

# **Sledování kvality jablečného aroma v závislosti na kvalitě zpracovávané suroviny**

Bc. Marcela Horáková

---

Diplomová práce  
2015



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav analýzy a chemie potravin

akademický rok: 2014/2015

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Marcela Horáková**  
Osobní číslo: **T13558**  
Studijní program: **N2901 Chemie a technologie potravin**  
Studijní obor: **Technologie potravin**  
Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Sledování kvality jablečného aroma v závislosti na kvalitě zpracovávané suroviny.**

Zásady pro vypracování:

### I. Teoretická část

1. Charakteristika jabloní a odrůdy.
2. Chemické složení jablek.
3. Aromatické látky jablek.
4. Získávání aromatických látek z jablečné šťávy.
5. Soudobé metody stanovení aromatických látek.

### II. Praktická část

1. Materiál a metodika stanovení kvality jablečného aroma.
2. Vyhodnocení kvality jablečného aroma v závislosti na kvalitě zpracovávaných jablek.
3. Diskuse získaných výsledků a formulace závěrů práce.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

[1] SUS, Josef. 365 dnů s ovocem – nové rady pro pěstitele. 1. vyd. Víkend, 2001. ISBN 80-7222-147-7.

[2] JÍLEK, Jan. Učebnice zavařování a konzervace. Olomouc: FONTÁNA, 2001. ISBN 80-86179-67-2.

[3] AUGUSTÍN, Jozef. Dobrou chuť! Tajemství chutí a vůní. Praha: NAKLADATELSTVÍ XYZ, 2009. ISBN 978-80-7388-025-5.

[4] DAVÍDEK, Jiří, JANÍČEK, Gustav, POKORNÝ, Jan. Chemie potravin. 1. vyd. Praha: SNTL Nakladatelství technické literatury, 1983. 632 s. 04-815-83.

[5] GÄRTNER, Harald, HOFFMANN, Manfred, SCHASCHKE, Horst, SCHÜRMAN, Ina Maria. Compendium chemie. 1. vyd. Přeložili doc. RNDr. Ladislav LEŠETICKÝ, CSc., a RNDr. František ZEMÁNEK. Euromedia Group, k. s. Knižní klub v edici Universum, 2007. ISBN 978-80-242-2012-3.

Vedoucí diplomové práce:

**doc. Ing. Pavel Valášek, CSc.**

Ústav analýzy a chemie potravin

Datum zadání diplomové práce:

**20. ledna 2015**

Termín odevzdání diplomové práce:

**24. dubna 2015**

Ve Zlíně dne 20. ledna 2015

doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.

*děkan*



Ing. Jiří Miček, Ph.D.

*ředitel ústavu*

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby<sup>1)</sup>;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3<sup>2)</sup>;
- beru na vědomí, že podle § 60<sup>3)</sup> odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60<sup>3)</sup> odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 12. 4. 2015

*Marcela Horáková*  
.....

<sup>2)</sup> zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

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

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

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

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

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

<sup>3)</sup> zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

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

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

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

## **ABSTRAKT**

Diplomová práce se zabývá sledováním jablečného aroma, jeho kvality v závislosti na kvalitě jablek zpracovávaných na jablečný koncentrát. Teoretická část popisuje odrůdy jablek nejčastěji používaných k lisování, následuje chemické složení jablek s důrazem na jablečné aromatické látky. Dále je popsáno získávání jablečného aroma a posouzení jeho kvality a stanovení aromatických látek pomocí plynové chromatografie s hmotnostně spektrální detekcí. V praktické části byly odebírány vzorky v průběhu sezony zpracování jablek, které byly analyzovány plynovou chromatografií, provedeny další rozbory a senzorické hodnocení. Byly porovnány výsledky za celou sezonu zpracování jablek.

Klíčová slova: jablka, lisování jablek, aromatické látky, odpařování, plynová chromatografie, hmotnostní spektrometrie.

## **ABSTRACT**

This diploma thesis deals with the monitoring of apple aroma and its quality according to the quality of apples used for apple concentrate. Theoretical part describes apple varieties most commonly used for pressing, followed by chemical composition of apples which emphasizes the apple flavoring substances. Following chapters describe the extraction of apple aroma and definition of aromatic substances using gas chromatography with mass spectral detection. Samples taken during the apple processing season were analyzed in the practical part using gas chromatography and additional tests and sensory evaluation. The results gained during the apple processing season were compared.

Keywords: apple, pressing apples, aroma compound, evaporation, gas chromatography, mass spectrometry.

## Poděkování

Ráda bych poděkovala svému vedoucímu práce, doc. Ing. Pavlu Valáškoví, CSc., za odborné vedení diplomové práce a za věnovaný čas, ochotu a cenné rady a připomínky poskytované v průběhu zpracování práce.

Také bych chtěla poděkovat paní Ing. Lence Fojtíkové za rady a pomoc v laboratoři.

V neposlední řadě děkuji své rodině a všem blízkým za podporu po celou dobu studia.

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

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>10</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>11</b>
<b>1 CHARAKTERISTIKA JABLONÍ A ODRŮDY</b> .....	<b>12</b>
1.1 BOTANICKÉ ZAŘAZENÍ .....	12
1.2 POMOLOGICKÉ TŘÍDĚNÍ JABLONÍ.....	12
1.3 ODRŮDY JABLONÍ.....	14
1.3.1 Jadernička moravská .....	14
1.3.2 Golden Delicious.....	15
1.3.3 Idared.....	15
1.3.4 Šampion.....	16
1.3.5 Gala .....	16
1.3.6 Jonagold .....	17
<b>2 CHEMICKÉ SLOŽENÍ JABLEK</b> .....	<b>18</b>
2.1 VODA .....	18
2.2 SACHARIDY .....	18
2.3 ORGANICKÉ KYSELINY .....	19
2.4 VITAMINY .....	20
2.4.1 Vitamin C.....	20
2.4.2 Vitamin A.....	20
2.4.3 Vitamin B1 .....	21
2.4.4 Vitamin B2 .....	21
2.5 TRÍSLOVINY .....	21
2.6 MINERÁLNÍ LÁTKY (POPELOVINY).....	21
2.7 ENZYMY .....	22
2.8 AROMATICKÉ LÁTKY OVOCE.....	23
2.8.1 Uhlovodíky.....	24
2.8.2 Alkoholy.....	25
2.8.3 Karbonylové sloučeniny.....	26
2.8.4 Karboxylové kyseliny .....	26
<b>3 AROMATICKÉ LÁTKY JABLEK</b> .....	<b>27</b>
3.1 VLIV TECHNOLOGICKÝCH PROCESŮ A SKLADOVÁNÍ NA KVALITU JABLEČNÉHO AROMA .....	28
<b>4 ZÍSKÁVÁNÍ AROMATICKÝCH LÁTEK Z JABLEČNÉ ŠŤÁVY</b> .....	<b>30</b>
4.1 SKLADOVÁNÍ OVOCE .....	30
4.2 PRANÍ A TŘÍDĚNÍ .....	31
4.3 DRCENÍ A ÚPRAVA DRTĚ PŘED LISOVÁNÍM .....	31
4.4 LISOVÁNÍ .....	32
4.4.1 Faktory a zásady ovlivňující proces lisování .....	34
4.5 JÍMÁNÍ AROMATICKÝCH LÁTEK .....	34
4.5.1 Zařízení a princip získávání jablečného aroma .....	35
<b>5 SOUDOBE METODY STANOVENÍ AROMATICKÝCH LÁTEK</b> .....	<b>37</b>



5.1	PLYNOVÁ CHROMATOGRRAFIE .....	37
5.1.1	Základní části plynového chromatografu .....	38
5.1.1.1	Nosný plyn .....	38
5.1.1.2	Dávkovací zařízení – injektor .....	39
5.1.1.3	Kolona .....	39
5.1.1.4	Termostat .....	40
5.1.1.5	Detektor .....	40
5.1.1.6	Vyhodnocovací zařízení .....	42
5.1.2	Dvourozměrná plynová chromatografie.....	42
5.2	HMOTNOSTNÍ SPEKTROMETRIE.....	42
5.2.1	Kombinace GC-MS.....	44
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>		<b>45</b>
<b>6</b>	<b>MATERIÁL A METODIKA JEDNOTLIVÝCH STANOVENÍ .....</b>	<b>46</b>
6.1	ANALYZOVANÝ MATERIÁL.....	46
6.2	STANOVENÍ REFRAKTOMETRICKÉ SUŠINY .....	47
6.2.1	Princip metody .....	47
6.2.2	Pomůcky a přístroje.....	47
6.2.3	Pracovní postup .....	47
6.3	STANOVENÍ TITRAČNÍ KYSELOSTI.....	48
6.3.1	Princip metody .....	48
6.3.2	Pomůcky a přístroje.....	49
6.3.3	Pracovní postup .....	49
6.4	SENZORICKÉ HODNOCENÍ .....	49
6.5	STANOVENÍ AROMATICKÝCH LÁTEK METODOU GC-MS .....	50
6.5.1	Princip metody .....	50
6.5.2	Pomůcky a přístroje.....	51
6.5.3	Pracovní postup .....	52
<b>7</b>	<b>VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ A DISKUSE .....</b>	<b>54</b>
7.1	STANOVENÍ REFRAKTOMETRICKÉ SUŠINY .....	54
7.2	STANOVENÍ TITRAČNÍ KYSELOSTI.....	55
7.3	VÝSLEDKY SENZORICKÉHO HODNOCENÍ.....	55
7.4	STANOVENÍ AROMATICKÝCH LÁTEK METODOU GC-MS .....	56
7.4.1	Identifikace složek jablečného aroma a jejich poměrné zastoupení v hexanových extraktech.....	60
7.4.2	Identifikace složek jablečného aroma a jejich poměrné zastoupení v neupravených vzorcích jablečného aroma .....	66
7.4.3	Srovnání jednotlivých typů vzorků .....	71
7.5	SHRNUTÍ ZÍSKANÝCH VÝSLEDKŮ.....	72
<b>ZÁVĚR .....</b>		<b>73</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>		<b>74</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>		<b>80</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>		<b>81</b>
<b>SEZNAM TABULEK.....</b>		<b>82</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>		<b>83</b>

## ÚVOD

V současnosti konzumuje přírodní produkty stále více lidí a pojem „ZDRAVÍ Z PŘÍRODY“ se stává běžně užívaným termínem. Je to tím, že spotřebitelé, díky zrychlenému životnímu tempu, častým stresovým situacím a nadměrnému pracovnímu vyčerpání, mají tendenci alespoň částečně dodržovat správnou životosprávu. Ta klade důraz na to, aby byla strava nejen plnohodnotná, ale i pestrá a chutná. Kromě základních látek by měla obsahovat také určité doplňkové živiny a chuťové a aromatické látky, přičemž preferovány jsou látky přírodní.

Důležitou roli v této oblasti zaujímá ovoce, a to jak z hlediska přímého konzumu, tak i z hlediska průmyslového zpracování. Největší podíl připadá na jablka, která jsou jedním z nejdůležitějších ovocných druhů pěstovaných u nás, a potravinářský průmysl se bez nich téměř neobejde. Využívají se na výrobu sterilovaných protlaků, jsou základní surovinou pro výrobu džemů, nápojů (šťávy, sirupy, ovocná vína), z jablečných výlisků se vyrábí pektin, z čerstvých jablek kompoty. Velmi cenným polotovarem je jablečné aroma, které je vedlejším produktem při výrobě jablečného koncentráту. Získává se z čerstvě vylisované jablečné šťávy destilací s následnou rektifikací na speciálních odparech a do konečných výrobků se vrací formou tzv. rearomatizace.

Charakter jablečného aroma je ovlivněn působením stovek až tisíců odlišných chemických sloučenin, jejichž základ tvoří alkoholy, karbonylové sloučeniny, karboxylové kyseliny a jejich estery. Zastoupení jednotlivých látek je variabilní a zároveň důležitým ukazatelem při posuzování kvality aroma. Hlavní náplní této diplomové práce je zjistit, zda v průběhu celé sezony lisování dochází vlivem měnící se kvality zpracovávané suroviny i ke změnám ve složení aroma, a v případě že ano, zda tyto změny mají na celkovou kvalitu jablečného aroma vliv. Jelikož je celý proces lisování hodně variabilní, je velmi složité přesně určit aromata jednotlivých odrůd jablek. Výsledky tudíž nevyjadřují zastoupení aromatických látek v jednotlivých konkrétních odrůdách, ale v jejich reálném souboru, který je výsledkem výkupu, svozu a uskladnění suroviny v průmyslovém měřítku. Tyto skutečnosti jsou patrné z přílohy P III.

Práce byla vytvořena se souhlasem a pro potřeby firmy Linea Nivnice, a.s.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 CHARAKTERISTIKA JABLONÍ A ODRŮDY

První zmínky o jabloních se pojí s antickou literaturou. Ta začala rozlišovat rozmanitost plodů jabloně a začala se vyskytovat jejich různá pojmenování. Římané je systematicky šlechtili. Ve druhém století př. n. l. zaznamenal Kato půl tuctu odrůd, v prvním století n. l. znal Plinius již tři tucty. V současné době existuje víc než pět tisíc jmen odrůd, které reprezentují více než dva tisíce rozdílných klonů. Několik stovek z nich si můžeme běžně opatřit v sadařských školkách [1, 2].

Na našem území se za původní domácí druh pokládá jabloň lesní. Byla součástí řídkých, světlých křovinatých lesních porostů a jednou z nejpřirozenějších oblastí jejího dřívějšího výskytu byla oblast Bílých Karpat. Z ovocnářského hlediska ale nemá v současné době prakticky žádný význam, protože ve školkařské a semenářské praxi je jabloň lesní nepoužitelná [1].

### 1.1 Botanické zařazení

Rod *Malus* (jabloň) řadíme do čeledi *Rosaceae* (růžovité), podčeledi *Maloideae* (jabloňovitě). Z četných planě se vyskytujících jabloní sem patří např.: *Malus sylvestris* Miller (jabloň lesní), *Malus x domestica* Borkh. (jabloň domácí), *Malus floribunda* (jabloň mnoho květá) a *Malus baccata* (jabloň drobnoplodá) [3].

Na vzniku evropských kulturních odrůd se podílely zejména druhy *Malus sylvestris*, *M. pumila* (jabloň nízká), *M. prunifolia* (mrazu- a suchovzdorná) a *M. baccata* [3].

V současné době se kulturní odrůdy jabloní zjednodušeně řadí do hybridního druhu *Malus x domestica* Borkh. (jabloň domácí). Značný význam má *Malus floribunda* (jabloň mnoho květá), z níž byly vyšlechtěny odrůdy rezistentní vůči strupovitosti. Tvar plodů je proměnlivý – od kulovitých jablek přes zploštělé bochánky až po téměř kuželovité. Rozmanitá je dužnina – chrupavá až kašovitá, suchá či šťavnatá, kyselá, navinulá, hořká, jemná i aromatická [2, 3].

### 1.2 Pomologické třídění jabloní

Pomologie je dnes definována jako nauka o druzích a odrůdách ovocných plodin. Studuje, posuzuje a popisuje především jejich morfologické znaky. Obecně nejznámější jsou popisy plodů odrůd. K pomologickým znakům patří též rozlišnosti např. kořenového systému,

kmene a větví, morfologické znaky listů, květenství a pupat, fyziologické vlastnosti, jako je intenzita růstu, schopnost větvení, obrůstání, doba zrání, upotřebitelnost atd. Nejdůležitějšími a nejspolehlivějšími faktory pro rozeznání odrůd jsou plodové znaky, které se dělí na vnější (velikost plodů, jejich vyrovnanost, výška, největší šířka) a vnitřní (dužnina, jádřínek, cévní svazky) [1].

Pomologicky se jabloně řadí do skupiny jádrovin a patří mezi klasické zahradní ovocné dřeviny. Existují stovky různých odrůd, z nichž každá nese jablka s osobitou chutí, s různou rezistencí k chorobám a velikostí úrody. Odrůdy se rozdělují podle doby zrání na rané (letní), podzimní, pozdně podzimní až raně zimní, zimní a pozdně zimní [3, 4].

Rozlišujeme sklizňovou zralost, kdy jsou plody lehce odlučitelné od plodonoše, slupka je vybarvená, se světlejším odstínem, semena jsou nahnědlá nebo hnědá. Dále je to konzumní zralost, při které plody dosahují optimální chuti. Letní odrůdy mají konzumní zralost současně se sklizňovou nebo krátce po ní. Podzimní odrůdy konzumně dozrávají za 2-8 týdnů, raně zimní za 8-12 týdnů a pozdně zimní za 12-24 týdnů po sklizňové zralosti. Letní jablka a velmi rané odrůdy se sklízí teprve tehdy, až jsou zcela zralé, to znamená, že jádra musí být hnědá. Rané odrůdy jsou určeny k okamžité spotřebě, na kompoty a koláče, na šťávy a mošty. Pozdní druhy - tedy jablka na uskladnění - se sklízí před konzumní zralostí. Podle odrůdy se tedy jablka sklízí od července do listopadu [3, 5].

Jabloně rády rostou ve vlhku, chladnu a vánku, na západní nebo východní straně zahrad, ve velmi teplých oblastech dokonce na severní straně. Na příliš suchém a teplém místě zůstávají stromy malé a jsou napadnutelné škůdci a chorobami. Mají ploché kořeny, ale potřebují hlubokou, humózní půdu. V příliš suché půdě chřadnou. Hlavní oblasti pěstování jabloní jsou od nížin až do podhůří, kde plody sice dozrávají později, ale bývají aromatictější a trvanlivější. V teplých oblastech jsou plody cukernatější, dříve dozrávají a jsou méně trvanlivé. Některé zimní odrůdy jsou však velmi náročné na teplotu a potřebnou kvalitu získají jen v příznivých oblastech při závlaze (Golden Delicious, Jonagold aj.) [3, 5].

Všechny odrůdy jabloní jsou většinou cizosprašné (nemohou se opylovat vlastním pylem). Aby mohly plodit, musí být v nejbližším okolí vysazena jiná odrůda kvetoucí přibližně ve stejnou dobu, která zabezpečí správné oplodnění [6].

