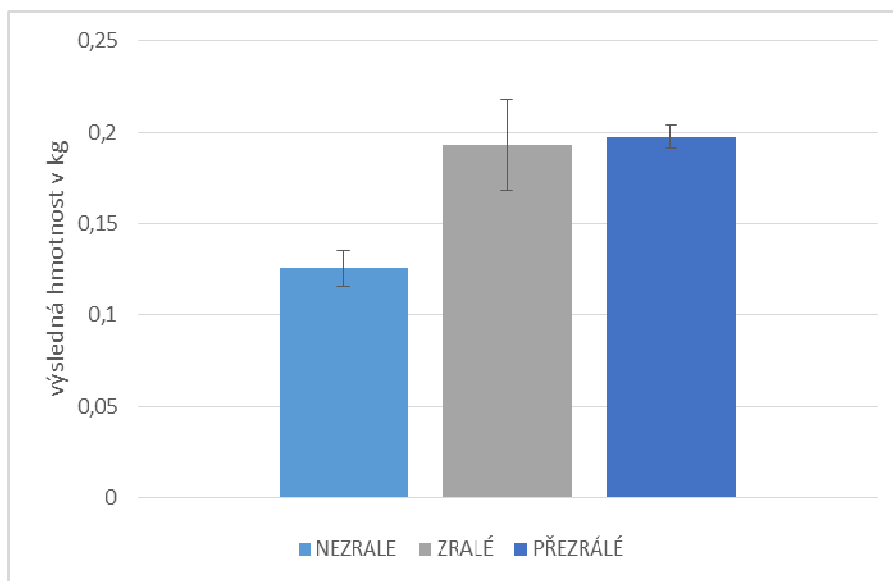
5. VÝSLEDKY A DISKUZE

5.1. Hmotnosti plodů jablek v průběhu zrání a při ošetření exogenním etylénem

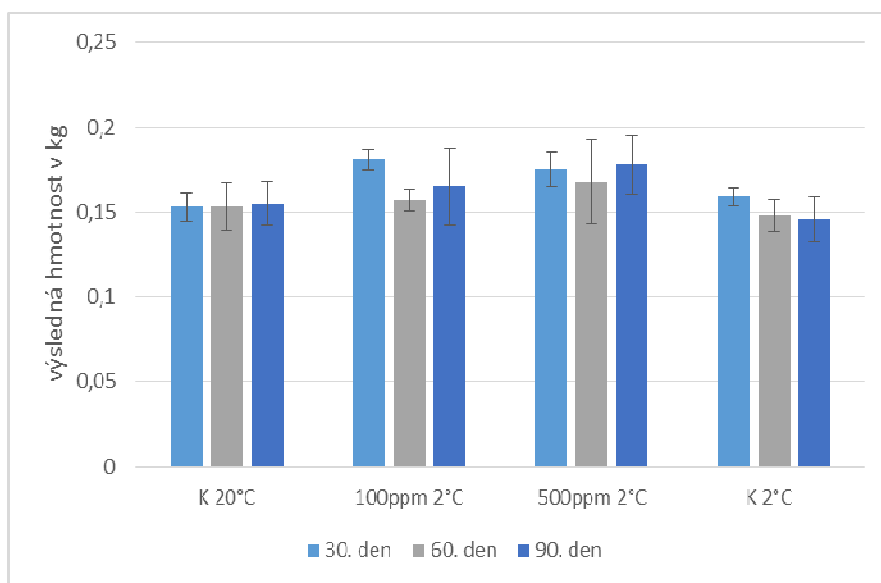
Obecně můžeme říci, že v průběhu dozrávání plodů jablek postupně nabírají na hmotnosti (graf 1). Na počátku zrání byla hmotnost jablek v průměru 152 gramů a v přezrálém stadiu byla naměřená hmotnost k 200gramům.

U jablek ošetřených exogenním etylénem je hmotnost velmi variabilní (graf 2). Jablka ošetřená koncentrací 100ppm byla hmotnost velmi variabilní po 30-ti dnech skladování 181g, po 60-ti dnech se hmotnost snížila téměř o 25gramů. U jablek ošetřených 500ppm byla hmotnost nejmenší po skladování 60-ti dnech stejně tak jako u předchozí koncentrace, ale hmotnost se pohybovala okolo 170 gramů ve všech termínech skladování.

U kontrolních plodů uskladněných ve 20°C mezi jednotlivými stádii uskladnění nebyly velké rozdíly. Po 30-ti dnech skladování byla hmotnost 153g a v 90 dnu 155g. Naproti tomu u kontrolních plodů při 2°C je hmotnost postupně klesající. Po 30 ti dnech skladování byla hmotnost 160g a po 90-ti dnech se hmotnost snížila na 145g. Emödyho (1972), uvádí ve svých výsledcích rozmezí hmotnosti jablek od 150 do 250 gramů.



Graf č. 1: Hmotnost jablek v průběhu zrání, odrůda Golden Delicious



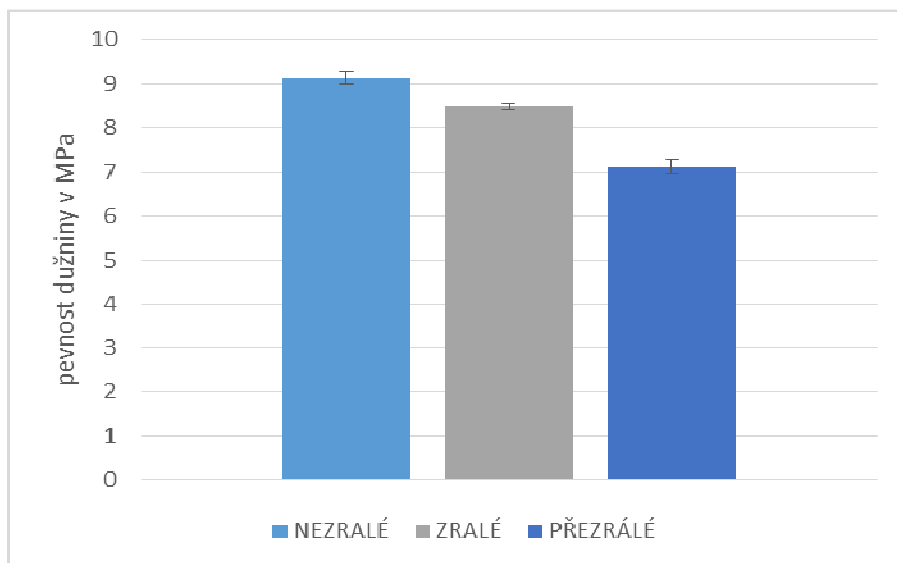
Graf č. 2: Hmotnost jablek v průběhu skladování po ošetření exogenním etylénem, odrůda Golden Delicious

5.2. Stanovení pevnosti dužniny v průběhu zrání a při ošetření exogenním etylénem

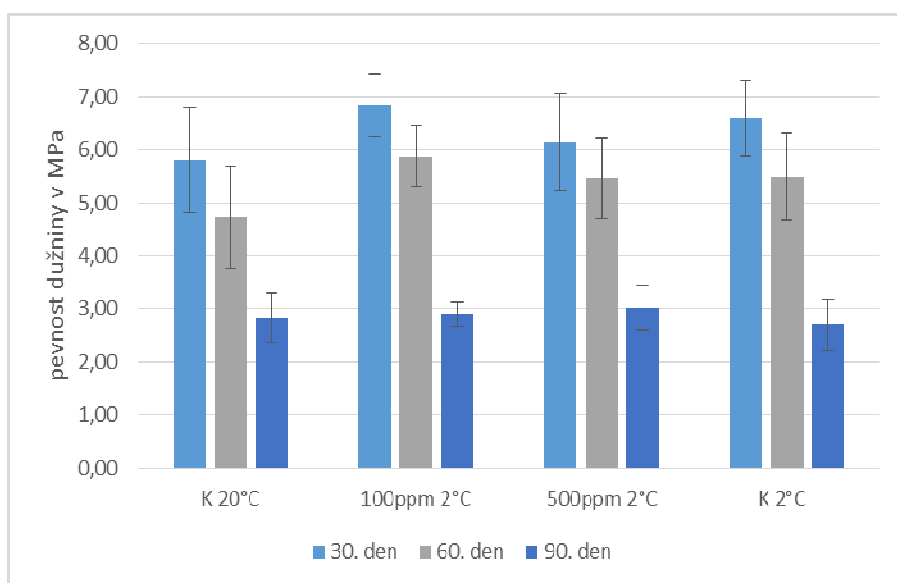
Pevnost dužniny jablek u plodů je postupně klesající v průběhu zrání (graf 3). U nezralých plodů se hodnota pohybuje okolo 9 MPa a u přezrálých 7 MPa.

U kontrolních plodů uskladněných při 20°C, se rozdíl v pevnosti mezi 30 a 60 dnem neprojevoval, naproti tomu v po 90 dnech se pevnost 2x snížila. Vlivem exogenního etylénu koncentrací 100ppm vedla k tomu, že mezi 30 a 90 dnem se hodnota 2,5x snížila z hodnoty $6,8 \pm 0,59$ MPa na $2,8 \pm 0,23$ MPa. V 60 dnu byl minimální rozdíl, naproti tomu rozdíl mezi 60 a 90 byla hodnota 2x menší. Ošetření koncentrací 500ppm a kontrolních plodů uskladněných při stejné teplotě 2°C, bylo shodné s koncentrací 100ppm (graf 4).

Vliv exogenního etylénu na pevnost dužniny byl vázán na teplotu skladování. Ošetření plodů exogenním etylénem v koncentracích 100ppm a 500ppm je velmi účinné. Lze předpokládat, že při ošetření vyšší koncentrací exogenního etylénu si jablka při dlouhodobém skladování zachovala vyšší pevnost. Můžeme říci že, u plodů uskladněných ve 20°C je po 30 a 60 dnech hodnota viditelně nižší (graf 4).



Graf 3: pevnost dužniny v MPa v průběhu zrání po ošetření exogenním etylénem, odrůda Golden Delicious



Graf 4: pevnost dužniny v MPa v průběhu skladování po ošetření exogenním etylénem, odrůda Golden Delicious