### 1.3 Odrůdy jabloní

Rozlišují se stolní (tržní) odrůdy, které lze jíst přímo ze stromu nebo teprve po delším skladování v chladném sklepě, a moštové, které se zpracovávají jen na mošt nebo šťávu. Většina dnes známých odrůd se řadí k odrůdám stolním. Moštová jablka mají plody menší, jsou více hořká a trpká a používají se výhradně k výrobě moštu. Nechávací se na stromech co nejdéle, aby byla co nejměkčí a nejcukernatější. Při setřásání se ale snadno poškodí, a tak je nejlepší je neskladovat, ale okamžitě lisovat. Oproti stolním jsou ale odolnější, pěstují se jako vysokokmeny na silných podnožích a můžeme je pěstovat takřka kdekoliv s výjimkou trvale podmáčených nebo zcela vyprahlých míst [2, 5].

Jak už bylo zmíněno, rozdělují se odrůdy jabloní na rané (letní), podzimní, pozdně podzimní až raně zimní, zimní a pozdně zimní. V našem Registru – Seznamu odrůd zapsaných ve Státní odrůdové knize k datu 1. 7. 2000 je 73 odrůd jabloní [6].

- **Letní odrůdy:** Daria, Discovery, Hana, James Grieve, James Grieve Red, Mio, Průsvitné letní, Mantet.
- **Podzimní:** Akane, Diadém, Parména zlatá, Prima, Summerred.
- **Pozdní a zimní:** Bohemia, Gala, Coxova reneta, Gloster, Golden Delicious, Idared, Jonagold, Jonathan, Matčino, Ontario, Rubín, Spartan, Šampion, Zvonkové [3, 5].

Při zpracování diplomové práce obsahoval použitý materiál zejména tyto odrůdy: Golden Delicious, Idared, Šampion, Gala a Jonagold. Z původních odrůd můžeme jmenovat např. Jaderničku Moravskou.

#### 1.3.1 Jadernička moravská

Jedná se o lokální odrůdu Valašska - většina ovocnářské a pomologické literatury uvádí, že odrůda je původem z Valašska, popřípadě z Moravy. Nejstarší písemný doklad je z roku 1764. Odrůda se v současnosti vyskytuje téměř ve všech starších zahradách na Valašsku. Byla zjištěna též ve starých sadech na Hané, Slovácku a Slezsku. V pomologické literatuře se objevuje nejvěrohodnější vyobrazení jaderničky ve žlutém zbarvení bez líčka. Nejnovější poznatky dokazují, že odrůda je náchylná ke strupovitosti i k padlí, je drobnoplodá, plody se otláčí, skladováním přes vánoce ztrácí na kvalitě. Vyniká mrazuvzdorností, přes pozdní nástup do plodnosti (ve 12. - 15. roku) je velmi úrodná, plody málo hnijí. Roste zdravě a bujně, je vděčná za občasný průklest. Ve svém regionu je neobyčejně oblíbená, využívá se k přímému konzumu, k sušení, výrobě moštu, burčáku i pálenky [7].

### 1.3.2 Golden Delicious

Původ: Odrůda pochází z USA, kde vznikla jako náhodný semenáč koncem minulého století.

Vlastnosti plodu: Je středně velký, velikost však dost kolísá v závislosti na násadě plodů a zdravotním stavu stromů. Tvar je vysoce kulovitý, ke kalichu mírně zúžený. Slupka je většinou hladká (někdy se vyskytuje slabší rzivé mramorování), suchá, matně lesklá. Základní barva je zelenožlutá, později zlatožlutá, někdy s narůžovělým až slabě oranžovým líčkem. Dužnina je žlutavá, pevná, dosti jemná, šťavnatá. Chuť je navinule sladká, příjemně aromatická, při dobrém vyzrání plodů výborná.

Plodnost: Je raná, při správném výběru stanoviště a dobrém ošetřování vysoká a pravidelná. Podmínkou pravidelné plodnosti je probírka plůdku, zvláště při vysokých násadách plodů.

Odolnost: Strupovitostí trpí velmi silně, padlím jen středně. Vůči mrazům je středně citlivá, proti pozdním jarním mrazíkům v době květu je odolnější.

Doba zrání: V teplých oblastech se sklízí od poloviny září, ze středních poloh až v druhé polovině října. Konzumní zralost dosahuje v listopadu a vydrží do března až dubna. Během skladování vyžaduje vlhčí prostředí, jinak silně vadne.

Celkové zhodnocení: V teplých klimatických podmínkách je úrodná a přináší velmi kvalitní plody. Mezi hlavní nedostatky patří velká citlivost na strapovitost (vyžaduje intenzivní chemickou ochranu) a vysoké nároky na výběr stanoviště i polohy [3].

### 1.3.3 Idared

Původ: Odrůda byla vyšlechtěna v USA křížením odrůd Wagenerovo a Jonathan.

Vlastnosti plodu: Je střední velikosti až nadprůměrný. Tvar je kulovitý až ploše kulovitý. Slupka je hladká, lesklá, jen slabě mastná. Základní barva je žlutozelená, později nazele-nale žlutá. Z větší části bývá překryta jasně červeným líčkem, které v okrajových partiích přechází do červeného mramorování. Dužnina je bílá až slabě krémová, jemná, křehká, šťavnatá. Chuť je sladce navinulá, jemně aromatická.

Plodnost: Je raná, vysoká a pravidelná.

Odolnost: Silně trpí padlím a často i strapovitostí. Vůči mrazům je citlivější.

Doba zrání: Sklízí se v první a druhé dekádě října. Konzumně dozrává v prosinci a v dobrém sklepe vydrží až do jarních měsíců. Velmi dobře se skladuje, netrpí skládkovými chorobami.

Celkové zhodnocení: Předností je raná a vysoká plodnost, pěkný vzhled plodů, pozdní konzumní zralost a velmi dobrá skladovatelnost plodů. Mezi nedostatky patří silná náchylnost k chorobám, větší citlivost na mraz, v horších podmínkách při nedostatečném vyzrání plodů jen průměrná chuť [3].

#### 1.3.4 Šampion

Původ: ČR, záměrné křížení odrůd Golden Delicious x Coxova reneta, vyšlechtil Otto Louda, Střížovice.

Vlastnosti plodu: Plody jsou velké až větší, kulovité, ke kalichu mírně zúžené. Slupka je hladká, suchá až slabě mastná, jemná. Základní barva zelenožlutá, krycí červen, podle pěstitelských podmínek, přechází z výrazného žíhání v rozmyté líčko na větší části plodu. Dužnina je středně pevná, krémová až žlutavě bílá, jemná, šťavnatá. Chuť sladce navinulá, dobrá až velmi dobrá.

Plodnost: Velmi raná, vysoká a pravidelná.

Doba zrání: Plody se sklízí podle pěstitelských podmínek asi od 20. září do 10. října. Po dozrání mají tendenci propadávat, vhodná je postupná sklizeň. Konzumní zralost je od října do ledna, v chladírně a v řízené atmosféře je lze skladovat do května. Skládkovými chorobami trpí velmi málo.

Celkové zhodnocení: Kvalitní raně zimní odrůda, velmi plastická – lze ji pěstovat v různých klimatických oblastech včetně vyšších chladnějších poloh. Vyžaduje stálý udržovací popř. zmlazovací řez, je citlivá ke gumovitosti [3].

#### 1.3.5 Gala

Původ: Odrůda byla vyšlechtěna na Novém Zélandě, křížením odrůd Kiddę s Orange Red x Golden Delicious.

Vlastnosti plodu: Plody jsou střední až menší, tvar plodů je souměrný vysoce kuželovitý až mírně soudkovitý. Plody jsou tvarově vyrovnané. Slupka je slabě mastná, hladká nebo slabě síťovitě rzivá. Základní barva je zpočátku nažloutlá, později sytě žlutá. Krycí barva je



jasně červená a je naneseno mramorování a nepravidelné žíhání. Dužnina je pevná, chruplavá a přiměřeně šťavnatá. Chuť má sladší, mírně aromatickou, velmi dobrou.

Plodnost: Je středně raná, dosti pravidelná, středně vysoká.

Doba zrání: Sklizňová zralost nastává nejčastěji koncem září nebo začátkem října. Konzumní zralost nastává v prosinci, plody vydrží do března.

Celkové zhodnocení: Vzhledná a chuťově velmi dobrá odrůda. Vyžaduje dobrou chemickou ochranu proti chorobám [3].

### 1.3.6 Jonagold

Původ: Odrůda byla vyšlechtěna v USA křížením odrůd Golden Delicious x Jonathan.

Vlastnosti plodu: Plody jsou středně velké až větší. Tvar je dosti pravidelný, kulovitý až vysoce kulovitý. Slupka je slabě masná, hladká a středně pevná. Základní barva je zpočátku zelenavě žlutá, později žlutá. Krycí barva je oranžově červená a je nanesena mramorováním a nepravidelným žíháním v průměru asi na 50 % povrchu. Dužnina je dosti jemná, středně pevná, chruplavá a šťavnatá. Barvu má žlutavou. Chuť má sladce navinulou, mírně aromatickou, výbornou.

Plodnost: Je velmi raná, pravidelná a vysoká.

Doba zrání: Sklizňová zralost nastává nejčastěji začátkem října. Plody dobře drží na stromě. Při opožděné sklizni se však zkracuje jejich skladovatelnost. Konzumní období se nejčastěji pohybuje od prosince do března. V chladírně vydrží mnohem déle. Plody se poměrně dobře skladují.

Celkové zhodnocení: Úrodná, vzhledná a chuťově výborná odrůda, vhodná do teplejších stanovišť s lepšími půdami a dostatkem vláhy nebo při použití závlahy. Vyžaduje probírku plodů a dobrou chemickou ochranu proti chorobám [3].

## 2 CHEMICKÉ SLOŽENÍ JABLEK

Obsah jednotlivých látek v ovoci není stálý, kolísá v závislosti na odrůdě, způsobu pěstování, zralosti plodů, půdně-klimatických podmínkách a způsobu uskladnění. Jablka (zvláště šlechtěná jablka) mají poměrně tlustou slupku, pod kterou se nachází nejvíce vitamínu C, pektinu, barviv a aromatických látek. Nově šlechtěné odrůdy dávají pravidelnou úrodu s dobrými sensorickými vlastnostmi, mají často tužší slupku, avšak dužnina je šťavnatá, ve vůni a chuti aromatická, lákavá. Jablka obsahují průměrně kolem 81% vody, 15% rozpustných a 4% nerozpustných látek. Z organických kyselin převládá kyselina jablečná, v menším množství kyselina citronová. Zanedbatelný není ani vysoký obsah pektinu (více jak 2%), který podporuje trávení, vzbuzuje pocit nasycenosti, váže na sebe mnohé nežádoucí látky a zabezpečuje jejich transport z těla. Z vitaminů je nejdůležitější vitamin C (hlavně pod slupkou), vitamin B1 a B2 [8, 9].

### 2.1 Voda

Jablka obsahují 78 – 86 % vody a její obsah rozhoduje o šťavnatosti plodů. V zásadě platí, že plody sklizené ze suchého prostředí bývají chudší na vodu a bohatší na sušinu než ty, jež vyrostly ve vlhku. A stejně tak starší organismy obsahují více sušiny než organismy mladší [10, 11].

Určité množství vody pevně vážou koloidní částice plodu, proto je při zpracování jablek výtěžnost šťávy vždy nižší, než odpovídá obsahu vody v plodech. Vázaná voda se vyskytuje v ovoci v několika formách. Velmi důležitá je voda vázaná vodíkovými můstky na organické látky, hlavně na hydrofilní koloidy, jako například bílkoviny nebo pektiny [12].

Volná voda je prostředím pro většinu biochemických reakcí a mikrobiologických procesů, které způsobují změny, a její značný obsah je jednou ze základních příčin nežádoucích změn jablek. Tyto nepříznivé procesy lze odstraněním volné vody ze zpracovávaného ovoce zpomalit nebo dokonce i zastavit [12].

### 2.2 Sacharidy

Celkový obsah sacharidů se v jablkách pohybuje v rozmezí 10 – 15 %. Zpočátku má největší zastoupení škrob, který se v procesu dozrávání téměř úplně rozkládá na sacharózu a ta dále vlivem enzymů na jednoduché cukry, především na fruktózu (6,5 – 11,8 %) a glukózu (2,5 – 5,5 %). Přezráváním plodů se obsah cukrů opět snižuje [10].

K plně využitelným sacharidům v jablkách patří monosacharidy glukóza a fruktóza (jsou lehce stravitelné), disacharid sacharóza a polysacharid škrob. Obecně se první tři označují názvem cukry, protože udílí potravinám sladkou chuť. Největší sladivost z nich má fruktóza, potom sacharóza a nejmenší glukóza. K nevyužitelným sacharidům patří zase celulóza, hemicelulóza, pektiny a pentózany, označované souhrnně jako vláknina. Tyto nevyužitelné polysacharidy zvětšují objem stravy, ale nedodávají téměř žádnou energii. Jejich velkou výhodou je, že podněcují střevní peristaltiku k větší intenzitě, a tím snižují náchylnost k zácpě. V tenkém střevě jsou nevyužitelné, ale v tlustém slouží jako zdroj výživy sacharolytických bakterií. Denní příjem vlákniny by měl dosahovat 20 – 30g [13].

V průběhu technologického zpracování jablek mohou cukry (vzhledem k reaktivním funkčním skupinám) reagovat s dalšími látkami za vzniku různých zplodin, které mohou negativně ovlivnit jak vlastní technologický proces, tak jakost hotového výrobku. K nejdůležitějším patří reakce cukrů s aminokyselinami, tzv. Maillardovy reakce (reakce neenzymového hnědnutí), kdy vznikají nežádoucí hnědé polymerní melanoidy [12].

K technologicky nejdůležitějším látkám patří pektiny. Bývají příčinou tvrdosti nezralého ovoce a přispívají k pevnosti rostlinných pletiv. Nejvíce pektinů nalezneme ve slupce a jádřinci. Jedná se o lineární polysacharidy z glykosidicky vázaných molekul kyseliny D-galakturonové. Pektiny jsou ve vodě buď nerozpustné (tzv. protopektiny) nebo se účinkem kyselin či protopektináz hydrolyzují na rozpustné. Jsou schopné na sebe vázat vodu, čímž se výrazně podílí na hospodaření buněk s vodou. Mají význam při zrání ovoce – měknutí plodů je způsobeno právě přeměnou nerozpustných pektinů na rozpustné. Mají schopnost vázat toxické látky v trávicím ústrojí, zlepšují procesy trávení, rozpouštějí cholesterol a tím působí preventivně proti kornatění tepen a infarktu. V době sklizňové zralosti obsahují jablka 1,0 - 1,8 % pektinů, avšak s postupující zralostí se obsah snižuje na 0,2 - 0,9 % [10].

### 2.3 Organické kyseliny

Tvoří převážnou část kyselin ovoce, jsou velmi četné a chemicky rozdílné, vyskytují se buďto volné nebo vázané. A právě volné kyseliny ovlivňují do značné míry specifickou chuť.

Obsah kyselin v jablkách značně závisí na odrůdě a pohybuje se od 0,2 do 1,6 %. Z kyselin má rozhodující podíl kyselina jablečná a v menší míře kyselina citronová. Kyselina šťavelová je přítomná jen ve stopách. U kyselých odrůd jablek tvoří kyselina jablečná 90 %

všech kyselin, u jiných odrůd 30 – 50 %. Koncentrace kyseliny citronové je velmi nízká, např. u moštových jablek je obsah kyseliny citronové 1 – 3 % z celkového obsahu kyselin. Aby jablka měla dobrou chuť, je nutná určitá proporce mezi kyselinami a cukrem. Poměrem kyselin k cukrům je podmíněna také skladovatelnost jablek. Jablka s vysokým obsahem cukrů a kyselin mají i dobrou chuť [14].

## 2.4 Vitaminy

Vitaminy tvoří skupinu chemicky rozmanitých látek, které jsou nepostradatelné pro lidský organismus. Jablka obsahují zejména vitaminy A, C, B1 a B2. Jejich obsah závisí na odrůdě, na klimatických, půdních a agrotechnických podmínkách, na stupni zralosti, velikosti plodů, roční době, na způsobu uskladnění atd. Z technologického hlediska má na obsah vitaminů vliv zejména kyslík, světlo a teplo [5].

### 2.4.1 Vitamin C

Obsah nejdůležitějšího vitamínu C závisí na mnoha činitelích. Například jablka téže odrůdy vypěstovaná ve vyšších polohách obsahují tohoto vitamínu podstatně více než jablka z teplé oblasti. Jsou také podstatné rozdíly mezi odrůdami. Např. Maigold a Ontario obsahují více než 30 mg%, Boskoopské, Idared a Prima 20-30 mg%, Coxova, Golden Delicious nebo Jonagold 10-20 mg%, Gloster, Jonathan a Melrose 5-10 mg% a Oldenburgovo či Red Delicious méně než 5 mg% vitamínu C (1 mg% = 1 mg ve 100 g čerstvé dužniny). Nejvyšší obsah vitamínu C je ve slupce [6, 15].

Vitamin C je používán i jako doplněk stravy z důvodu jeho antioxidační aktivity. 100 g čerstvých jablek má antioxidační aktivitu ekvivalentní 1500 mg vitamínu C. Jablečné extrakty také inhibují růst jaterních nádorových buněk v závislosti na dávce. Výsledky výzkumů ukazují, že přírodní antioxidanty z čerstvého ovoce jsou účinnější než potravinové doplňky [16].

### 2.4.2 Vitamin A

Vitamin A je antioxidant a je rozpustný v tucích. Vyskytuje se v živočišných produktech, ale v rostlinných se nachází pouze ve formě provitaminů A, z nichž je nejdůležitější beta-karoten. Doporučená denní dávka je 1 mg, čemuž odpovídá 6 mg beta-karotenu. Jablka obsahují ve 100 g čerstvé hmoty 60 µg beta-karotenu. Během zpracování jej záhřev nijak zvlášť nepoškozuje, špatně snáší jenom vydatnější oxidaci vzdušným kyslíkem [12].

### 2.4.3 Vitamin B1

Ve 100 g jedlého podílu jablek je obsaženo 40 – 80 µg vitamínu B1 (thiaminu). Je stálý při vyšších teplotách (obdobně jako beta-karoten), zvláště v kyselém prostředí, tudíž se jeho obsah tepelným záhřevem příliš nesnižuje. Jeho účinnou formou je thiamindifosfát. Zapojuje se do komplexu neenzymového hnědnutí, ochranně působí na kyselinu askorbovou. Je ale poškozován některými cizorodými složkami potravin (SO<sub>2</sub>, NaNO<sub>3</sub>) [12].

### 2.4.4 Vitamin B2

Vitamínu B2 (riboflavinu) je v jablkách téměř poloviční množství než B1, 30 – 40 µg / 100 g jedlého podílu. Aktivními formami jsou flavinové kofaktory (FMN a FAD), které ve formě flavoproteinů působí jako kofaktory oxidoreduktáz. V kyselém prostředí je také stálý i během působení vyšších teplot při zpracování. Je ale ještě odolnější než thiamin. Oproti B1 ale riboflavin není stálý při ozáření viditelným světlem, kdy se odštěpuje ribózový zbytek [12, 13].

## 2.5 Třísloviny

Jsou to deriváty vícefunkčních fenolů, často vázané s cukry na složité estery. Jsou značně reaktivní a snadno se oxidují na polyfenolové sloučeniny až na tmavě zbarvené chinony. Na vzduchu se proto okysličují a hnědnou. V důsledku zpomalujícího účinku na fermentaci příznivě působí všude tam, kde bují zánětlivé a hnilobné procesy, nepříjemné zápachy a kde dochází k rozmnožování bakterií [12, 17].

U jablek způsobují třísloviny (převážně ze skupiny katechinů) mírnou natrpklost chuti. Jejich obsah nejčastěji kolísá u kulturních odrůd v rozmezí 0,02 – 0,3 %, divoce rostoucí plody mohou obsahovat až pětinasobné koncentrace. Při vyšším obsahu tříslovin, který je typický právě pro plané jabloně, se projevuje nepříjemná svíravá chuť. V nezralých plodech však převažuje tanin. Při zrání plodů se obsah tříslovin snižuje a zvýšeným obsahem cukrů se zastírá natrpklost chuti. Třísloviny způsobují i hnědnutí dužniny po rozkrojení [10].

## 2.6 Minerální látky (popeloviny)

Pro rostlinné a živočišné organismy jsou minerální látky buď přímo stavebním materiálem (Ca, P, Si), nebo činiteli fyziologických procesů, především složkami enzymů (např. Fe, Mg, K). Organismus si je nedovede sám vytvořit. Musí je přijímat pouze potravou. Jsou

velmi důležité i pro souhru s vitaminy, jejichž účinky by se bez minerálních látek nemohly projevit. Bez jejich pomoci by se vitaminy v organismu nemohly uplatnit, spojit a vstřebat [12, 18].

Jablka jsou významným zdrojem draslíku, fosforu, sodíku, vápníku, hořčíku a železa (nejvíce je draslíku). Na celkové hmotnosti čerstvých plodů se podílejí 0,2 – 0,6 %. U jednotlivých odrůd množství značně kolísá, krajové odrůdy jabloní mají většinou obsah minerálních látek vyšší. 100 g jedlé části jablek obsahuje např. 140 mg draslíku, 10 mg fosforu a 7 mg vápníku [10].

## 2.7 Enzymy

Enzymy jsou biokatalyzátory chemických reakcí a jsou vždy zcela specifické pro určité substráty a reakce. Každý enzym je také účinný pouze v určitém rozmezí pH a teplot. Při vyšších teplotách dochází k jejich inaktivaci z důvodu přítomnosti bílkovinné složky.

Jako příklad enzymů vyskytujících se v jablkách můžeme uvést např. fenoloxidázu (v menší míře peroxidázu), která způsobuje enzymové hnědnutí jablek. V přítomnosti vzdušného kyslíku při rozrušení pletiv oxiduje různé substráty, hlavně katechiny, leukoantokyany, kyselinu hydrokvořicovou a v přítomnosti fenolu i další flavonoidy. S hnědnutím se současně zhorší chuť a vůně a sníží se i obsah vitamínu C [11, 19].

Enzymy souvisí i s chutí jablek. Ta je tvořena např. kombinací esterových sloučenin, jejichž množství se výrazně zvyšuje během zrání. Bylo zjištěno, že konečný krok v biosyntéze esteru je katalyzován enzymem alkoholacylovou transferázou (AATs), která v jablkách využívá koenzym A (CoA) a alkohol jako substráty. Tento rekombinantní enzym může využívat alkoholy s krátkým až středně dlouhým přímým řetězcem ( $C_3 - C_{10}$ ), s rozvětveným řetězcem, ale i aromatické a terpenové alkoholy. Je schopen produkovat mnoho esterů (studie probíhala u jablek odrůdy Royal Gala), včetně esterů hexylu, butylacetátu a 2-methylbutyl acetátu, přičemž závisí na koncentraci substrátu. Při nízkých koncentracích alkoholu v substrátu enzym preferuje využití 2-methylbutanolu nad hexanolem, při vyšších koncentracích alkoholu preferuje ve větší míře hexanol než 2-methylbutanol [20].

Závěrem můžeme říci, že existuje mnoho faktorů, které přispívají ke schopnosti ovoce syntetizovat své charakteristické aroma. Mezi ně patří dostupnost substrátu, počet AATs, různé vlastnosti těchto enzymů při různých koncentracích substrátu atd. A právě vlastnosti

AATs mohou být dalším důležitým faktorem při pochopení toho, jak se jednotlivé chuťové profily ovoce v průběhu zrání mění [20].

## 2.8 Aromatické látky ovoce

Aromatickými látkami rozumíme veškeré vonné a chuťové látky, které tvoří komplexní sensorický vjem označovaný jako tzv. flavour (aroma) potravin. Jejich hlavní podíl se vytváří při tzv. klimakterickém stadiu zrání plodů [21].

Ovocné aroma je směsí různorodých látek, nepředstavuje jednotné, chemicky definované sloučeniny. Jeho koncentrace v ovoci je nepatrná, jenom 10 – 400 mg na 1 kg, a i když je jeho obsah v ovoci relativně velmi nízký, postačuje k dosažení odpovídajícího čichového i chuťového vjemu [22].

Z chemického hlediska je pojmem aromatické látky označována heterogenní směs těkavých organických sloučenin, tvořících se během zrání, skladování, technologického zpracování, činností enzymů nebo i vlivem mikroorganismů. Nejčastěji se jedná o alkoholy, karbonylové sloučeniny, estery, nižší mastné kyseliny a aminy. Většina z nich je ve vodě jen omezeně rozpustná, a proto jsou označovány také jako éterické oleje [9, 22].

Éterické oleje (silice) dodávají charakteristickou vůni a aroma. Mají povzbuzující účinky na trávicí soustavu organismu, omezují zánětlivé procesy a působí baktericidně. Z éterických olejů se vyrábějí základní látky pro kosmetický průmysl, aromatické složky prostředků na ošetřování chrupu a dutiny ústní, ochucovadla osvěžujících nápojů apod. [17].

Kvalita a množství vonných látek závisí na přírodních (klimatických) a vegetačních podmínkách, zralosti plodů, bonitě půdy, použitých hnojivech, času sběru, skladování apod. Všechny tyto i další podmínky, ovlivňující kvalitu a kvantitu aromatických látek, mají podstatný praktický význam [17].

Např. ve Francii na vysoké škole zemědělsko-potravinářské (ENITIAA) byly analyzovány pomocí sensorické a instrumentální analýzy aroma a textura u tří různých odrůd jablek, které byly sklizeny ve třech fázích zralosti (3 týdny před konzumní zralostí, v konzumní zralosti a 3 týdny po konzumní zralosti). Důraz analýzy byl kladen na identifikaci nejúčinnějších aromatických těkavých látek a úkolem bylo oddělit nejdůležitější z nich. Bylo detekováno 36 aromatických sloučenin, z nichž 24 bylo společných pro všechny extrakty. Byl zjištěn významný koeficient korelace mezi intenzitou vůně a celkovým množstvím těkavých látek, což ukazuje, že rozvoj smyslového aroma souvisí se zvyšujícím se množ-

stvím aromatických látek. Stanovení optimální zralosti jednotlivých odrůd podle obvyklých parametrů, jako je barva, průměr, celkové množství rozpustných látek a titrační kyselost, nemusí být proto dostatečné pro určení optimální sensorické jakosti pro spotřebitele. Množství aromatických látek v jablkách je tudíž klíčovým faktorem, který silně ovlivňuje kvalitu ovoce z hlediska spotřebitelského uznání, přičemž jejich detekce a analýza jsou často velmi pracné a časově náročné procedury. Je také třeba brát v úvahu skutečnost, že sensorická kvalita plodů se mění v průběhu zrání u každé odrůdy jinak [23, 24].

Aromatické látky mají také významnou dietetickou hodnotu. Budí reflexy zažívacího traktu, povzbuzují chuť k jídlu a zvyšují stravitelnost poživatin. Jsou však velmi těkavé (mají nízký bod varu) a při zvýšení teploty více nebo méně těkají, oxidují a podléhají degradaci (rozkládají se). Při konzervaci ovoce je tedy třeba postupovat velmi šetrně, aby byly co nejvíce zachovány. Nejvíce jsou ohroženy při sušení a zahušťování, během kterého odchází spolu s vodní parou. Moderní zařízení proto bývají vybavena tzv. jímači aromat, ve kterých se aromatické látky zachycují a koncentrují a mohou být znovu přidávány do hotových výrobků (rearomatizace) [12].

Aromatické látky se ve zvýšené míře nachází ve slupkách nebo těsně pod ní jako součást buněčných tekutin, některé se tvoří až při dlouhodobém skladování ovoce. Při tvorbě aromatických látek se jedná o glykolitický rozpad cukrů – hexóz (Krebsův cyklus), tvoří se mnohé organické kyseliny (propionová, pyrohroznová, citronová, octová, máselná apod.), z aminokyselin se tvoří vyšší alkoholy, které se postupně esterifikují. Dochází tak ke vzniku buketních aromatických látek, kladně ovlivňujících chuť a vůni skladovaného ovoce [17].

Podle původu se vonné a chuťové látky rozdělují do dvou základních skupin:

- primární sensoricky aktivní látky: v potravinách jsou přítomny jako produkty metabolismu a jsou produkovány vnitrobuněčnými procesy, vznikají v průběhu zrání,
- sekundární sensoricky aktivní látky: jsou přítomny ve volné nebo vázané formě, vznikají působením enzymatických procesů během skladování a zpracování.

### 2.8.1 Uhlovodíky

Tvoří velký podíl aromatických látek, a protože většina z nich je ve vodě jen omezeně rozpustná, označujeme je jako éterické oleje. Proto je také někteří autoři řadí mezi látky pří-



buzné tukům. Uhlovodíky vyskytující se v potravinách se podle struktury rozdělují na alifatické, aromatické a terpenové a dále na nasycené a nenasycené [25].

- **Vyšší alifatické uhlovodíky** se vyskytují hlavně jako doprovodné složky lipidů.
- **Aromatické uhlovodíky** se vyskytují jako přirozené složky potravin vzácně. Obecně nejrozšířenější je p-cymen, patřící ke složkám silic. Tyto uhlovodíky, zejména polycyklické, se většinou řadí ke kontaminujícím látkám. Jsou to složky kouře, vznikají pyrolýzou bílkovin, sacharidů, lipidů aj.
- **Terpenové uhlovodíky** tvoří aroma téměř všech druhů ovoce, zeleniny a koření a patří k hlavním složkám silic. Dělí se na monoterpeny ( $C_{10}$ ), které mohou být acyklické, monocyklické nebo bicyklické - např. myrcen, D-limonen, alfa-pinen, seskviterpeny ( $C_{15}$ ) – humulen a vyšší terpeny (triterpeny:  $C_{30}$  a tetraterpeny:  $C_{40}$ ), vyskytující se hlavně jako doprovodné látky lipidů.
- **Nasycené a nenasycené uhlovodíky (alkany, alkeny)** jsou doprovodnými látkami všech rostlinných olejů. Nižší alkany jsou navíc degradačními produkty lipidů, ethylen produkt metabolismu ovoce a vyšší alkany a alkeny jsou součástí vosků [26].

### 2.8.2 Alkoholy

V potravinách se vyskytují jako primární i sekundární látky, volné i vázané (jako acetaly, estery). Jejich rozdělení je velmi široké: alifatické, aromatické, heterocyklické a terpenové; nasycené a nenasycené; primární, sekundární a terciální; dioly (glykoly), polyoly, glycoly, cyklitoly; hydroxyaldehydy, hydroxyketony, hydroxykyseliny a aminoalkoholy [26].

V aromatických látkách se vyskytují zejména:

- **alifatické primární alkoholy**: nižší: metanol, etanol; vyšší: 3-metyl-1-butanol, 2-metyl-1-propanol
- **nenasycené alifatické primární a sekundární alkoholy**: 3-hexen-1-ol, 1-okten-3-ol. Jejich prekurzory jsou esenciální mastné kyseliny.
- **terpenové alkoholy**: acyklické, monocyklické a bicyklické (složky silic); monoterpeny ( $C_{10}$ ): geraniol, linalool; seskviterpeny ( $C_{15}$ ) a diterpeny ( $C_{20}$ ): farnesol, fytol; triterpeny ( $C_{30}$ ) a tetraterpeny ( $C_{40}$ ): karotenoidy
- **aromatické alkoholy**: hlavně v silicích: benzylalkohol. Je nejjednodušším z těchto alkoholů. Předpokládá se, že vzniká postupnou enzymovou redukcí benzoové kyseliny dehydrogenázami přes benzaldehyd [27].

### 2.8.3 Karbonylové sloučeniny

Patří k nejdůležitějším chuťovým a vonným látkám. Dělí se na aldehydy, ketony a oxokyseliny a vyskytují se jako primární i sekundární látky, vznikající např. Streckerovou degradací aminokyselin nebo degradací sacharidů a lipidů. Podrobněji je můžeme opět ještě dělit na alifatické, aromatické, heterocyklické nebo terpenové [26].

Příkladem **aldehydů** je metanal (formaldehyd), etanal (acetaldehyd), benzaldehyd, propanal, butanal, hexanal, furfural atd. Do **ketonů** patří aceton, diacetyl, 2-hexanon nebo acetofenon a do **oxokyselin** např. kyselina levulová, ze které dehydratací vzniká angelikalakton. Kromě dehydratace patří k nejvýznamnějším reakcím oxokyselin ještě dekarboxylace, aldolizace a reakce neenzymového hnědnutí [27].

### 2.8.4 Karboxylové kyseliny

Kyseliny se v ovoci uplatňují v mnoha směrech. Dodávají typickou chuť, jsou aktivátory trávicích enzymů, působí bakteriostaticky a ovlivňují některé nemikrobiální procesy. Řada karboxylových kyselin je prekurzorem dalších vonných látek, například esterů a laktonů. Jako vonné látky se uplatňují především nižší mastné kyseliny a aromatické kyseliny [12].

Nejvýznamnější kyselinou v jablkách je kyselina jablečná, v menší míře kyselina citronová. Ve velmi malém množství se v ovoci vyskytují např. kyselina šťavelová, chlorogenová (jedná se o ester kyseliny chinové a kávové), fumarová, mravenčí, glykolová, salicylová, octová, máselná. Ovoce je nejbohatší na kyseliny před dozráním, například u jablek je to až 3 % kyselin [26].

K nejdůležitějším vlastnostem karboxylových kyselin, které souvisejí s aromatickými látkami jablek, patří:

- organoleptické vlastnosti (kyselost, vznik solí)
- reakce s alkoholy za vzniku esterů.

### 3 AROMATICKÉ LÁTKY JABLEK

Už v roce 1920 uskutečnili Power a Chesnut první studii zabývající se chemickým složením aromatických látek jablek a později se touto problematikou zabývala řada dalších autorů, např. White. Dle jeho výsledků představovaly 92 % aromatických látek alkoholy, 6 % karbonylové sloučeniny a 2 % estery. Údaje však nelze považovat za rozhodující, protože obsah aromatických látek v jablkách kolísá [22].

V současné době je v jablečném aroma odhadováno přibližně kolem 300 těkavých sloučenin, přičemž na tvorbě typického aroma se podílí zejména nižší alifatické alkoholy a estery (zejména estery kyseliny octové, mravenčí a kapronové). Podle povahy převládajících složek potom někteří autoři dělí odrůdy jablek na odrůdy esterového či alkoholového typu. Oproti tomu karbonylové sloučeniny (těkavé aldehydy a ketony), které se v jablkách tvoří v průběhu zrání, jsou považovány za sloučeniny určující typické odrůdové aroma. Jsou obsaženy hlavně ve slupce a jejich obsah je u jednotlivých odrůd velmi kolísavý. Téměř vždy bývá přítomen i acetaldehyd. Někdy ho plody obsahují větší množství a v takovém případě se prozradí nepříjemnou vůní. Do této skupiny látek patří i etylen, který urychluje dozrávání plodů [10, 22].

Součástí aromatických látek v jablkách jsou, jak už bylo řečeno, i jiné sloučeniny, jejichž ucelený výčet dnes ještě není s největší pravděpodobností definitivní. Např. v roce 1950 White jako první identifikoval v koncentrátu aromatických látek nenasycený aldehyd 2-hexenal. Ten vzniká až při výrobě a skladování jablečné šťávy. Díky moderním instrumentálním metodám byly zase objeveny sloučeniny, vyskytující se v aroma ve stopovém množství, z nichž můžeme jmenovat např. methyl-2-methylbutanoát, isobutyl acetát, ethyl-2-methylbutanoát, isopentyl formiát, butyl acetát, hexyl acetát, hexenal a další [22, 28].

Nejčastější sloučeniny, které byly doposud identifikovány v koncentrátech jablečného aroma, jsou uvedeny v tabulce 1.

Tab. 1. Sloučeniny identifikované v koncentrátech jablečného aroma [29].

alkoholy	metanol, etanol, propanol, butanol, pentanol, hexanol, 2-metylpropanol, 2-metylbutanol, 3-metylbutanol, trans-2-hexen-1-ol
----------	--

estery	octan metylnatý a etylnatý, propionan etylnatý, máselnan etylnatý, 2-metylmáselnan etylnatý a hexylnatý, octan hexylnatý a 2-metylpropylnatý, mravenčnan metylnatý, octan 2-metyl a 3-metylbutylnatý
aldehydy	formaldehyd, acetaldehyd, propanal, 2-butanal, 2-metylpropanal, 3-metylbutanal, 2-metyl-2-pentanal, 3-hexenal, trans-2-hexenal, 2-etyl-2-hexenal, 2,2-dimetyl-3,4-pentadienal, nonanal, furfural, cyklopentylacetaldehyd, benzaldehyd
ketony	aceton, 2-butanon, 2-pentanon, 2-hexanon, acetofenon, diacetyl

### 3.1 Vliv technologických procesů a skladování na kvalitu jablečného aroma

Na tvorbu aromatických látek má vliv už samotné skladování jablek. Bylo zjištěno, že v jablkách, která jsou skladována v atmosféře vzduchu, se vytváří více alkoholů, esterů a ketonů, než v jablkách skladovaných v prostředí oxidu uhličitého [30].