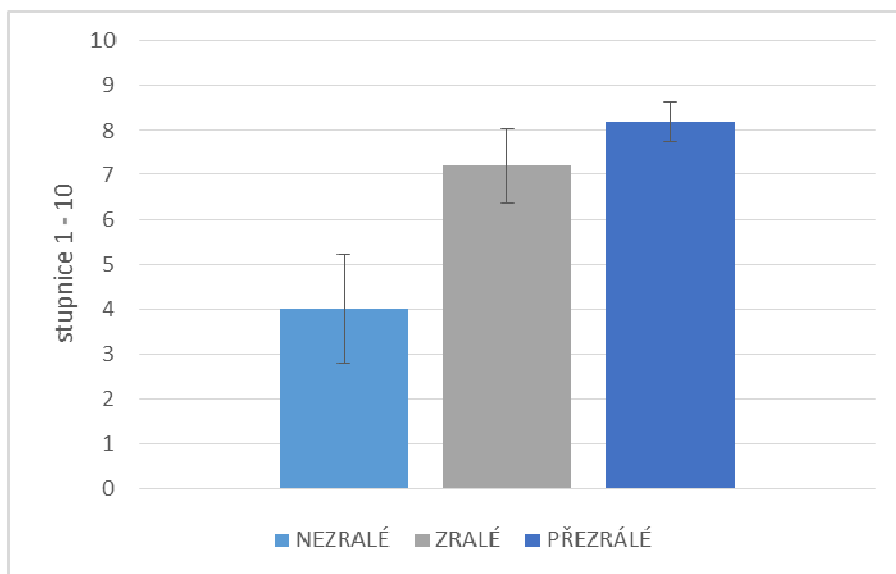
5.3. Obsah škrobu v průběhu zrání a při ošetření exogenním etylénem

Při ztrátě škrobu dochází ke statisticky významnému pozvolnému vzrůstu hodnot na bodové stupnici.

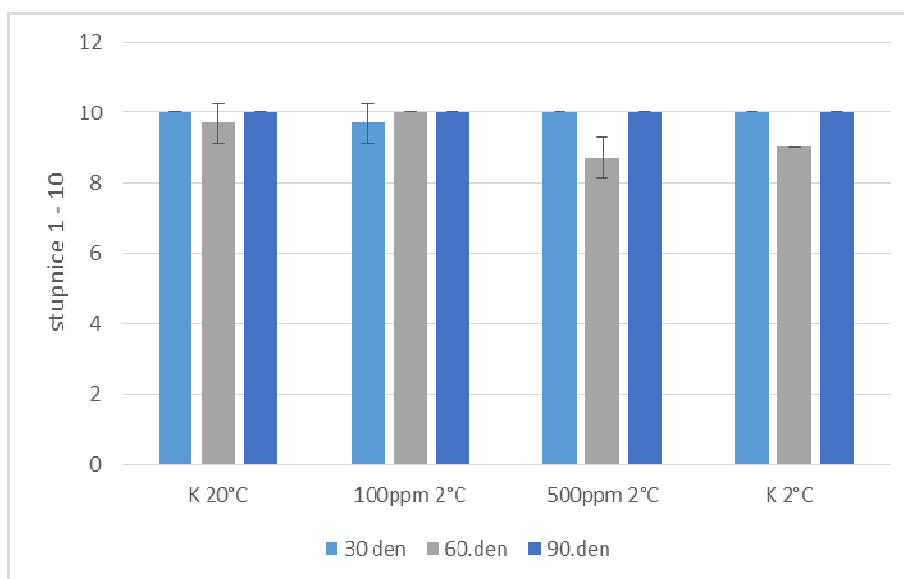
U odrůdy, Golden Delicious se obsah škrobu v průběhu zrání postupně zvyšoval (graf 5). Kritérium zralosti během zrání je škrobový test důležitým kritériem, který u nezralých plodů je $4 \pm 1,22$, u zralých je $7,2 \pm 0,83$ a přezrálých je $8,2 \pm 0,44$. Zralé a přezrálé plody se podle kritéria příliš nelišily, ale přesto i u přezrálých plodů byl zřetelný podíl škrobu, který se v dalším skladování úplně odboural.

V průběhu skladování (graf 6) škrob dosahoval u kontrolních plodů uskladněných při teplotě 20°C ve 30 a 90 dnu hodnoty 10 a v 60 dnu hodnoty 9. U jablek uskladněných v chladírně při teplotě 2°C v koncentraci 100ppm, byl pozvolný úbytek škrobu a dosahoval hodnoty 10 v 60 a 90 dnu. Při ošetření plodů exogenním etylénem na koncentraci 500ppm a kontrolních plodech při 2 °C se obsah škrobu pohyboval ve 30 a 90 dnu na hodnotě 10 a v 60 dnu na hodnotu 9.

Můžeme tedy říci, že při ošetřených plodech na koncentraci 100ppm a 500ppm a neošetřených plodech nebyly prokázány významné statistické rozdíly.



Graf 5 : obsah škrobu v průběhu zrání, odrůda Golden Delicious



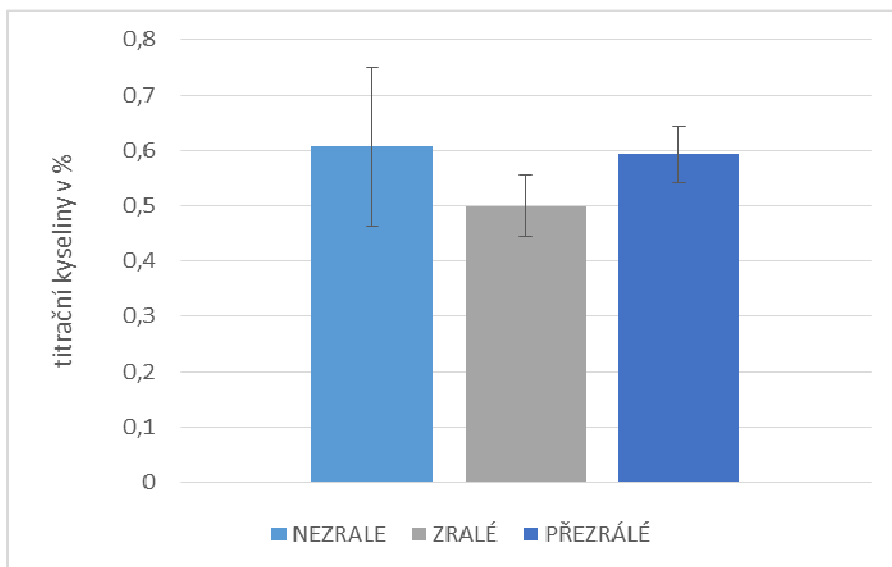
Graf 6 : obsah škrobu v průběhu skladování po ošetření exogenním etylénem, odrůda Golden Delicious