Oxidační procesy a enzymatická činnost způsobují u jablek odbouráváním  $C_{18}$  nenasycených mastných kyselin tvorbu  $C_6$  aldehydů, jako je hexanal a trans-2-hexenal. Vznik těchto dvou aldehydů je doprovázen zvýrazněním vůně a chuti připomínající zelenou trávu. Delším stáním jablečné šťávy se obsah trans-2-hexenalu výrazně snižuje a obsah 1-hexanolu vzrůstá. Předpokládá se, že v tomto procesu se jedná o konverzi  $C_6$  aldehydů na příslušné alkoholy. Nižší vzrůst obsahu alkoholů oproti úbytku aldehydů je přitom možno vysvětlit tak, že za přítomnosti extraktivních látek (sacharidy, kyseliny, aminosloučeniny) dochází k interakci karbonylové skupiny s těmito složkami, přičemž vznikají ireverzibilní sloučeniny [22].

K velkým ztrátám aromatických látek dochází také během zahušťování jablečné šťávy, kdy se podle druhu může ztratit až 90 % aroma. Aby se těmto ztrátám zabránilo, před zahuštěním se aromatické látky zachytávají a poté se zpětně vrací do výrobku, respektive se mohou použít i k jiným účelům.

Odseparované aromatické látky se skladují odděleně a jsou relativně velmi stabilní. Při delším skladování za vyšších teplot se ale vlivem oxidace a zmýdelňování snižuje obsah karbonylových sloučenin a esterů a naopak přibývá mastných kyselin. Obsah alkoholů se

prakticky nemění. Také některé kovy, hlavně železo, měď a slitiny mědi a zinku, reagují s kyselými složkami aroma. Tyto reakce jsou pak doprovázeny vznikem nepříjemných vůní a pachutí [22].

## 4 ZÍSKÁVÁNÍ AROMATICKÝCH LÁTEK Z JABLEČNÉ ŠŤÁVY

Výroba nápojů patří k nejstarším odvětvím potravinářského průmyslu a z našeho ovoce jsou jablka nejdůležitější surovinou pro výrobu nápojů. Souvisí to se značným rozšířením jabloní v České republice i s tradicemi v pěstování. Na výrobu nápojů se zpracovávají zejména padaná a méně jakostní jablka, nejlepší uplatnění nachází podzimní a zimní odrůdy. Výlisnost se pohybuje kolem 70 % [31].

Šťávu z ovoce můžeme získat dvojím způsobem, a to lisováním nebo vyluhováním teplou vodou (extrakce), přičemž lisování je častějším způsobem. Také jablečná šťáva, která se používá na výrobu jablečného koncentráту a zároveň i k získávání jablečného aroma, se vyrábí lisováním.

K základním operacím získávání jablečného aroma patří: skladování ovoce, praní a třídění, drcení a úprava drtě před lisováním, lisování a následné jímání aromatických látek na aromatické odpařovací stanici.

Výroba poté pokračuje odkalením šťávy a následnou filtrací a zahuštěním na vakuové odparce, kdy se takto získá jablečný koncentrát. Těmito dalšími operacemi se ale nebudeme v této diplomové práci zabývat, protože už nesouvisí se získáváním jablečného aroma.

### 4.1 Skladování ovoce

Odolnost surovin vůči posklizňovým změnám je velmi odlišná. Prakticky vždy dochází v důsledku respirace a případného mechanického poškození ke ztrátám na kvalitě. Moderní technologie proto směřují k maximálnímu omezení skladování před zpracováním. Pokud je nutné surovinu skladovat delší dobu, mělo by se tak dít zásadně v chlazených prostorech, případně s využitím řízené atmosféry [32].

Jak už bylo výše uvedeno, na výrobu jablečné šťávy se zpracovávají nestandardní a padaná jablka. Takováto jablka se zpravidla ani neskladují a ze sadů, případně sběrných míst, se dopravují přímo k průmyslovému zpracování. Pokud ale nejsou denní teploty příliš vysoké, není několikadenní skladování (do 10 dní) na hromadách na betonových skládkách na závadu. Předpokladem ale je, aby jablka obsahovala co nejméně nahnilých plodů. Podlaha těchto skládek je spádována (se sklonem cca 2 %) k vodním splávkům, kterými se jablka dopravují do sběrné jímky na praní [31].

## 4.2 Praní a třídění

V praxi rozeznáváme dva základní typy čištění, a to čištění za sucha a mokrý způsob, tedy praní. Praní se používá pro suroviny s vyšším obsahem vody, kam řadíme i jablka. Proces probíhá ve třech fázích a provedení je odlišné pro různé suroviny, liší se i časová náročnost. První fází je **předmáčení**, při němž dochází k uvolnění nečistot z produktu a k odstranění nejhrubších nečistot. Následuje **vlastní praní**, tj. odstranění uvolněné nečistoty vhodným způsobem (pohybem prací vody, vzájemným otíráním suroviny či působením čisticích nástrojů) z povrchu prané suroviny. Závěrečnou fází je **sprehování**, tj. konečné opláchnutí omyté suroviny pitnou vodou [33].

Zařízení, na kterých se mokré čištění provádí, se označují jako pračky. S ohledem na rozmanitost materiálů zpracovávaných v potravinářských provozech se v praxi setkáváme s pračkami mnoha principů a konstrukcí. Pro tvrdou surovinu (jablka, brambory, cukrovka, kořenová zelenina atd.), která vydrží poměrně značné mechanické zatížení, jsou nejčastěji v provozech používány pračky bubnové, hřeblové a kartáčové [31].

Praním se jablka zbaví nečistot (kontaminantů) na úroveň vhodnou pro následující zpracování. Kontaminujícími látkami mohou být minerální látky (zemina, kameny), částice kovů (šrouby, špony), nepoživatelné části rostlin (listy, větévky), živočišné produkty (hmyz), chemikálie (rezidua hnojiv, postřiků), mikroorganismy (plísňe, kvasinky, bakterie), popř. produkty jejich činnosti (toxiny, barviva) [33].

Očištěná jablka se dále třídí podle jakosti. Jedná se převážně o ruční třídění na inspekčních pásech (dopravnících), kdy se vyřazují především mikrobiálně napadená jablka nevhodná pro další zpracování. Je to činnost nesmírně náročná na pozornost pracovníků a zároveň namáhavá práce. Proto je nutné zajistit obsluze dobré pracovní podmínky a její nutnou obměnu během směny. Dopravník by neměl být zcela zaplněný a surovina na něm by se měla pohybovat v jedné vrstvě [33].

## 4.3 Drcení a úprava drtě před lisováním

Vytříděná a očištěná jablka se drtí z důvodu snadnějšího lisování a zvýšení výlisnosti. Existují různé druhy drtičů, z nichž jsou pro lisování jablek vhodné pilkové nebo talířové drtiče, které bývají umístěny jako samostatné stroje [31].

Rozdrtit by se mělo vždy jen tolik ovoce, kolik je možno po rozdrcení a úpravě vylisovat, aby se zabránilo zbytečnému prodlévání. Jablečná drť totiž velice rychle hnědne. Znamená

to zpracovávat ovoce postupně, v určitých dávkách, jejichž velikost je určena kapacitou lisování [32].

Funkce úpravy drtě spočívá v rozkladu pektinových látek, které jsou součástí mezibuněčného pojiva. Tím dojde k rozpadu ovocných pletiv, sníží se viskozita šťávy, lisování je snadnější a zvýší se opět vylisnost. K těmto úpravám patří:

- odležení drtě - je to nejjednodušší způsob úpravy. Buňky se umrtví a působením enzymů obsažených v jablkách se částečně rozloží pektiny. U šťáv na výrobu nealkoholických nápojů může být doba odležení maximálně 6 – 12 hodin podle teploty. K nevýhodám patří nebezpečí nakvašování.
- pektolýza – jedná se o přídavek pektolytických enzymů k drti formou přípravků, které se získávají z mycelia plísně rodu *Aspergillus*. Enzymy se k drti přidávají ve formě vodného roztoku a nechávají se působit 3 – 6 hodin. Tento způsob se doporučuje u ovoce s vysokým obsahem pektinu (kromě jablek jsou to např. třešně nebo rybíz) [31].

Ve firmě Linea Nivnice, a. s., se provádí pektolýza např. pomocí speciálního enzymatického přípravku ROHAPECT® MA PLUS německé firmy AB Enzymes GmbH. Jedná se o světle hnědý tekutý produkt s charakteristickou vůní, který je určen k ošetření rozdrceného jádrového ovoce a hroznů. Používá se zředěný 1 – 5 % roztok, který se dávkuje během drcení při 10 – 30 °C a nechává se bez míchání 30 - 60 min působit. Během této doby dojde k pektolýze, čímž se zvýší vylisnost a dosáhne se vyšších výnosů šťávy.

#### 4.4 Lisování

Technologie lisování byla používána již ve starověku a první lisy byly vsádkové konstrukce. Další vývoj se ubíral podle charakteru působící síly a poslední vývojový stupeň představují lisy hydraulické a pneumatické.

Základním zařízením pro lisování jablečné šťávy je horizontální hydraulický lis s přerušovaným pracovním postupem (typ Bucher-Guyer). Základ tvoří horizontální ced'ák, který se naplní ovocem (celkem 10000 – 12000 l drtě), zasune se píst a začíná lisování. Tlak pístu se v průběhu procesu přizpůsobuje podle charakteru suroviny, ced'ák se může během lisování otáčet pro usnadnění odtékání šťávy. Lisování pak probíhá následovně (dle lisování v Nivnici):



1. **Plnění** – první nabrání 6000 l suroviny, která se lisuje do dosažení automaticky nastavené polohy pístu. Poté se postup po přidavku 1500 litrů drtě vždy opakuje (nabrání a lisování), dokud není v ceďáku lisu celá dávka pro jedno lisování (max. 12000 l drtě).
2. **Lisování** – separuje se vylisovaná šťáva z rostlinných pletiv (buněk) působením tlakových sil v lisu (1,2 – 1,6 MPa), kdy dochází k postupnému stlačování a vytékání šťávy přes ceďák. Průměrná doba je 40 – 50 min. dle charakteru suroviny.
3. **Vyslazování (extrakce výlisků)** – k vylisované drti se přidá 600 l vody a po 2 minutách míchání otáčením ceďáku se opět 40 minut lisuje. Extrakce výlisků může ale způsobit nadměrné vymývání složek, které zhoršují kvalitu šťávy. Proto smí být šťáva získaná lisováním s následnou extrakcí výlisků používána jen jako polotovár pro výrobu koncentrátu.
4. **Vyprázdnění** – v poslední fázi dochází k postupnému otevírání pláště lisu a k vysypávání drtě na dopravníkový pás až do úplného vyprázdnění lisu. Tak jako všechny předešlé, tak i tato fáze je předem naprogramována a dále prováděna automaticky. Nastavení programu (např. doba lisování, tlak, množství drtě nebo vody) lze ale kdykoliv upravit z důvodu zajištění co nejvyšší výtěžnosti a efektivnosti výroby.



Obr. 1. Hydraulický lis Bucher HPX 5005i.

Při použití pektolýzy ovocné drtě před lisováním a v kombinaci s extrakcí výlisků lze lisováním převést z ovoce do odlisované šťávy až přes 90 % rozpustné sušiny. Vylisované šťávy se zahušťují na odparkách na koncentrát s obsahem sušiny nejčastěji mezi 65 – 70 %. Ten se pak používá jako základní surovina při výrobě ovocných šťáv, sirupů, limonád, ovocných vín atd. U získané šťávy se hodnotí subjektivně barva, vůně a chuť, z chemických ukazatelů se nejčastěji stanovuje refraktometrická sušina a obsah kyselin [31].

#### 4.4.1 Faktory a zásady ovlivňující proces lisování

- a) Zralost a růstové podmínky zpracovávaného materiálu v prvovýrobě.
- b) Stupeň narušení pletiv, buněk a buněčných stěn – lze ovlivnit předcházejícími procesy jako je např. desintegrace a pektolýza.
- c) Tlakový profil – volí se podle mechanických vlastností zpracovávaného materiálu. Zahrnuje rychlost nárůstu tlaku, dobu lisování a maximální dosažený tlak. Lisuje se přerušovaným tlakem, aby šťáva odtékala snadněji; nesmí se lisovat rychleji, než stačí šťáva odtékat; nechává se odtékat maximální množství samotoku; tlak v ovocné drti nemá být vyšší než 1,6 MPa.
- d) Drť se musí plnit do komory lisu rovnoměrně.
- e) Všechny součásti přicházející do kontaktu s drtí a šťávou musí být z nekorodujícího materiálu a nesmějí jakýmkoliv způsobem ovlivňovat jakost šťávy.
- f) Celé zařízení se musí udržovat v naprosté čistotě [31, 33].

#### 4.5 Jímání aromatických látek

Jak už bylo řečeno v předchozích kapitolách, aromatické látky ovocných šťáv jsou tvořeny různorodými organickými látkami (alkoholy, estery, karbonylové sloučeniny atd.), které jsou těkavější než voda. To je potom důvod, proč tyto látky unikají při zahušťování šťávy hned v prvních podílech brýdových par. Získané koncentráty a následně výrobky z nich by pak byly ochuzeny o důležité sensoricky významné složky. Abychom tomuto úniku zabránili, jsou dnešní moderní odpařovací stanice na výrobu ovocných koncentrátů vybaveny zařízením pro jímání aromatických látek.

V případě, že se tohoto zařízení využívá, je podíl aromatických látek u jablek největší v prvních 10 % brýdových par a např. u višně v prvních 15 % brýdových par. Tento první podíl se jímá, zahušťuje rektifikací a po zchlazení je možno ho skladovat a používat až 1

rok jako koncentrát aromatických látek. Opětovné vrácení aroma při ředění koncentrátu tak umožňuje zachovat vůni, jakou měla původní šťáva. Vedle toho ještě jímač pasteruje šťávu a umožňuje její zpracování čeřením a úpravu teploty na optimální hodnotu (45 – 50 °C) [31, 34].

U cenných barevných šťáv (např. jahodová a rybízová šťáva) se aroma získává za sníženého tlaku a tedy i při nižší teplotě, protože jejich aromatické a barevné látky jsou tepelně velmi citlivé. Výťažnost aroma při odpařování za vakua je nižší, jelikož se při nižších teplotách některé aromatické látky odpařují pomaleji. S brýdovými parami, obsahujícími aroma, odcházejí ze šťáv i nezkondenzované plyny, které s sebou nesou i část snadno těkavých aromatických látek. Aby se tyto těkavé látky neztratily, prochází nezkondenzované plyny promývací kolonou s chladným kondenzátem aroma, kde probublávají [35].

#### 4.5.1 Zařízení a princip získávání jablečného aroma

Zásadní obrat při řešení problému oddělování a zpětného použití aromatických látek nastal až v roce 1944, kdy Milleville a Eskew navrhli první úspěšné zařízení k oddělování a koncentraci aromatických látek z jablečné a hroznové šťávy. Na tomto zařízení bylo získáno až 800 násobné aroma. Aromatické látky byly ze šťávy vydestilovány, rektifikovány a rektifikát ještě probublával nezkondenzovaným podílem. Později byly vyvinuty další zdokonalené varianty tohoto zařízení pracující na stejném principu, ale konstrukčně odlišné [35].

Například ve společnosti Linea Nivnice se k získávání jablečného aroma používá zařízení typu A 5000, číslo 466, které vyrobil strojírenský závod „Červeno Zname“ Stará Zagora dle licence UNIPEKTIN AD – Švýcarsko. Jeho popis je následující:

Základním prvkem zařízení je vodorovný trubkový odpařovač s vestavěným ohříváčem, umístěným na rámu.

Do odpařovacího tělesa je vestavěn předseparátor prvotního oddělení dearomatizované šťávy a separátor koncového oddělení kapek šťávy od druhotné páry.

Na rámu je rovněž umístěn rektifikační sloupek, který je spojen se separátorem. K němu se připojuje kondenzátor pro rozředění aromatických látek a rozředěné aroma se hromadí v zásobníku – chladiči.

K zařízení patří také lamelový výměník tepla, ve kterém dearomatizovaná šťáva ohřívá čerstvou šťávu, která sem přichází.

Princip činnosti spočívá v tomto:

Čerstvá šťáva se přečerpává k ohřevu ze zásobního tanku do lamelového výměníku tepla a přechází do předohřívače odpařovacího tělesa, kde se definitivně nahřeje na teplotu odpařování. Poté postupuje do svazku trubek odpařovacího tělesa. V předseparátoru se oddělí dearomatizovaná šťáva z druhotné páry a přes výměník se přečerpává k dalšímu zpracování (čeření, filtrace, zahušťování). Druhotná pára, nasycená aromatickými látkami, přechází do separátoru pro jemné separování a odsud do rektifikačního sloupce. Zde při teplotě 95 – 98 °C dochází k hromadění aromatických látek v horní části sloupce a k jejich zakonzentrování. Po přechodu do vodou chlazeného kondenzátoru zkapalňují a přes zpětný měřič vydatnosti přechází zpět do sloupce pro úpravu. V závislosti na požadovaném stupni koncentrace aromatických látek se reguluje výchozí množství aroma. To se poté ochladí v zásobníku – chladiči a po nahromadění asi 50 litrů se přečerpá do skladovacích nádrží.

Množství zpracované čerstvé šťávy je 5000 l/hod a tlak páry se reguluje tak, aby odpaření představovalo 10 % množství šťávy (500 l/hod). Za hodinu se získá 25 – 33 l aroma a dosažená koncentrace je 150 – 200 násobná [34].



Obr. 2. Jimač aroma – ovládací část.



Obr. 3. Jimač aroma – rektifikační kolona.

## 5 SOUDOBE METODY STANOVENÍ AROMATICKÝCH LÁTEK

Pravděpodobně nejširší uplatnění z instrumentálních metod nacházejí v analýze potravin v současné době chromatografické metody. Kapalinová a plynová chromatografie v různém provedení kombinovaná s nejrůznějšími detektory slouží ke stanovení řady kontaminantů, přídatných látek, pesticidů, ale i jednotlivých složek potravin jako jsou sacharidy, mastné kyseliny, TAG, aminokyseliny a další organické kyseliny, vitaminy, alkoholy, aldehydy, aromatické látky apod. Chromatografické metody jsou široce využívány také k ověřování autenticity potravin. Pro úplnou identifikaci je však nezbytné propojení s dalšími metodami analytické chemie, např. hmotnostní spektrometrií, UV-VIS spektrometrií apod. [36, 38].

Základním obecným principem všech chromatografických technik je nestejně rozdělování složek směsi mezi stacionární a mobilní fázi. Výsledkem je rozdílná rychlost migrace rozpuštěných látek. Stacionární fází může být jak pevná látka, tak kapalina, o charakteru chromatografie však rozhoduje charakter mobilní fáze. Jestliže je mobilní fází plyn, mluvíme o plynové chromatografii (GC), je-li mobilní fází kapalina, jde o chromatografii kapalinovou (LC) [37].

### 5.1 Plynová chromatografie

Až do doby zavedení plynové chromatografie patřila analýza plynných směsí k ne právě vděčným úlohám analytické chemie. Zavedení plynové chromatografie znamenalo v této oblasti skutečný převrat a tato chromatografie se osvědčila vynikajícím způsobem pro dělení plynů a par [39].

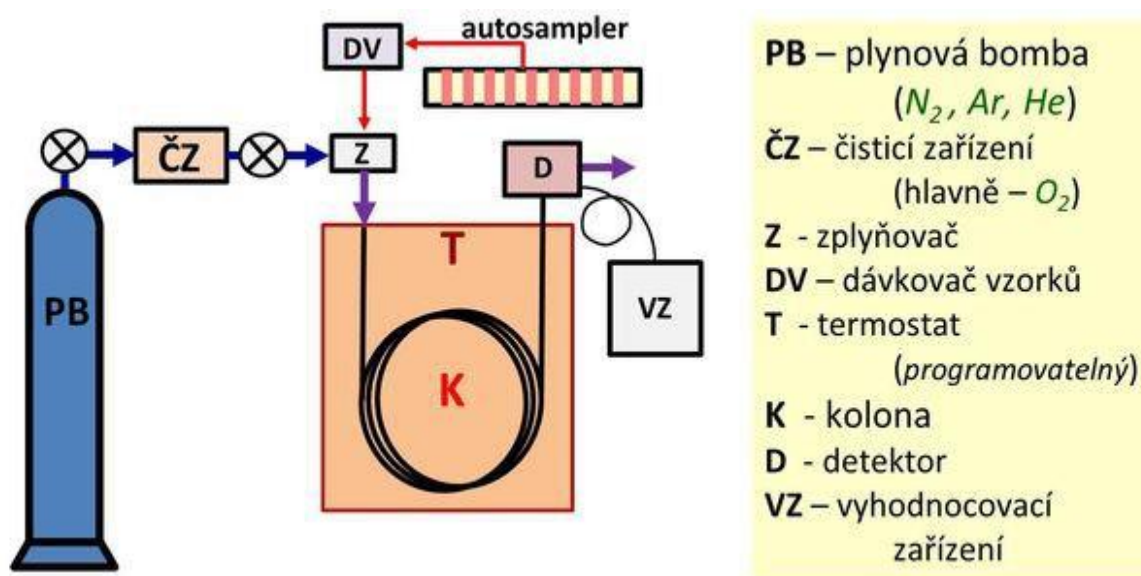
GC je určena pro stanovení těkavých, převážně středně polárních a nepolárních látek. Je založena na separaci látek v plynném stavu, unášených inertním plynem kolonou se zakotvenou stacionární fází, a na jejich distribuci mezi nosný plyn a stacionární fázi. Pevnou (stacionární) fází je adsorbent nebo adsorbent pokrytý tenkou vrstvičkou kapaliny, pohyblivou (mobilní) fází je nosný plyn. K dispozici je celá řada detektorů od univerzálních, jako jsou nespecifický plamenově-ionizační detektor (FID) nebo tepelně vodivostní detektor (TCD), po selektivní, jako je detektor elektronového záchytu (ECD), dusíko-fosforový (NPD) nebo plamenově-fotometrický detektor (FPD) [36, 39].

Za rozdělení složek směsi je zodpovědná fyzikální adsorpce nebo rozdělovací proces mezi kapalnou a plynnou fází. Pro rozdělování se měří čas (retenční doba), který daná složka

setrvává v chromatografickém sloupci, resp. doba, než dosáhne detektoru. Vyneseme-li odezvu detektoru jako funkci času, obdržíme plynový chromatogram [39].

V současnosti je již běžným vybavením většiny laboratoří hmotnostně spektrometrický detektor (MSD) v podobě klasického kvadrupolu (Q) nebo iontové pasti (ITD). Plynová chromatografie tak ve spojení s hmotnostní spektrometrií představuje jedinečný nástroj pro dělení těkavých směsí a jejich identifikaci a je dnes využívána jak pro potvrzení nálezů, tak pro rutinní kvalitativní a kvantitativní analýzy [36].

### 5.1.1 Základní části plynového chromatografu



Obr. 4. Schéma plynového chromatografu [40].

#### 5.1.1.1 Nosný plyn

Nosný plyn by se měl svým chováním blížit ideálnímu plynu. Helium má k ideálnímu chování velmi blízko, ale je drahé a ne vždy dostupné v požadovaném množství. Volba nosného plynu závisí též na typu detektoru. Nejčastěji používanými nosnými plyny jsou mimo již zmíněné helium dusík, argon a vodík, plněné do tlakových láhví. Nesmějí obsahovat vodu a kyslík, neboť řada sorbentů i analyzovaných látek je na tyto doprovodné látky citli-

vá. Proto se za tlakovou láhev zařazuje čisticí zařízení, které tyto látky zachycuje a zároveň ještě zbavuje nosný plyn nežádoucích stop ostatních plynů [41].

Důležitou součástí je i regulátor průtoku, který slouží k zajištění konstantního nebo programově se měnícího průtoku nosného plynu během analýzy. Elektronickou regulací lze docílit stanoveného průtoku i při změnách teploty během separace [42].

### 5.1.1.2 Dávkovací zařízení – injektor

Na způsob dávkování se kladou poměrně velké nároky. Vzorek je nutno vpravit do kolony co nejrychleji a má zaujmout co nejmenší prostor. Technika dávkování musí zajistit odpaření vzorku v co nejkratším čase. Nejčastěji se dávkuje mikrostříkačkou opatřenou jehlou, která propíchně speciální uzávěr (pryžové septum), a přesně odměřené množství vzorku (0,1 – 10  $\mu\text{l}$ ) se vstříkne do chromatografu. Aby se kapalně vzorky rychle odpařily, je dávkovač vyhříván. Při dávkování plynů se kromě injekčních stříkaček používají kapiláry s definovaným objemem, které jsou zapojeny v systému vícecestných ventilů [41, 42].

Metody nástřiku:

- Do kolony (*on column*) – je to základní metoda u náplňových kolon. Vzorek musí být rychle nástříknut a vytvořit kapalně film na stěně kolony. Po 30 – 60 s se teplota kolony prudce zvýší, aby nastalo odpaření. Dávkuje se 1 – 10  $\mu\text{l}$ .
- Pomocí děliče toku (*split injection*) – používá se pro tenčí kapilární kolony, kdy se do kolony dostává jen zlomek nástřikovaného množství, které bývá v intervalu 0,1 – 2  $\mu\text{l}$ . Skleněná vata v odpařovací trubici zajišťuje homogenní odpařování a účinné promíchání vzorku před vstupem do kolony.
- Bez děliče toku (*splitless injection*) – metoda je vhodná pro relativně velké objemy (0,5 – 5  $\mu\text{l}$ ), které je nutno použít pro stopovou analýzu. Vzorek se dávkuje pomalu do odpařovací trubice a nechá se asi 60 s odpařovat. Poté se provede oplach. Tato metoda využívá rozpouštědla s vyšší teplotou varu (např. oktan). V něm jsou pohlaceny všechny analyty. Po oplachu je zvýšena teplota kolony a začne probíhat separace [42].

### 5.1.1.3 Kolona

Je to část chromatografu, ve které je umístěna stacionární fáze a kde dochází k separaci složek. Rozeznáváme pouze dva typy kolon – náplňové, plněné adsorbentem nebo nosičem

pokrytým kapalnou fází, a kapilární, jejichž vnitřní povrch je potažen tenkým filmem kapalné fáze. Nejčastějším materiálem pro výrobu kolon je sklo, nerez, hliník a tavený křemen [41].

**Náplňové kolony** jsou z oceli nebo skla, vnitřní průměr je 2 – 3 mm, délka 1 – 3 m. Mají vyšší kapacitu než kapilární kolony. Jako adsorbent se používá silikagel, grafitizované saze a alumina (oxid hlinitý), nosiče kapalné fáze bývají na bázi např. křemeliny (oxid křemičitý).

**Kapilární kolony** se obvykle vyrábí z taveného křemene. Vnitřní průměr je 0,1 – 0,6 mm, tloušťka filmu stacionární fáze je 0,25 – 5  $\mu\text{m}$ , délka kolony 15 – 60 m (pro většinu aplikací postačuje 30 m). Větší průměr kolony dává možnost pojmout více vzorku, menší průměr vede k vyšší účinnosti, ale nižší kapacitě. Vlastní stacionární fázi představují methylpolysiloxany, polyethylenglykoly, polypropylenglykoly, polyethylenglykoladipáty a další. Většina separací se celkem provádí na méně než dvanácti druzích stacionárních fází. Kapilára je obalena polymerovou vrstvou, která dává křehkému materiálu kolony pružnost a brání ho před zlomením. Tato vrstva také chrání kolonu do teplot 350 °C, termicky stabilnější hliníková vrstva může být použita až do 425 °C. Pro stacionární fáze i obalové polymery jsou navíc neustále vyvíjeny nové směsi [42, 43].

#### **5.1.1.4 Termostat**

Termostat zajišťuje dostatečně vysokou teplotu dávkovače, kolony a detektoru, aby byl vzorek udržen v plynném stavu. Pro určité druhy analýz se používá stanovený teplotní režim, kdy se teplota termostatu plynule mění v čase přesně naprogramovaným způsobem. Dávkovač a detektor mají zpravidla vlastní řízení zahřívání. Běžně se pracuje při teplotách 50 – 300 °C. Termostat kolony představuje největší objem chromatografu, termostaty dávkovače a detektoru jsou podstatně méně objemné [42].

#### **5.1.1.5 Detektor**

Slouží k detekci látek v nosném plynu. Ideální detektor by měl splňovat řadu požadavků: měl by být univerzální pro všechny analyzované sloučeniny, bezporuchový, s vysokou citlivostí (nízký detekční limit), pokud možno necitlivý na změny teploty a průtoku mobilní fáze, plně automatický, jeho odezva by měla být lineární funkcí obsahu analytu. Důležitým požadavkem je vysoká selektivita pro stanovované analyty. Nejpoužívanější jsou tepelně-vodivostní detektor, plamenový ionizační detektor a detektor elektronového záchytu.



Tepelně-vodivostní detektor - katarometr (Thermal Conductivity Detector, TCD) – je velmi univerzální. Principem měření je skutečnost, že zahřáté těleso se ochlazuje rychlostí závislou na složení okolního plynného prostředí, které teplo odvádí. Obsahuje zahříváné odporové vlákno, které se ochlazuje protékajícím plynem. Obvykle se pracuje se dvěma žhavenými vlákny. Tepelná vodivost nosného plynu se má co nejvíce lišit od tepelné vodivosti analyzovaných složek, proto se dává přednost vodíku a heliu před dusíkem. TCD se nejvíce používá při analýzách anorganických plynů a nízkomolekulárních organických látek [41, 42].

Plamenový ionizační detektor (Flame Ionization Detector, FID) – je nejrozšířenějším detektorem v plynové chromatografii. Jeho funkce je založena na vedení elektřiny v plynech, jako nosný plyn se nejlépe hodí dusík. Základem aparatury je izolovaná nádoba, ve které proudí plyn přes dvě kovové desky (elektrody), mezi nimiž je elektrické pole. U FID se molekuly plynu ionizují v kyslíko-vodíkovém plameni a vedou ionizační proud mezi elektrodami. Nosný plyn se před vstupem do hořáku mísí s vodíkem, vzduch je přiváděn z vnějšku. Přítomnost složky zvýší ionizaci a elektrický proud se zvětší. FID je detektor hmotnostní, s velkou citlivostí. Detekuje prakticky vše, s výjimkou anorganických par a plynů. Nevýhodou je destrukce analytu - nelze tedy pokračovat v jeho další analýze jinými navazujícími metodami [41, 42].

Detektor elektronového záchytu (Elektron Capture Detector, ECD) – patří tak jako FID k ionizačním detektorům, jejichž funkce je založena na vedení elektřiny v plynech. Radioaktivní zářič  $^{63}\text{Ni}$  svým zářením  $\beta$ , což je proud rychlých elektronů, ionizuje molekuly dusíku jako nosného plynu a vyvolává ionizační proud. Uvolňují se pomalé elektrony, které zachycují elektronegativní atomy složek, a tím snižují ionizační proud. Tato schopnost závisí na elektronové konfiguraci atomů a molekul, obecně na elektronové afinitě. Tento detektor je velmi citlivý na halogenované sloučeniny, na sloučeniny obsahující fosfor, kyslík, síru, olovo, nitrosločeniny a areny. Jako zdroj ionizující energie používá tento detektor radioaktivní zářič [42, 44].

Kromě uvedených několika hlavních typů detektorů existuje řada dalších, které jsou založeny např. na plamenové fotometrické detekci, na měření hustot plynů, na absorpci ultrafialového nebo infračerveného záření. Ty jsou už ale určeny ke speciálním analýzám.

### 5.1.1.6 Vyhodnocovací zařízení

Vyhodnocovací zařízení zpracovává signál z detektoru, zakresluje chromatografickou křivku (chromatogram) a provádí pomocí počítačového softwaru její vyhodnocení.

### 5.1.2 Dvourozměrná plynová chromatografie

V roce 1990 byla objevena komplexní dvourozměrná plynová chromatografie (GC × GC), která může být považována za nejsilnější nástroj v GC. Poprvé byla podrobněji popsána v posledním desetiletí 20. století. V nadcházejících letech lze očekávat její zařazení do hlavního provozního režimu GC, kde bude dále rozšiřovat aplikace a základní principy. To je také důvod, proč v posledních letech databáze *Chemical Abstracts Service* vykazuje významný nárůst publikačních záznamů týkajících se této problematiky (s klíčovými slovy "multidimenzionální plynová chromatografie" nebo "dvourozměrná plynová chromatografie") [45, 46].

GC × GC nabízí značné výhody oproti běžné plynové chromatografii - vyšší rozlišení, lepší citlivost, zvýšenou kapacitu a vytváření jedinečných strukturovaných chromatogramů. Chemicky strukturované 2D chromatogramy získané pomocí této techniky jsou často označovány jako tzv. 2D chemické mapy [46].

Tato technika je stále více používána pro analýzu potravin (pro identifikaci a profilování tuků, olejů, éterických olejů, kontaminujících látek v potravinách atd.). Hraje také důležitou roli coby nástroj analýzy vůní a esenciálních olejů, jejichž matrice je velmi složitá, variabilní, množství jednotlivých analytů se pohybuje už od ng / g a chemicky se jedná o příbuzné složky (např. monoterpeny, seskviterpeny, nasycené a nenasycené uhlovodíky, alkoholy, karbonylové deriváty, estery). Tyto látky mají podobné chromatografické chování (mohou mít společné isobarické molekulární ionty), což může v běžné plynové chromatografii působit problémy při detekci, kdežto GC × GC technika tyto problémy snadno překonává [46].

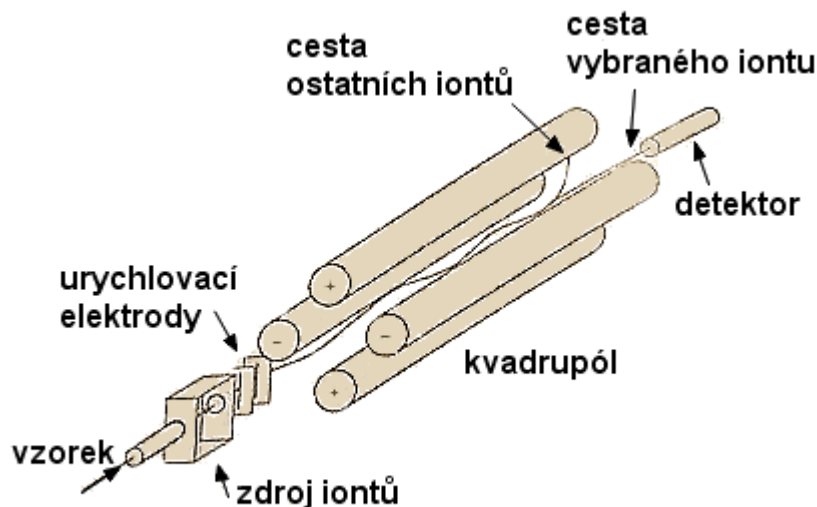
## 5.2 Hmotnostní spektrometrie

Hmotnostní spektrometrie (*Mass Spectrometry* - MS) je separační technika, která převádí vzorek na ionizovanou plynnou fázi a vzniklé ionty separuje podle hodnoty podílu jejich hmotnosti a náboje  $m/z$ . Pracuje se ve vysokém vakuu ( $10^{-4} - 10^{-8}$  Pa), což je dáno nutností zamezit srážkám iontů se zbytkovou atmosférou spektrometru a použitými prvky instrumentace [42, 47].

Základními prvky hmotnostního spektrometru jsou iontový zdroj, hmotnostní analyzátor a detektor. Nedílnou součástí je vakuová aparatura, iontová optika a počítačový software.

K ionizaci může dojít nárazem elektronů, působením elektrostatického pole nebo chemickou ionizací. V praxi se nejčastěji používá náraz elektronů. Jako hmotnostní analyzátor je v moderních menších a kompaktnějších přístrojích používán kvadrupól nebo kvadrupólová iontová past:

- **Kvadrupól (Q)** je nemagnetický analyzátor, který obsahuje 4 rovnoběžné tyčové elektrody. Na každou tyč je přiváděno stejnosměrné napětí a zároveň složka radiofrekvenčního pole. Nastavení veličin se postupně mění a detektor zachycuje ionty o různých hodnotách  $m/z$ .
- **Kvadrupólová iontová past (QIT)** pracuje obdobně jako kvadrupól, má však jen 3 elektrody, z nichž jedna je kruhová a dvě vyklenuté do prostoru kruhu. V něm se shromažďuje oblak iontů. Změnou nastavení veličin jsou ionty odváděny k detektoru [41, 42].