5.4. Obsah veškerých kyselin v průběhu zrání a při ošetření exogenním etylénem

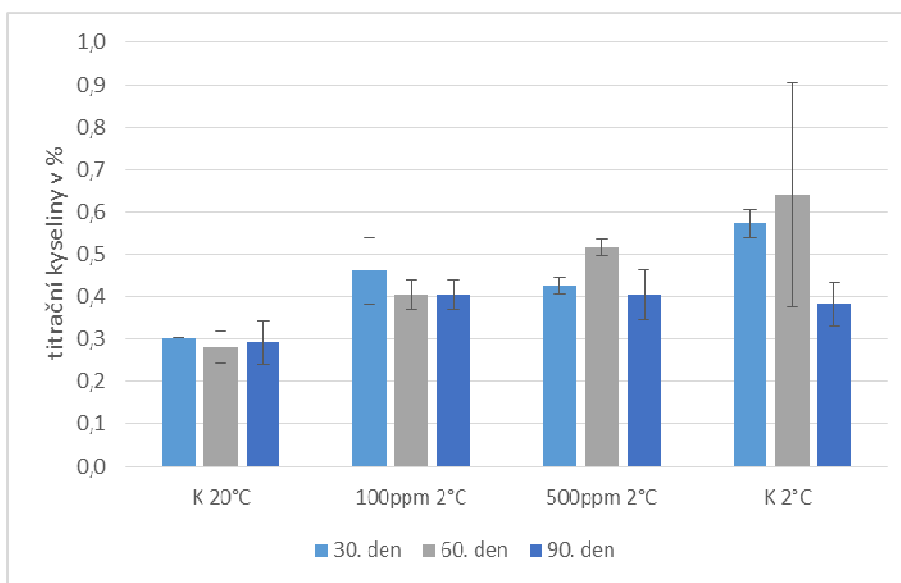
Z uvedených hodnot (graf 7) vidíme jednotlivé kolísání hodnot mezi jednotlivými stupni zralosti. U nezralých plodů je hodnota 0,60%, přezrálých 0,58% a u zralých je nejmenší obsah veškerých kyselin 0,50%. Celkový obsah kyselin je v rozmezí 0,2 – 1,6% uvádí Saburov a Antonov (1952). Podle Emödyho (1972) je výsledný obsah veškerých kyselin 0,9%.

Kontrolní plody skladované při 20°C (graf 8) měly obsah veškerých kyselin průměrně stejný, okolo 0,30%. U kontrolních plodů skladovaných ve 2°C byly hodnoty 2x větší. Nejvyšší hodnota byla u skladovaných jablek po 60ti dnech, a to $0,64 \pm 0,26$ %, po 30ti dnech byla hodnota $0,57 \pm 0,3$ % a nejnižší obsah veškerých kyselin byla u plodů skladovaných po 90 dnech. Obsah veškerých kyselin po 90ti se pohyboval $0,38 \pm 0,05$ %, můžeme říci, že byl o polovinu menší než u plodu skladovaných po 60 dnech.

Ošetření plody exogenním etylénem na koncentraci 100ppm a 500ppm, pak podle hodnot (graf 8) změna organických kyselin je nevýrazná. Po 60-ti dnech skladování, mezi ošetřenými plody na 100ppm a 500ppm, je rozdíl titračních kyselin ve smyslu zvýšené koncentrace, ale výsledek není významný.



Graf 7: obsah veškerých kyselin v průběhu zrání, odrůda Golden Delicious

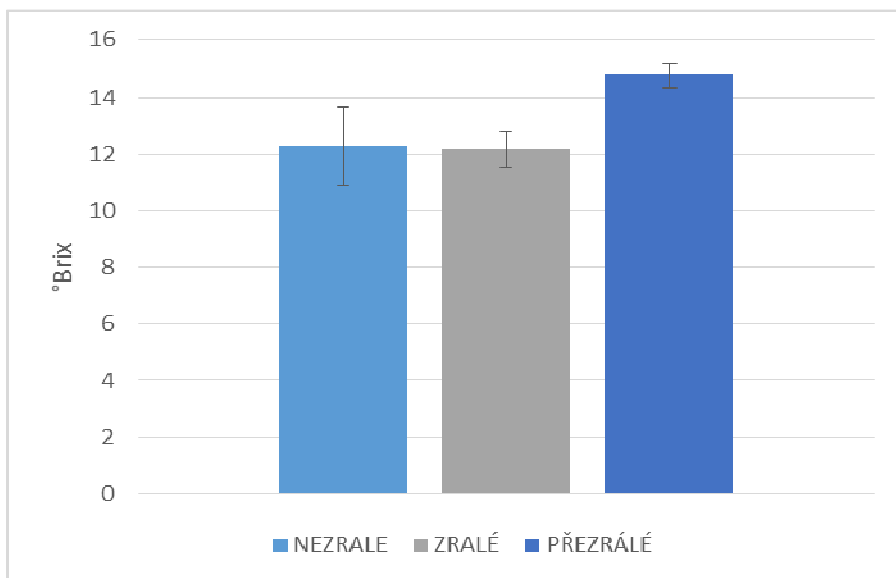


Graf 8 : obsah veškerých kyselin v průběhu skladování po ošetření exogenním etylénem, odrůda Golden Delicious