Obr. 5. Schéma MS s kvadrupólem [48].

Iontové detektory poté převádějí proud dopadajících iontů na proud elektronů. Ionty v intervalu  $10^{-8} - 10^{-14}$  A jsou detekovány pomocí Faradayova válce spojeného se zesilovačem, ionty v intervalu  $10^{-12} - 10^{-20}$  A se registrují pomocí násobičů elektronů. Detektor s konverzní dynodou a fotonásobičem mění náraz iontu na vyražený elektron [42, 47].

Hmotnostní spektrometrie se nejvíce využívá ve strukturní analýze a k identifikaci chemických individuí. Grafickým vyjádřením je hmotnostní spektrum, které vyjadřuje závislost relativní intenzity iontového proudu na podílu  $m/z$  [47].

### 5.2.1 Kombinace GC-MS

Propojení GC s MS, zvláště ve spojení s kapilárními kolonami, patří dnes k nejpoužívanějším analytickým technikám. Ve spojení s počítačovou technikou a s obsáhlou vstupní pamětí je možno během několika minut vyvolat z paměti a porovnat naměřené hodnoty hmotnostních spekter s databankou a identifikovat mnohasložkové směsi neznámých látek. Hmotnostní spektrometrie se tedy používá jako analytická koncovka pro identifikaci látek rozdělených plynovou chromatografií [41].

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 6 MATERIÁL A METODIKA JEDNOTLIVÝCH STANOVENÍ

### 6.1 Analyzovaný materiál

Místem odběru vzorků byla firma Linea Nivnice, a.s., která je tradičním výrobcem alkoholických a nealkoholických nápojů, a jejíž součástí výroby je i výroba ovocných koncentrátů.

Materiálem ke zpracování praktické části diplomové práce byla čerstvě vylisovaná jablečná šťáva a z ní získané jablečné aroma a jablečný koncentrát.

Tato trojice vzorků byla odebírána v množství 0,3 l v týdenních intervalech po celou dobu sezony lisování. Součástí každého odběru bylo zároveň senzoričné hodnocení čerstvé jablečné šťávy a stanovení refraktometrické sušiny a titrační kyselosti šťávy a koncentráту. Konkrétní data odběru trojice vzorků jsou uvedeny v tabulce 2.

*Tab. 2. Data odběru vzorků.*

Číslo vzorku	Datum odběru
1.	27. 8. 2014
2.	3. 9. 2014
3.	9. 9. 2014
4.	17. 9. 2014
5.	23. 9. 2014
6.	30. 9. 2014
7.	7. 10. 2014
8.	15. 10. 2014
9.	21. 10. 2014
10.	30. 10. 2014
11.	5. 11. 2014
12.	11. 11. 2014
13.	20. 11. 2014
14.	25. 11. 2014

## 6.2 Stanovení refraktometrické sušiny

### 6.2.1 Princip metody

Refraktometrie je metoda zaměřená na měření indexu lomu. Paprsek monochromatického záření proniká prostředím dané hustoty určitou rychlostí. Při přechodu z jednoho prostředí do druhého se mění jeho rychlost (úměrně rozdílu hustot obou prostředí). Změna rychlosti se projeví změnou směru šíření paprsku druhým prostředím. Tento jev popisuje index lomu, který můžeme vyjádřit buď jako poměr rychlostí paprsku v jednom a ve druhém prostředí

$$n = \frac{c_1}{c_2} \quad (1)$$

kde  $c_1$  je rychlost světla v prvním prostředí a  $c_2$  rychlost světla ve druhém prostředí, nebo na základě změny směru průniku, a to jako poměr sinů úhlu dopadu a lomu v daných prostředích

$$n = \frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} \quad [41]. \quad (2)$$

Přístroje na měření indexu lomu se nazývají refraktometry a k nejběžnějším patří Abbeho refraktometr a ponorný Zeissův refraktometr s výměnnými hranoly. U Zeissova se musí jednotlivé hranoly kalibrovat standardy – destičkami ze speciálních skel s přesnými hodnotami indexu lomu [38].

Tato metoda slouží i ke zjištění rozpustné sušiny, která představuje sumu ve vodě rozpustných organických i anorganických látek (cukry, kyseliny, dusíkaté látky, barviva atd.). V praxi se označuje jako tzv. refraktometrická sušina a její hodnotu můžeme odečíst přímo v % na druhé stupnici (první stupnice udává index lomu).

Údaje takto získané nám udávají množství rozpustných látek ve vzorku odpovídající množství čisté sacharózy se stejným indexem lomu. Tuto metodu lze tudíž úspěšně používat na měření cukerných roztoků, sirupů, nealko nápojů apod. [49].

### 6.2.2 Pomůcky a přístroje

Ke stanovení refraktometrické sušiny byl použit refraktometr Abbe, stolní lampa, destilovaná voda a skleněná tyčinka.

### 6.2.3 Pracovní postup

Zapneme lampu a na stupnici refraktometru nastavíme ukazatel na předpokládanou hodnotu refraktometrické sušiny měřené látky. Očištěný a osušený hranol pomocí skleněné ty-

činky zcela pokryjeme měřenou kapalinou. Refraktometr uzavřeme. Ukazatel posuneme do takové polohy, aby se rozhraní světla a tmy v okuláru refraktometru nacházelo na středu nitkového kříže. Na stupnici pak odečteme přesnou hodnotu refraktometrické sušiny v %.



Obr. 6. Refraktometr Abbe [50]

## 6.3 Stanovení titrační kyselosti

### 6.3.1 Princip metody

Titrační stanovení patří do odměrné analýzy, která je založena na měření objemu titračního činidla známé koncentrace, jehož je zapotřebí, aby kvantitativně proběhla chemická reakce mezi analytem a přidávaným titračním činidlem (bod ekvivalence). Stanovujeme-li analyty kyselého charakteru, měříme objemy odměrného roztoku zásady (**alkalimetrie**), stanovujeme-li analyty zásaditého charakteru, měříme objemy odměrného roztoku kyseliny (**acidimetrie**). V diplomové práci se stanovuje obsah kyselin, tudíž se budeme zabývat alkalimetrií [51].

Při neutralizačních titracích se přidávkem titračního činidla mění postupně hodnota pH titrovaného roztoku. Matematickým vyjádřením titrace je titrační křivka, vyjadřující závislost pH titrovaného roztoku na objemu přidaného odměrného roztoku. Správnost výsledků závisí na tom, jak dokonale poznáme dosažení bodu ekvivalence. Používají se k tomu metody vizuální nebo instrumentální [41].



Vizuální indikace je založena na vlastnostech **acidobazických** neboli neutralizačních **indikátorů**. Jsou to slabé organické kyseliny nebo zásady, které na konci titrace vyvolávají zřetelně viditelnou barevnou změnu. Změnou pH roztoku dochází ke změně struktury indikátoru a ta je příčinou barevné změny, protože molekula indikátoru po změně struktury absorbuje světlo jiné vlnové délky (zbarvení kyselé a zásadité formy indikátoru je tudíž různé). Nejběžnějšími indikátory neutralizačních reakcí jsou ftaleiny (fenolftalein), azosloučeniny (methylová oranž) nebo sulfoftaleiny (bromthymolová modř) [38, 51].

V odebraných vzorcích jablečné šťávy a koncentrátu byla alkalimetricky stanovena titrační kyselost (suma všech kyselých složek), vyjádřená jako % kyseliny citronové.

### 6.3.2 Pomůcky a přístroje

Digitální váha, kádinka, odměrná baňka, titrační baňka, pipeta, automatická byreta, destilovaná voda, fenolftalein, odměrný roztok 0,1 M NaOH.

### 6.3.3 Pracovní postup

Na digitální váze navážíme do kádinky 25 g vzorku, kvantitativně převedeme do 250 ml odměrné baňky a doplníme destilovanou vodou po rysku. Důkladně promícháme. Do titrační baňky odpipetujeme 25 ml zředěného roztoku vzorku a na automatické byretě titrujeme odměrným roztokem 0,1 M NaOH na fenolftalein do slabě růžového zbarvení. Po zjištění spotřeby odměrného roztoku vypočteme obsah kyseliny citronové ve vzorku v % dle vzorce:

$$\text{množství kys. citronové [\%]} = V * f * c * 2,8 \quad (3)$$

kde **V** je spotřeba 0,1 M NaOH [ml], **f** je jeho faktor a **c** jeho koncentrace (0,1 mol/l).

## 6.4 Senzorické hodnocení

Součástí této diplomové práce bylo také senzorické hodnocení čerstvě vylisované jablečné šťávy z hlediska posouzení aromatických látek v ní obsažených. Hodnocení se proto týkalo dvou organoleptických vlastností, chuti a vůně. Chemická analýza nám řekne hodně, ale jak v závěru konzumentovi výrobek chutná, je také velmi důležité.

Senzorické hodnocení bylo prováděno v laboratoři firmy Linea Nivnice, a.s., kdy byl každý vzorek hodnocen individuálně vždy v den odběru jablečné šťávy. Vzorek pro degustaci se podával v průhledných skleničkách v množství 50 ml. K dispozici na zneutralizování

chuti byla čistá pramenitá voda. Hodnotila se vůně, chuť a lahodnost a celkový dojem. Hodnocení probíhalo bodově podle tabulky 3 a celkové výsledky byly po vyhodnocení shrnuty do tabulky.

Degustační komisi tvořilo 9 školených degustátorů firmy Linea Nivnice, a.s..

Tab. 3. Bodové senzoričké hodnocení pro jablečnou šťávu.

Hodnocený znak	5 bodů	4 body	3 body	2 body	1 bod	0 bodů
<b>Vůně</b>	Čistá, výrazná, typická pro použitou surovinu	Čistá, charakteristická pro použitou surovinu	Čistá, vcelku charakteristická pro použitou surovinu	Celkem čistá, po použité surovině	Méně typická, s mírně vystupující některou vlastní složkou	Netypická, cizí nebo s převahou cizí složky
<b>Chuť</b>	Čistá, výrazná, typická pro použitou surovinu, vysoce harmonická	Čistá, charakteristická pro použitou surovinu, harmonická	Čistá, charakteristická pro použitou surovinu, vcelku harmonická	Celkem čistá, po použité surovině, méně harmonická	Méně typická, s mírně vystupující některou vlastní složkou	Netypická, cizí nebo s převahou cizí složky
<b>Lahodnost a celkový dojem</b>	Výborná	Velmi dobrá	Dobrá	Méně dobrá	Vyhovující	Nevyhovující

## 6.5 Stanovení aromatických látek metodou GC-MS

### 6.5.1 Princip metody

Princip metody spočívá v použití kombinovaného systému, ve kterém jsou těkavé a tepelně stabilní sloučeniny nejdříve separovány plynovou chromatografií a poté detekovány hmotnostním spektrometrem.

K analýze jablečného aroma byl použit plynový chromatograf americké značky Agilent 7820A a hmotnostní spektrometr Agilent 5975.

**Agilent 7820A** je dvoukanálový plynový chromatograf, který byl navržen tak, aby svým uživatelům poskytoval spolehlivé výsledky při rutinních analýzách s přihlédnutím na co nejjednodušší obsluhu a minimální náročnost na údržbu. Využívá zjednodušeného předního klávesnicového panelu, kde integrovaný display zobrazuje informace o sekvenci, nastavených podmínkách analýzy a stavu přístroje. Model 7820A nabízí plnohodnotnou elektronickou kontrolu průtoku plynů a zaručuje vysokou přesnost a opakovatelnost. Je možné ho osadit jednou automatickou nástřikovou věží Agilent 7693A s karuselem pro 16 vzorků (+2 pozice pro rozpouštědla +1 pozice pro odpad). V případě požadavku na vyšší kapacitu autoinjektoru lze alternativně zvolit nástřikovou věž Agilent 7850A s rotačním karuselem pro 50 vzorků (+4 pozice pro rozpouštědla a 4 pozice pro odpad). Nástřikové porty mohou být maximálně dva a totéž platí i pro detektory. Ovládání probíhá pomocí softwarové platformy Agilent Open LAB CDS, která je standardem pro všechny chromatografy Agilent [52].

Hmotnostní spektrometr **Agilent 5975** má celoinertní iontový zdroj. Inertnost minimalizuje ztrátu aktivních a neutrálních molekul z GC. Vysoká teplota (až 350 °C) podporuje vynikající tvary chromatografických píků i pro vysokovroucí sloučeniny a minimalizuje znečištění iontového zdroje z vysokovroucích matic. Inovativní optika (čočky) zasahující až do samotného kvadrupólu přenáší optimálně ionty do středu pole. Srdcem systému je zlatý kvadrupól. Jeho unikátní konstrukce a robustnost má nepřekonatelný výkon a spolehlivost. Jeho hyperbolická křemenná struktura poskytuje velice nízké odchylky/chyby samotného pole, lepší rozlišení a vynikající stabilitu hmotnostní osy, bez ohledu na provozní teplotu. Ve skutečnosti stabilita monolitického křemenného kvadrupólu umožňuje zahřívát analyzátor až na teploty 200 °C, což zaručuje jeho čistotu po celou dobu životnosti [53].

Pro účely této diplomové práce nešlo prioritně o stanovení konkrétního množství konkrétních aromatických látek, nýbrž o srovnání jednotlivých vzorků mezi sebou. Srovnávacím kritériem byly plochy píků jednotlivých separovaných složek.

### 6.5.2 Pomůcky a přístroje

Kádinky, pipety, děličky, vialky, hexan, plynový chromatograf Agilent 7820A s hmotnostním spektrometrem Agilent 5975, nosný plyn – helium, vyhodnocovací software Agilent.



Obr. 7. Plynový chromatograf Agilent 7820A a hmotnostní spektrometr Agilent 5975

### 6.5.3 Pracovní postup

K analýze na GC-MS byly použity dva druhy vzorků: přímo odebrané neupravené vodné vzorky jablečného aroma a tytéž vzorky extrahované v hexanu.

Extrakce aromatických látek byla provedena následovně: 50 ml vzorku a 2,5 ml hexanu se třepalo 10 minut v děličce. Spodní těžší hydrofilní vrstva se oddělila od hexanu a opětovně se protřepala a oddělila od dalších 2,5 ml hexanu. Oba získané hexanové extrakty se spojily a injekční stříkačkou se přeneslo potřebné množství extraktu (1,5 ml) do vialek přes syringe filtr. Tím byly vzorky extraktů připraveny pro použití v GC-MS.

U neupravených vzorků se aroma pouze přímo nadávkovalo injekční stříkačkou do vialek přes syringe filtr.

Podmínky a parametry analýzy hexanových extraktů:

**GC: Agilent Technologies 7820A:**

- předkolona: FS; 0,250 mm x 2,5 m
- kolona: DB – SELECT 624UI; 60 m x 0,250 mm x 1,4  $\mu$ m; teplotní limit -20 °C až 260 °C

- nosný plyn: helium
- množství vzorku: 1  $\mu$ l
- typ nástřiku: SPLIT
- teplota při nástřiku: 40 °C
- zplyňovací teplota před vstupem do kolony: 250 °C
- doba analýzy jednoho vzorku: 126 min

**MS: Agilent Technologies 5975** – kvadrupólový:

- tlak: 70 mtorr
- teplota při vstupu na MS: 230 °C
- teplota na kvadrupólu: 150 °C
- detektor: elektronový násobič

Podmínky a parametry analýzy neupraveného aroma:

Byly téměř shodné s předchozími, zkrátila se pouze doba analýzy ze 126 min na 48 min a zplyňovací teplota před vstupem do kolony byla 200 °C místo 250 °C. Ostatní zůstalo nezměněno.

## 7 VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ A DISKUSE

### 7.1 Stanovení refraktometrické sušiny

Měření bylo prováděno u každého vzorku čerstvé jablečné šťávy a koncentrátu třikrát. V tabulce jsou uvedeny výsledné průměrné hodnoty.

*Tab. 4. Naměřené hodnoty refraktometrické sušiny.*

Číslo vzorku	Šťáva	Koncentrát
<b>1.</b>	8,2 %	66,4 %
<b>2.</b>	9,8 %	66,6 %
<b>3.</b>	9,6 %	66,8 %
<b>4.</b>	10,5 %	66,4 %
<b>5.</b>	10,3 %	66,6 %
<b>6.</b>	10,1 %	66,2 %
<b>7.</b>	11,1 %	66,9 %
<b>8.</b>	11,1 %	66,6 %
<b>9.</b>	11,0 %	67,0 %
<b>10.</b>	11,2 %	67,4 %
<b>11.</b>	11,0 %	66,9 %
<b>12.</b>	11,7 %	66,6 %
<b>13.</b>	9,9 %	67,3 %
<b>14.</b>	11,4 %	66,7 %

Z výsledků je patrné, že obsah refraktometrické sušiny, vyjádřený jako % sacharózy, se v jablečné šťávě v průběhu sezóny zvyšoval. Důvodem je postupné dozrávání jablek, během kterého dochází ke zvyšování obsahu cukrů. Jelikož ale letošní klima nebylo příliš příznivé, nebylo dosaženo takových hodnot refraktometrické sušiny, jako v předešlých letech, kdy se dle interních záznamů firmy Linea Nivnice, a.s. pohybovaly hodnoty sušiny až kolem 14 %.

Co se týče koncentrátu, tam sušina neroste a pohybuje se kolem 67 %. Důvodem je nastavení odparky, která zahušťuje jablečnou šťávu na předem nastavenou hodnotu nezávisle na výši sušiny jablečné šťávy.

## 7.2 Stanovení titrační kyselosti

Bylo provedeno opět u každého vzorku šťávy a koncentrátu třikrát. Ze spotřeby odměrného roztoku 0,1 M NaOH byl vypočten obsah kyseliny citronové v % dle vzorce (3). Průměrné hodnoty jsou uvedeny v tabulce 5.

*Tab. 5. Zjištěné hodnoty titrační kyselosti.*

Číslo vzorku	Šťáva	Koncentrát
1.	0,7 %	5,7 %
2.	0,6 %	3,8 %
3.	0,7 %	4,2 %
4.	0,7 %	4,1 %
5.	0,4 %	2,6 %
6.	0,4 %	2,9 %
7.	0,6 %	3,1 %
8.	0,4 %	2,3 %
9.	0,5 %	2,3 %
10.	0,4 %	2,6 %
11.	0,3 %	2,3 %
12.	0,4 %	2,4 %
13.	0,4 %	2,1 %
14.	0,3 %	1,8 %

Z výsledků je vidět, že oproti refraktometrické sušině, která se zvyšovala, se obsah titrační kyselosti, vyjádřený jako % kyseliny citronové, v průběhu sezóny naopak snižoval. Důvodem je opět dozrávání jednotlivých odrůd jablek, kdy obsah kyselin klesá. Ke snížení došlo ale jak u čerstvé šťávy, tak i u koncentrátu. Odpařováním se totiž obsah kyselin pouze zvýší úměrně k odpařenému množství vody.