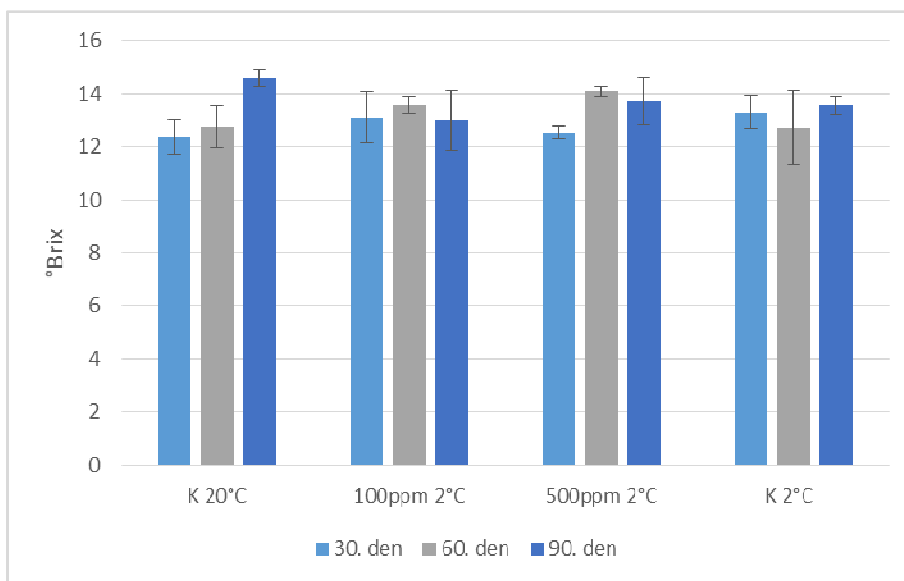
5.5. Obsah rozpustné sušiny v průběhu zrání a při ošetření exogenním etylénem

Z naměřených hodnot (graf 9) se výsledný obsah rozpustné sušiny v průběhu zrání zvyšoval. V nezralém stádiu byl obsah cukrů 12 °Brix a v přezrálém stádiu 15 °Brix. Hodnota ve zralém stavu se pohybovala okolo 12 °Brix. Podle Saburova a Antonova (1952) je v čerstvé hmotě jablek 10,4 – 15,2 % veškerých cukrů. Emödyho (1972) uvádí obsah veškerých cukrů 12%. Jablka obsahují průměrně 14,4 % sacharidů (Kopec 1998), přičemž nejvíce jsou zastoupeny fruktosa (5,0 %), sacharosa (2,4 %) a glukosa (1,8 %).

Rozpustná sušina u naměřených vzorků v důsledku teploty u kontrolních plodů skladovaných při 20°C a 2°C, a jakož to i u plodů ošetřených exogenním etylénem na koncentraci 100ppm a 500ppm, se pohybovala v rozsahu od 12,3% do 14%. V tomto intervalu jsou jednotlivé hodnoty výchozí z ošetření exogenním etylénem a teplotního rozlišení nevýrazné. Rozpustná sušina je údaj, který spíše reaguje na změny dýchání, ale i tak malá hodnota dýchání v podstatě neovlivňuje obsah rozpustné sušiny.



Graf 9: obsah rozpustné sušiny v průběhu zrání, odrůda Golden Delicious



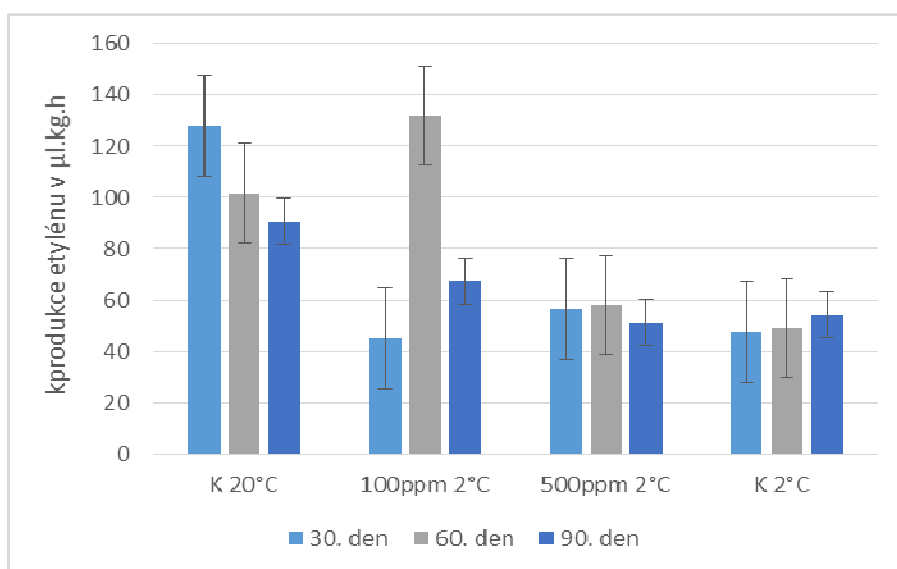
Graf 10: obsah rozpustné sušiny v průběhu skladování po ošetření exogenním etylénem, odrůda Golden Delicious

5.6. Produkce etylénu v průběhu zrání a při ošetření exogenním etylénem

Odrůda Golden Delicious na ošetření exogenním etylénem (graf 11) reagovala produkcí etylénu v teplotách 2°C a 20°C. Bude-li kontrola a skladování ve 30,60 a 90 den pak produkce etylénu se 2,5x snižuje, přičemž v rámci jednotlivých dnů byla produkce etylénu shodná. Koncentrace etylénu při zahájení na úrovni 100ppm s následujícím uložením do chladírny s teplotou 2°C, vedla k tomu, že mezi 30 – 60 dnem se více jak 3x zvýšila produkce etylénu. Pokles v 90 dnu byl poloviční ale nižší než ve 30 dnu.

Ošetření koncentrací exogenního etylénu na hodnotu 500ppm se výrazně neprojevovalo na produkčních schopnostech jablek časově hodnocených po 30,60,90 dnu, jsou shodné při hodnotě 50-60ppm.

Z provedených měření vyplývá, že ošetření exogenním etylénem v koncentraci 500ppm je málo účinné a můžeme předpokládat, že mnohem vyšší koncentrace exogenním etylénem by mohla způsobit zjevnou produkci etylénu v jablkách. Ošetření exogenním etylénem v koncentraci 100ppm se prokázal mírně stimulující vůči kontrolním vzorkům, ale koncentrace 500ppm výrazně stimulující účinek neprokázal.



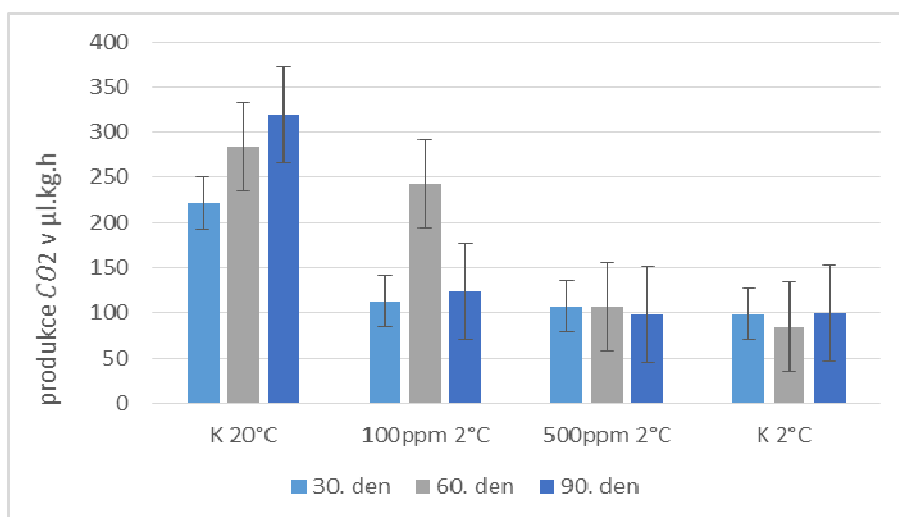
Graf 11: produkce etylénu v μl.kg.h v průběhu skladování po ošetření exogenním etylénem, odrůda Golden Delicious

5.7. Produkce oxidu uhličitého v průběhu zrání a při ošetření exogenním etylénem

Vliv exogenního etylénu na respirační aktivitu, vyjádřená produkcí CO_2 / kg/ hod, byla vázaná na teplotu skladování (graf 12). Kontrolní plody při 20°C byla 2,5 – 3,5x vyšší produkce CO_2 , v rámci této kontroly při teplotě 20°C se prokazatelně očekával vzestup produkce CO_2 , který v 90 dnu byl prokazatelně vyšší než v předešlých koncentracích, což odpovídá principu klimakterických plodů, jako jsou jablka.

Plody, které byly uloženy v teplotě při 2°C, měly shodou respirační hodnotu v časovém sledu od 30 – 90 dne rovněž nebyly prokázány statistické rozdíly. Účinek exogenního etylénu na intenzitu dýchání, byl více diferenciováný při ošetření 100ppm, kdy mezi 30 – 60 – 90 dnem jsou výrazné rozdíly i když mezi 30 – 90 dnem rozdíly nejsou statisticky významné. Exogenní etylén v koncentraci 500ppm měl mírně zvýšenou hodnotu intenzity dýchání, i když v časovém sledu rozdíly nebyly statisticky významné.

Ve srovnání s hodnotou při stejné teplotě a plody ošetřené exogenním etylénem na koncentraci 500ppm nebyly výrazné rozdíly. Vlivem ošetření exogenním etylénem na intenzitu dýchání ve vztahu k produkci etylénu nebyl výrazný, ale lze se domnívat, že teprve koncentrace vyšší jak 500ppm by mohly podnítit zvýšenou intenzitu dýchání způsobenou exogenním etylénem.



Graf 12: produkce oxidu uhličitého v $\mu\text{l.kg.h}$ v průběhu skladování po ošetření exogenním etylénem, odrůda Golden Delicious

6. ZÁVĚR

U jedné odrůdy Golden Delicious, byly v období v optimální zralosti aplikovány dvě koncentrace exogenního etylénu, které byly aplikovány v jednom termínu v rozdílu 100ppm a 500ppm ve vnější atmosféře. Studovanými parametry byly pevnosti dužniny, stanovení obsahu škrobu, celkové množství veškerých kyselin, refraktometrická sušina. Změny těchto parametrů byly sledovány v závislosti při zrání plodů na stromech. V druhé části pokusu byla jablka ošetřena exogenním etylénem. Poté byla jablka skladována v chladírně o teplotě 2°C a předchlazeně při teplotě 20°C a analyzována v předem určených časových intervalech. U takto ošetřených plodů se hodnotila stejná kritéria jako v předchozí části a navíc se sledovala produkce etylénu a oxidu uhličitého.