## 7.3 Výsledky sensorického hodnocení

Hodnocené vzorky jablečné šťávy byly označeny příslušným číslem 1. – 14. a každý degustátor měl k dispozici tabulku bodového sensorického hodnocení, podle které byl každému vzorku přiřazen příslušný počet bodů. Výsledky jsou shrnuty v tabulce 6, kde je u hodnocených skupin uveden vždy součet bodových hodnocení jednotlivých degustátorů. Pořadí bylo stanoveno podle získaného celkového počtu bodů, kdy byl za nejlepší zvolen vzorek s nejvyšším získaným počtem bodů.

Tab. 6. Výsledky sensorického hodnocení čerstvé jablečné šťávy.

Číslo vzorku šťávy	Vůně	Chuť	Lahodnost a celkový dojem	Celkový počet bodů	Pořadí
1.	21	20	20	61	14.
2.	22	21	22	65	12.
3.	22	20	20	62	13.
4.	28	24	25	77	11.
5.	32	29	29	90	10.
6.	37	32	32	101	8.
7.	38	37	38	113	7.
8.	41	39	39	119	6.
9.	35	31	29	95	9.
10.	44	40	39	123	5.
11.	43	41	42	126	4.
12.	45	43	43	131	2.
13.	44	42	42	128	3.
14.	45	44	44	133	1.

Jako nejlepší byly vyhodnoceny šťávy v poslední třetině sezóny. Srovnáním bodů v hodnocení chuti a vůně se dospělo k závěru, že chuť se během sezóny neustále zlepšuje, zatímco vůně je poměrně stabilní už na konci druhé třetiny sezóny a poté se již výrazně nemění.

#### 7.4 Stanovení aromatických látek metodou GC-MS

Ke všem 28 vzorkům jablečného aroma (14 neupravených a 14 extrahovaných) byl postupem popsaným v kapitole 6.5.3 získán chromatogram, který byl následně pomocí počítačového softwaru vyhodnocen a analyzovaná data byla zpracována do tabulek a grafů.

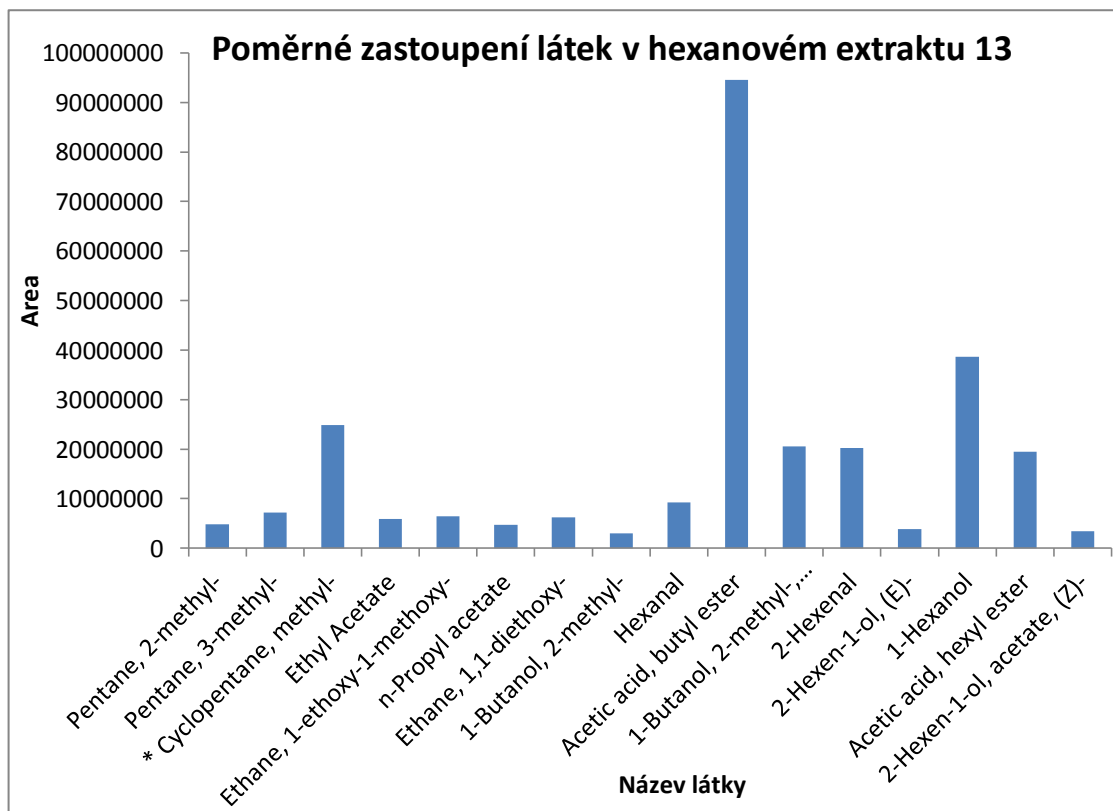
Na ukázkou je v této kapitole uveden jeden chromatogram, softwarové vyhodnocení a jeden graf a jedna tabulka od každého typu vzorku, ostatní jsou uvedeny v příloze PI. Názvy jednotlivých látek v tabulkách jsou uvedeny v originální formě pocházející přímo z počítače.

Vysvětlivky k tabulkám a grafům: **RT** - retenční čas [min], **Area** - plocha píků, **% pravděpodobnosti** - procenta pravděpodobnosti výskytu dané látky, \* - desetinásobné zmenšení plochy vůči ostatním látkám z důvodu zvýraznění méně zastoupených složek (platí pro Ethanol v neupravených vzorcích aroma a pro Cyclopentane, methyl- v hexanových extraktech).



Tab. 7. Přehled aromatických látek v hexanovém extraktu 13.

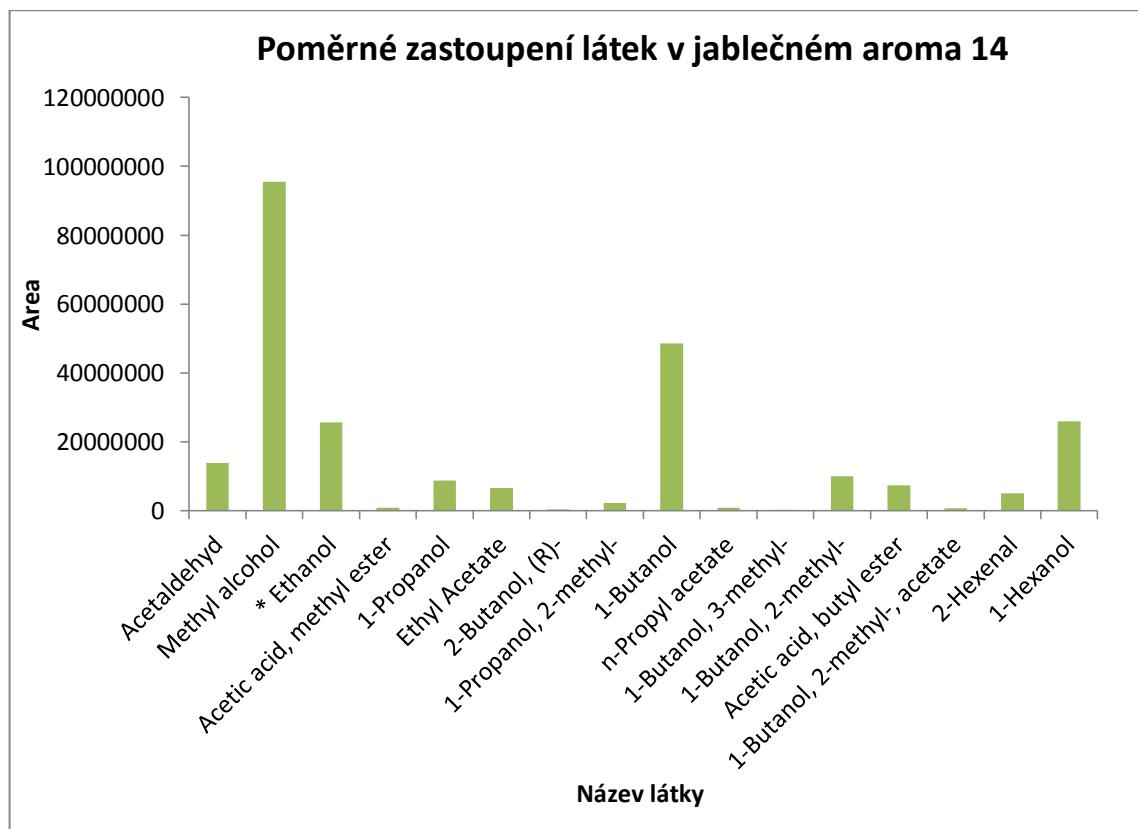
	Název látky	RT	Area	% pravdě- podobnosti
1.	Pentane, 2-methyl-	15,880	4808155	63,1
2.	Pentane, 3-methyl-	17,127	7204857	49,2
3.	Cyclopentane, methyl-	21,610	248772647	67,7
4.	Ethyl Acetate	22,429	5937136	89,9
5.	Ethane, 1-ethoxy-1-methoxy-	26,421	6393054	94,6
6.	n-Propyl acetate	32,651	4676622	92,7
7.	Ethane, 1,1-diethoxy-	32,981	6193592	94,2
8.	1-Butanol, 2-methyl-	37,722	3003802	38,3
9.	Hexanal	42,807	9210060	66,5
10.	Acetic acid, butyl ester	42,953	94596729	93,7
11.	1-Butanol, 2-methyl-, acetate	49,400	20515220	89,7
12.	2-Hexenal	49,514	20188256	39,7
13.	2-Hexen-1-ol, (E)-	50,279	3821217	58,9
14.	1-Hexanol	50,436	38655670	46,5
15.	Acetic acid, hexyl ester	61,553	19487391	87,7
16.	2-Hexen-1-ol, acetate, (Z)-	61,743	3469520	50,2



Obr. 8. Zastoupení látek v hexanovém extraktu 13.

Tab. 8. Přehled aromatických látek v neupraveném vzorku jablečného aroma 14.

	Název látky	RT	Area	% pravdě- podobnosti
1.	Acetaldehyd	8,140	13885791	86,0
2.	Methyl alcohol	8,902	95451001	80,5
3.	Ethanol	11,819	256135579	96,4
4.	Acetic acid, methyl ester	14,611	797826	70,8
5.	1-Propanol	17,828	8835190	91,9
6.	Ethyl Acetate	19,617	6544132	87,1
7.	2-Butanol, (R)-	20,102	417804	44,1
8.	1-Propanol, 2-methyl-	21,856	2220337	73,2
9.	1-Butanol	23,813	48516594	80,8
10.	n-Propyl acetate	25,204	855492	89,4
11.	1-Butanol, 3-methyl-	27,467	321088	12,2
12.	1-Butanol, 2-methyl-	27,611	9985661	34,6
13.	Acetic acid, butyl ester	30,039	7411885	88,4
14.	1-Butanol, 2-methyl-, acetate	32,925	725647	73,5
15.	2-Hexenal	33,132	5056085	43,8
16.	1-Hexanol	33,336	25984838	21,1



Obr. 9. Zastoupení látek v neupraveném vzorku jablečného aroma 14.

Na následujícím obrázku je ukázka počítačového vyhodnocení vzorku 1 neupraveného koncentráту jablečného aroma. Hodnoty, které z něj můžeme vyčíst, a které jsou důležité pro analýzu, jsou následující:

R.T. min – retenční čas [min],

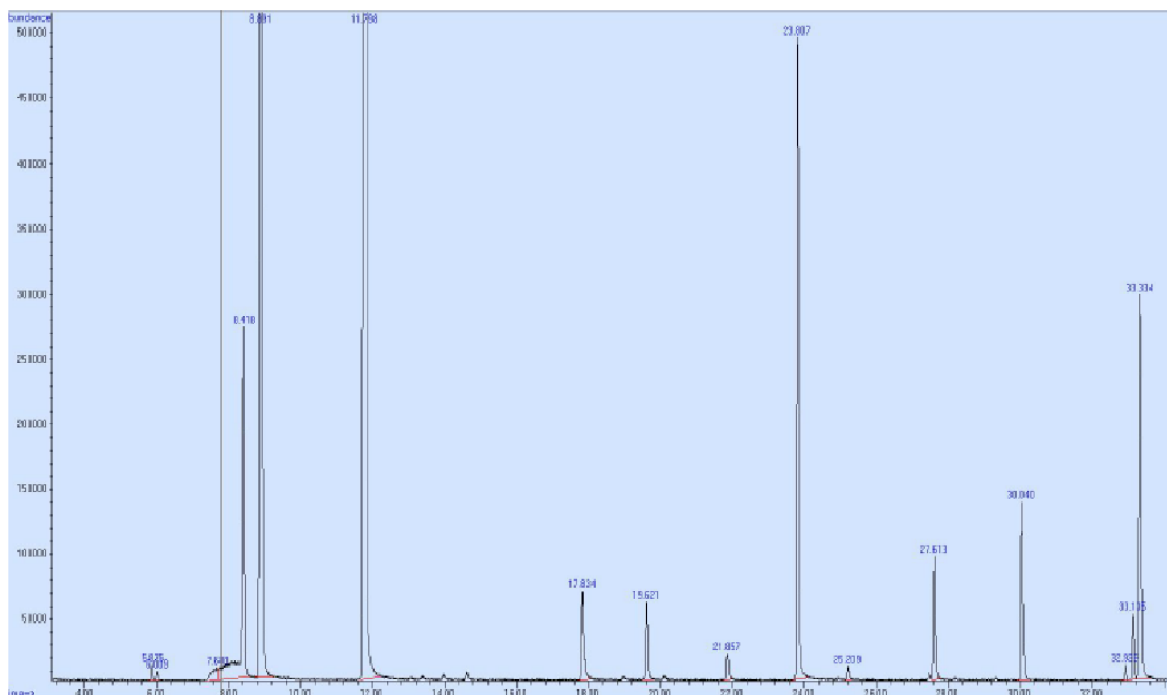
peak height – výška píku,

corr. area – plocha píku,

% of total – procentuální zastoupení sloučeniny z celkového obsahu stanovených látek.

peak #	R.T. min	first scan	max scan	last scan	PK TY	peak height	corr. area	corr. % max.	% of total
1	3.101	807	873	945	BV 4	13871	1382990	1.06%	0.725%
2	5.878	1727	1759	1791	BV	17699	488314	0.38%	0.256%
3	7.556	2227	2294	2296	PV 8	15106	910640	0.70%	0.477%
4	7.634	2296	2319	2324	VV 8	15732	773705	0.59%	0.406%
5	7.674	2324	2332	2335	VV 8	17189	327491	0.25%	0.172%
6	7.719	2335	2346	2363	VV 8	17925	902645	0.69%	0.473%
7	7.950	2363	2420	2426	VV 8	21469	2211990	1.70%	1.160%
8	8.418	2426	2569	2645	VB 3	70291	8445918	6.49%	4.428%
9	8.892	2691	2720	2822	BB	573632	21052285	16.18%	11.038%
10	11.792	3569	3646	3789	BV	3400387	130152721	100.00%	68.238%
11	13.371	4101	4149	4223	BB 2	15881	1112914	0.86%	0.583%
12	17.883	5553	5588	5636	BV 7	10193	574320	0.44%	0.301%
13	18.125	5636	5666	5735	VB 8	16750	1152775	0.89%	0.604%
14	19.628	6112	6145	6201	BB 2	22901	914504	0.70%	0.479%
15	21.038	6560	6595	6660	BB 5	21450	1141757	0.88%	0.599%
16	21.867	6832	6859	6896	BB 7	6737	275736	0.21%	0.145%
17	23.832	7454	7486	7550	BB 6	25684	1142211	0.88%	0.599%
18	24.970	7812	7849	7902	BB 8	12428	628235	0.48%	0.329%
19	26.236	8226	8253	8296	BB 10	14193	626810	0.48%	0.329%
20	27.623	8670	8696	8736	BB 8	12701	518872	0.40%	0.272%
21	32.093	10068	10122	10165	BB 8	25185	972444	0.75%	0.510%
22	32.472	10205	10242	10251	BV 5	30813	1010104	0.78%	0.530%
23	32.550	10251	10267	10341	VV 7	91353	4561371	3.50%	2.391%
24	32.906	10341	10381	10414	VV 8	73970	4355652	3.35%	2.284%
25	33.139	10414	10455	10484	VV 9	25314	1223223	0.94%	0.641%
26	33.341	10484	10520	10583	VV 8	73207	3874448	2.98%	2.031%

Obr. 10. Vyhodnocení vzorku jablečného aroma 1 počítačovým softwarem.



Obr. 11. Chromatogram neupraveného vzorku jablečného aroma 13.

#### 7.4.1 Identifikace složek jablečného aroma a jejich poměrné zastoupení v hexanových extraktech

V následujících tabulkách jsou uvedeny všechny identifikované separované složky koncentrátů jablečného aroma obsažené v hexanových extraktech.

V případě, že se daná složka ve vzorku nevyskytovala, je toto označeno písmenem N.

Tab. 9. Identifikace a poměrné zastoupení složek v hexanovém extraktu 1 – 4.