Hodnocení pevnosti dužniny po ošetření exogenním etylénem u kontrolních plodů uskladněných při 20°C, se rozdíl v pevnosti mezi 30 a 60 dnem neprojevoval, naproti tomu v po 90 dnech se pevnost 2x snížila. Vlivem exogenního etylénu koncentrací 100ppm vedla k tomu, že mezi 30 a 90 dnem se hodnota 2,5x snížila z hodnoty $6,8 \pm 0,59$ MPa na $2,8 \pm 0,23$ MPa. V 60 dnu byl minimální rozdíl, naproti tomu rozdíl mezi 60 a 90 byla hodnota 2x menší. Ošetření koncentrací 500ppm a kontrolních plodů uskladněných při stejné teplotě 2°C, bylo shodné s koncentrací 100ppm.

Kritérium zralosti během zrání je škrobový test důležitým kritériem, který u nezralých plodů je $4 \pm 1,22$, u zralých je $7,2 \pm 0,83$ a přezrálých je $8,2 \pm 0,44$. Zralé a přezrálé plody se podle kritéria příliš nelišily, ale přesto i u přezrálých plodů byl zřetelný podíl škrobu, který se v dalším skladování úplně odboural. V průběhu skladování, škrob dosahoval u kontrolních plodů uskladněných při teplotě 20°C ve 30 a 90 dnu hodnoty 10 a v 60 dnu hodnoty 9. U jablek uskladněných v chladírně při teplotě 2°C v koncentraci 100ppm, byl pozvolný úbytek škrobu a dosahoval hodnoty 10 v 60 a 90 dnu. Při ošetření plodů exogenním etylénem na koncentraci 500ppm a kontrolních plodech při 2 °C se obsah škrobu pohyboval ve 30 a 90 dnu na hodnotě 10 a v 60 dnu na hodnotu 9.

Sledování obsahu veškerých kyselin u ošetřených plodů exogenním etylénem na koncentraci 100ppm a 500ppm, pak podle hodnot, změna organických kyselin je nevýrazná. Po 60ti dnech skladování, mezi ošetřenými plody na 100ppm a 500ppm, je rozdíl titračních kyselin ve smyslu zvýšené koncentrace. U ošetřeného plodu na koncentraci 100 ppm byla hodnota $0,40 \pm 0,03\%$ a u koncentrace exogenního etylénu byla

hodnota $0,51\% \pm 0,01\%$. není významný. Kontrolní plody skladované při 20°C měly obsah veškerých kyselin průměrně stejný, okolo 0,30%. U kontrolních plodů skladovaných ve 2°C byly hodnoty 2x větší.

Při stanovení rozpustné sušiny, u plodů ošetřených exogenním etylénem v důsledku teploty u kontrolních plodů skladovaných při 20°C a 2°C, a jakož to i u plodů ošetřených exogenním etylénem na koncentraci 100ppm a 500ppm, pohybovala v rozsahu od $12,53 \pm 0,23\%$ do $14,1 \pm 0,2\%$. V tomto intervalu jsou jednotlivé hodnoty výchozí z ošetření exogenním etylénem a teplotního rozlišení nevýrazné. Rozpustná sušina je údaj, který spíše reaguje na změny dýchání, ale i tak malá hodnota dýchání v podstatě neovlivňuje obsah rozpustné sušiny.

Z provedených měření vyplývá, že ošetření exogenním etylénem v koncentraci 500ppm je málo účinné a můžeme předpokládat, že mnohem vyšší koncentrace exogenního etylénu by mohla způsobit zjevnou produkci etylénu v jablkách. Ošetření exogenním etylénem v koncentraci 100ppm se prokázal mírně stimulující vůči kontrolním vzorkům, ale koncentrace 500ppm výrazně stimulující účinek neprokázal.

Ošetření koncentrací exogenního etylénu na hodnotu 500ppm se výrazně neprojevovalo na produkčních schopnostech jablek časově hodnocených po 30,60,90 dnu, jsou shodné při hodnotě 50-60ppm.

Vliv exogenního etylénu na respirační aktivitu, vyjádřenou produkcí CO_2 / kg/ hod, byl vázan na teplotu skladování. Kontrolní plody při 20°C byla 2,5 – 3,5x vyšší produkce CO_2 , v rámci této kontroly při teplotě 20°C se prokazatelně očekával vzestup produkce CO_2 , který v 90 dnu byl prokazatelně vyšší než v předešlých koncentracích, což odpovídá principu klimakterických plodů, jako jsou jablka.

Nejúčinnější činitel pro rozlišení exogenního etylénu je produkce etylénu ošetřených plodů, méně významná je intenzita dýchání. Obě metody jsou citlivé na odezvu vůči vnějšímu etylénu. Ostatní měřená kritéria jako pevnost dužniny, titrační kyseliny a rozpustná sušina reagují méně významně.

7. SOUHRN, KLÍČOVÁ SLOVA

V teoretické části byla popsána odrůda Golden Delicious. Tato část diplomové práce popisuje látkové složení jablek, kvalitativní rozdělení zralosti jablek do jednotlivých skupin. Pozornost byla věnována vlivu etylénu na zrání a vývoj jablek. Dále byly popsány klimakterické typy ovoce a průběh jejich zrání.

V první experimentální části jsem sledovala sklizňovou zralost plodů odrůdy Golden Delicious. V druhé části pokusu jsem sledovala zadaná kritéria během skladování ve dvou různých teplotách a to při 2°C a 20°C za ošetření exogenním etylénem. V průběhu skladování byly sledovány hlediska zralosti, která vycházela z objektivního měření. Měření zahrnovalo pevnost dužniny, obsah škrobu, veškerých kyselin a rozpustné sušiny, dále pak produkci etylénu a oxidu uhličitého.

Klíčová slova: etylen, oxid uhličitý, produkce, zrání, dýchání, klimakterium

Resume, key words

The theoretical part was described by Golden Delicious variety. This part of the thesis describes the material composition of apple, ripe apples qualitative disaggregation into individual groups. Attention was paid to the effect of ethylene on ripening apples and development. It has also described the climacteric types of fruit and the process of their maturation.

In the first experimental part, I followed the harvest maturity fruit varieties Golden Delicious. In the second part of the experiment I followed the criteria specified I during storage in the two different temperatures and at 2 ° C and 20 ° C for treatment with exogenous ethylene. During storage were observed in terms of maturity, which was based on objective measurement. Measurements included pulp strength, the starch content, total acidity and soluble solids, as well as the production of ethylene and carbon dioxide.

Key words: ethylene, carbon dioxide production, maturation, respiration, climacterium

8. LITERATURA

1. Alexander, L. and Grierson, D.: Ethylene biosynthesis and action in tomato: a model for climacteric fruit ripening. *Journal of experimental botany*, vol. 53, No. 377, Fruit Development and Ripening Special Issue, pp. 2039±2055, October 2002
2. Čermáková, L., a kol.: Analytická chemie 2 instrumentální analýza pro SPŠ skupiny studijních oborů technické chemie. Praha 1987
3. Dvořák, A., Vondráček, J., Kohout, k., Blažek, J.: *Jablka* Praha 1976
4. Dvořák, A.: *Malá pomologie 1 jablka*. 1969
5. Cervantes E.: Ethylene:new interactions,still ripening. ATO Advanced Research Workshop on Biology and Biotechnology of the Plant Hormone Ethylene,23–27 April 2002,Murcia,Spain
6. Curry, E.A.: Ethylene in Fruit Physiology.14th Annual Postharvest Conference, Yakima, Washington. March 10-11, 1998
7. Goliáš, J. - Čaněk, A. Etylénová atmosféra ve skladovacích technologiích jádrového ovoce. *Informace pro zahradnictví*. 2004. č. 11, s. 28-29. ISSN 1212-3781.
8. Goliáš, J.: *Skladování a zpracování 1, Základy chladiřenství*. Brno: MENDELU, 2.vyd. 1996, ISBN-80-7157-229-2
9. Goliáš, J.: *Skladování ovoce v řízené atmosféře*. Praha 2011, ISBN 978-80-209-0386-0
10. Hanousek, M.: *DOMÁCÍ VÝROBA MOŠTŮ*. Praha 2006 ISBN 978-80-247-6076-6
11. Ivančič, L., a kolektiv: *Ovocinárstvo*. Bratislava 1985
12. Jančářová, I., Jančář, L.: *Analytická chemie*, Lednice 2003. ISBN 80-7157-647-6
13. Kopec, K., Balík, J.. *Kvalitologie zahradnických produktů: nauka o hodnocení a řízení jakosti produktů a produkčních procesů*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2008, 171 s. ISBN 978-80-7375-198-2.
14. Kouřimská, L. Změny při skladování jablek. *Zahradnictví*. 2010. č. 9. [online www.zahradaweb.cz]
15. Kupferman E.: The Role of Ethylene in Determining Apple Harvest and Storage Life. *Post Harvest Pomology Newsletter*, 1986, vol. 4, no. 1. ISSN 0882-8024.

16. Mareček, J.: Skladovanie rastlinných produktov, Nitra 2012, ISBN 978-80-552-0853-4
17. Nesrsta, D.: Jádroviny, nakladatelství Petr Baštan, Olomouc 2011, ISBN 978-80-87091-17-13
18. Prugar, J a kol.: Kvalita rostlinných produktů. Praha 1977
19. Symons, G.M. et al. "Hormonal Changes during Non-Climacteric Ripening in Strawberry." *Journal of Experimental Botany* 63.13 (2012): 4741–4750. *PMC*. Web. 17 Apr. 2015.
20. Ševčík, J.: Plynová chromatografie a její aplikace v organické analýze. Katedra analytické chemie PřF UK, Albertov 2030, CZ-128 40 Praha 1999. ISBN 80-902432-9-0
21. Švec, F., Chemické listy 103 (2009) 266 – 270 Mikeš, O. a kolektiv, Laboratorní chromatografické metody, SNTL, Praha 1980, 674 s.)
22. Urban, V: Škola ovocnáře. Praha 1981

Internetové zdroje:

1. Anonym 1: <http://www.eagri.cz>
2. Anonym 2: <http://www.frontlineservices.com>
3. Anonym 3: <http://www.sempra.cz>
4. Anonym 4: <http://www.zemedelec.cz>
5. Anonym 5: <http://www.cheminfo.chemi.muni.cz>