	Název látky	Area			
		Vz. 1	Vz. 2	Vz. 3	Vz. 4
1.	Butane, 1-(ethenyloxy)-3-methyl-	11961767	12644214	N	N
2.	(2-Ethoxyethoxy)acetic acid tms	6296917	N	N	N
3.	(Z)-2-Hydroxyimino-3-oxobutyric acid, 1,1-dimethylethyl ester	17451013	16882161	N	N
4.	1,2,5-Oxadiazole	N	5895412	4466845	3944200
5.	1,3-Benzodioxol-2-one, hexahydro-, cis	N	6307107	N	N
6.	1-Butanol	N	N	N	N

7.	1-Butanol, 2-methyl-	N	N	N	N
8.	1-Butanol, 2-methyl-, acetate	N	N	N	N
9.	1-Hexanol	N	N	N	11289588
10.	2-[2-[2-Methoxyethoxy]ethoxy]-1,3-dioxalane	N	5454321	N	N
11.	2-Cyclohexen-1-ol	19860533	N	9981838	N
12.	2-Hexen-1-ol, (E)-	N	N	N	N
13.	2-Hexen-1-ol, acetate, (Z)-	N	N	N	N
14.	2-Hexenal	N	N	N	N
15.	2-Pentanol, 2,4-dimethyl-	N	N	N	N
16.	6-Oxa-3-Thiaoctanoic acid	N	N	3519029	N
17.	Acetic acid, butyl ester	N	N	N	N
18.	Acetic acid, hexyl ester	N	N	N	N
19.	Butane, 1-(1-ethoxyethoxy)-	N	N	N	N
20.	Butane, 1-(ethenyloxy)-3-methyl-	N	N	N	N
21.	Butanoic acid, ethyl ester	N	N	N	N
22.	Cyclopentane, methyl-	401503695	401529601	384814254	324462373
23.	Ethane, 1,1-diethoxy-	N	N	N	N
24.	Ethane, 1-ethoxy-1-methoxy-	N	N	N	N
25.	Ethyl Acetate	N	N	N	N
26.	Hexanal	N	N	N	N
27.	n-Propyl acetate	N	N	N	N
28.	Oxirane, (1-methylbutyl)-	20875427	12485686	15720472	N
29.	Pentane, 2-methyl-	N	N	10053466	5998501
30.	Pentane, 3-methyl-	N	N	13179321	9160207

Tab. 10. Identifikace a poměrné zastoupení složek v hexanovém extraktu 5 – 8.

	Název látky	Area			
		Vz. 5	Vz. 6	Vz. 7	Vz. 8
1.	Butane, 1-(ethenyloxy)-3-methyl-	N	N	N	N
2.	(2-Ethoxyethoxy)acetic acid tms	N	N	N	N
3.	(Z)-2-Hydroxyimino-3-oxobutyric acid, 1,1-dimethylethyl ester	N	N	N	N
4.	1,2,5-Oxadiazole	N	N	N	N

5.	1,3-Benzodioxol-2-one, hexahydro-, cis	N	N	N	N
6.	1-Butanol	N	N	N	N
7.	1-Butanol, 2-methyl-		N	N	N
8.	1-Butanol, 2-methyl-, acetate	3824258	N	N	5797112
9.	1-Hexanol	17187323	10464559	11647387	25226159
10.	2-[2-[2-Methoxyethoxy]ethoxy]-1,3-dioxalane	N	N	N	N
11.	2-Cyclohexen-1-ol	N	N	N	N
12.	2-Hexen-1-ol, (E)-	N	N	N	2890439
13.	2-Hexen-1-ol, acetate, (Z)-	N	N	N	N
14.	2-Hexenal	7588757	5608822	6544472	10087866
15.	2-Pentanol, 2,4-dimethyl-	N	N	N	N
16.	6-Oxa-3-Thiaoctanoic acid	N	N	N	N
17.	Acetic acid, butyl ester	3950743	N	4413863	6847047
18.	Acetic acid, hexyl ester	N	N	N	N
19.	Butane, 1-(1-ethoxyethoxy)-	N	N	N	N
20.	Butane, 1-(ethenyloxy)-3-methyl-	N	N	N	N
21.	Butanoic acid, ethyl ester	N	N	N	N
22.	Cyclopentane, methyl-	279095589	272613341	261033288	269858389
23.	Ethane, 1,1-diethoxy-	7726956	3172494	3017942	13874395
24.	Ethane, 1-ethoxy-1-methoxy-	3976541	N	N	4365982
25.	Ethyl Acetate	7997062	3614656	3334730	19805518
26.	Hexanal	N	N	N	N
27.	n-Propyl acetate	N	N	N	N
28.	Oxirane, (1-methylbutyl)-	N	N	N	N
29.	Pentane, 2-methyl-	5670757	5701376	5893652	6143851
30.	Pentane, 3-methyl-	7628636	7478183	7343248	8004036

Tab. 11. Identifikace a poměrné zastoupení složek v hexanovém extraktu 9 – 12.

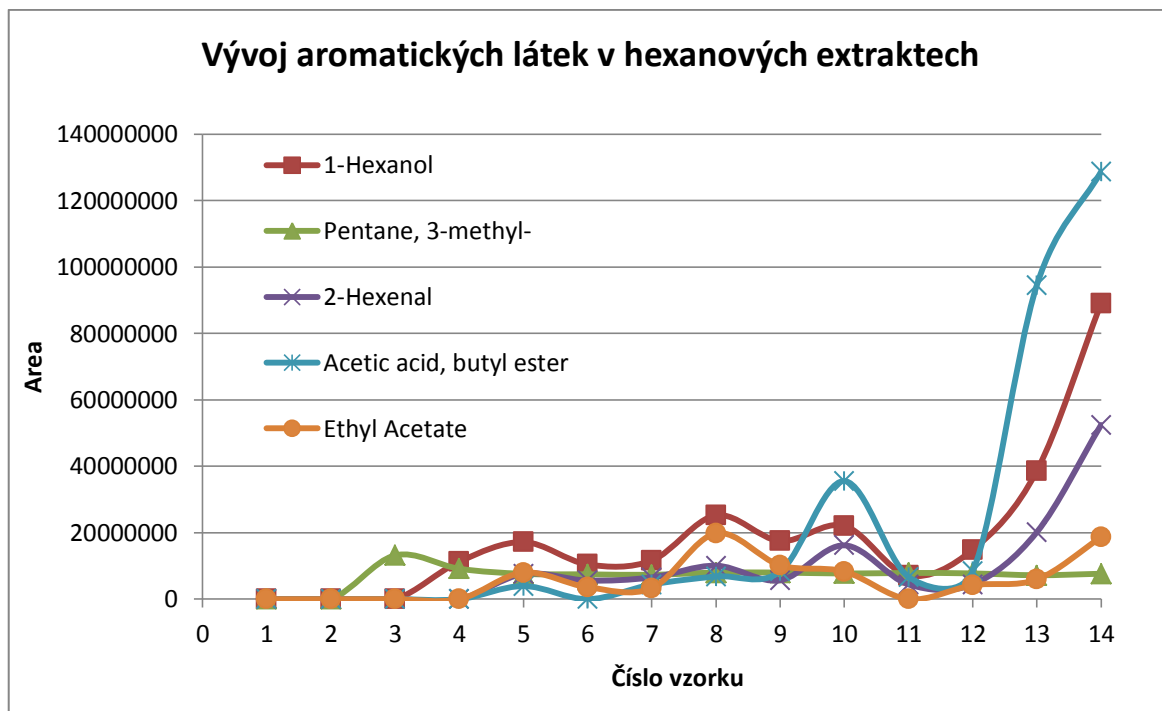
	Název látky	Area			
		Vz. 9	Vz. 10	Vz. 11	Vz. 12
1.	Butane, 1-(ethenyloxy)-3-methyl-	N	N	N	N
2.	(2-Ethoxyethoxy)acetic acid tms	N	N	N	N

3.	(Z)-2-Hydroxyimino-3-oxobutyric acid, 1,1-dimethylethyl ester	N	N	N	N
4.	1,2,5-Oxadiazole	N	N	N	N
5.	1,3-Benzodioxol-2-one, hexahydro-, cis	N	N	N	N
6.	1-Butanol	N	N	N	N
7.	1-Butanol, 2-methyl-	N	N	N	N
8.	1-Butanol, 2-methyl-, acetate	4989804	24135609	3650106	N
9.	1-Hexanol	17516566	22067821	7177923	14888290
10.	2-[2-[2-Methoxyethoxy]ethoxy-1,3-dioxalane	N	N	N	N
11.	2-Cyclohexen-1-ol	N	N	N	N
12.	2-Hexen-1-ol, (E)-	N	N	N	N
13.	2-Hexen-1-ol, acetate, (Z)-	N	N	N	N
14.	2-Hexenal	5702627	16208771	4449141	4472881
15.	2-Pentanol, 2,4-dimethyl-	N	N	N	N
16.	6-Oxa-3-Thiaoctanoic acid	N	N	N	N
17.	Acetic acid, butyl ester	8348380	35557494	6703751	8350395
18.	Acetic acid, hexyl ester	N	11006584	N	N
19.	Butane, 1-(1-ethoxyethoxy)-	N	N	N	N
20.	Butane, 1-(ethenyloxy)-3-methyl-	N	N	N	N
21.	Butanoic acid, ethyl ester	N	3068080	N	N
22.	Cyclopentane, methyl-	273422326	267187410	267587254	265124425
23.	Ethane, 1,1-diethoxy-	8591734	7897261	N	3246622
24.	Ethane, 1-ethoxy-1-methoxy-	N	4655848	N	N
25.	Ethyl Acetate	10201399	8321165	N	4196313
26.	Hexanal	N	4239431	N	N
27.	n-Propyl acetate	N	N	N	N
28.	Oxirane, (1-methylbutyl)-	N	N	N	N
29.	Pentane, 2-methyl-	6113123	5975620	5992458	5978930
30.	Pentane, 3-methyl-	8007172	7723902	7895433	7758576

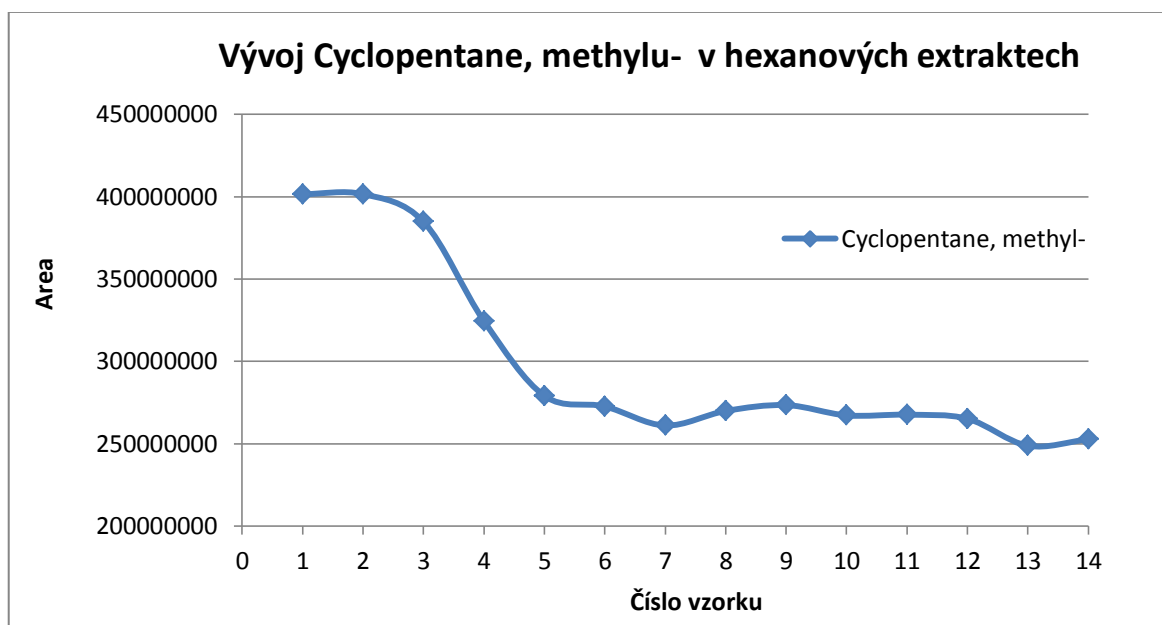
Tab. 12. Identifikace a poměrné zastoupení složek v hexanovém extraktu 13 – 14.

	Název látky	Area	
		Vz. 13	Vz. 14
1.	Butane, 1-(ethenyloxy)-3-methyl-	N	N
2.	(2-Ethoxyethoxy)acetic acid tms	N	N
3.	(Z)-2-Hydroxyimino-3-oxobutyric acid, 1,1-dimethylethyl ester	N	N
4.	1,2,5-Oxadiazole	N	N
5.	1,3-Benzodioxol-2-one, hexahydro-, cis	N	N
6.	1-Butanol	N	9325398
7.	1-Butanol, 2-methyl-	3003802	10325828
8.	1-Butanol, 2-methyl-, acetate	20515220	37920980
9.	1-Hexanol	38655670	89080636
10.	2-[2-[2-Methoxyethoxy] ethoxy-1,3-dioxalane	N	N
11.	2-Cyclohexen-1-ol	N	N
12.	2-Hexen-1-ol, (E)-	3821217	6749998
13.	2-Hexen-1-ol, acetate, (Z)-	3469520	N
14.	2-Hexenal	20188256	52452576
15.	2-Pentanol, 2,4-dimethyl-	N	4061613
16.	6-Oxa-3-Thiaoctanoic acid	N	N
17.	Acetic acid, butyl ester	94596729	128703024
18.	Acetic acid, hexyl ester	19487391	17085504
19.	Butane, 1-(1-ethoxyethoxy)-	N	3454074
20.	Butane, 1-(ethenyloxy)-3-methyl-	N	N
21.	Butanoic acid, ethyl ester	N	4860762
22.	Cyclopentane, methyl-	248772647	252659805
23.	Ethane, 1,1-diethoxy-	6193592	7308684
24.	Ethane, 1-ethoxy-1-methoxy-	6393054	10432105
25.	Ethyl Acetate	5937136	18637947
26.	Hexanal	9210060	26425086
27.	n-Propyl acetate	4676622	10482149
28.	Oxirane, (1-methylbutyl)-	N	N
29.	Pentane, 2-methyl-	4808155	5025092
30.	Pentane, 3-methyl-	7204857	7657554





Obr. 12. Vývoj aromatických látek v hexanových extraktech.



Obr. 13. Vývoj Cyclopentane, methylu- v hexanových extraktech.

Na základě těchto získaných výsledků můžeme konstatovat, že odlišné individuální vlastnosti jednotlivých vzorků jsou způsobeny zejména kvantitativními rozdíly jednotlivých složek aroma. Vedle tzv. hlavních složek (Cyclopentane, methyl-; 1-Hexanol; Pentane-3-

methyl-; 2-Hexenal; Acetic acid, butyl ester; Ethyl acetate; Hexanal; 1-Butanol, 2-methyl-, acetate ), které jsou zastoupeny v největších množstvích, se nalézají i celá řada vedlejších, vyskytujících se pouze ve stopách a jen u některých vzorků.

Důvodem, proč se hlavní složky ve vzorcích na počátku sezóny nevyskytují, jsou s nejvyšší pravděpodobností nedostatečně vyzrálá jablka, protože jak již bylo řečeno v předchozích kapitolách teoretické části, ke tvorbě nejdůležitějších aromatických látek dochází během zrání. Čím vyzrálejší jablka, tím větší a vyšší obsah aromatických látek. Neplatí to samozřejmě vždy pro veškeré sloučeniny.

Jak je vidno z grafu na obr. 13., obsah Cyclopentane, methyl- ve vzorcích dle velikosti plochy piků převažuje. Jeho množství je ale nejvyšší právě na počátku sezóny, zhruba po měsíci jeho obsah klesá a po zbytek sezóny se už pohybuje na přibližně stejné úrovni.

Obrázek 12. nám udává přehled o ostatních nejvíce zastoupených chemických látkách v hexanových extraktech, z něhož je možno vyčíst chování jednotlivých látek v průběhu celé sezóny. Cyclopentane, methyl- zde není znázorněn z důvodu, že jeho hodnoty jsou řádově několikanásobně vyšší, čímž by bylo potlačeno zobrazení ostatních složek v grafu. Např. množství Pentane, 3-methylu se během sezóny od 4. týdne výrazně nemění, hodnoty 1-Hexanolu v průběhu sezóny kolísají a hodnoty Acetic acid, butyl esteru, které se během sezóny držely na nižší hladině, v jejím závěru stoupají. Důvodem vzestupu tohoto esteru je fakt, že k jeho vzniku dochází právě až v pozdějším období zrání jablek.

#### 7.4.2 Identifikace složek jablečného aroma a jejich poměrné zastoupení v neupravených vzorcích jablečného aroma

V následujících tabulkách jsou stejně jako v předchozí kapitole uvedeny všechny identifikované separované složky koncentrátů jablečného aroma obsažené v neupravených vzorcích jablečného aroma.

V případě, že se daná složka ve vzorku nevyskytovala, je toto opět označeno písmenem N.

Tab. 13. Identifikace a poměrné zastoupení složek v neupraveném jableč. aroma 1 – 4.

	Název látky	Area			
		Vz. 1	Vz. 2	Vz. 3	Vz. 4
1.	1-Amino-2-butanol	N	N	N	N
2.	1-Butanol	1141757	1184382	1805643	1229700
3.	1-Butanol, 2-methyl-	1773917	628146	1089508	936969
4.	1-Butanol, 2-methyl-, ace-	N	N	N	N

	tate				
5.	1-Butanol, 3-methyl-	N	N	N	N
6.	1-Hexanol	N	N	N	N
7.	1-Pentanol	N	N	N	N
8.	1-Propanol	N	N	N	N
9.	1-Propanol, 2-methyl-	N	N	N	N
10.	2-Butanol, (R)-	N	N	N	N
11.	2-Hexen-1-ol, (E)-	1010104	N	N	N
12.	2-Hexenal	2195667	433121	791790	N
13.	Acetaldehyd	13572389	9103612	3416733	3223938
14.	Acetic acid, butyl ester	N	N	N	N
15.	Acetic acid, methyl ester	N	N	N	N
16.	Cycloserine	574320	274442	319081	N
17.	Ethanimidic acid, ethyl ester	N	N	370913	374130
18.	Ethanol	130152721	181081142	113322656	202698974
19.	Ethyl Acetate	3410408	1409502	1293119	1676214
20.	Hydroperoxide, hexyl	12791471	3272424	4588129	3215663
21.	Methyl alcohol	21052285	17812373	25598976	20666218
22.	n-Propyl acetate	N	N	N	N
23.	Oxirane, 2-(1,1 dimethyl-ethyl)-3-ethyl-, cis-	N	N	N	292220
24.	Propanamide, 2-hydroxy-	N	N	105859	N
25.	$\beta$ -Butyrolactone	N	N	N	385154

Tab. 14. Identifikace a poměrné zastoupení složek v neupraveném jableč. aroma 5 – 8.

	Název látky	Area			
		Vz. 5	Vz. 6	Vz. 7	Vz. 8
1.	1-Amino-2-butanol	N	644760	N	N
2.	1-Butanol	4036470	2921947	5185070	7385227
3.	1-Butanol, 2-methyl-	2574849	1971095	1236887	3693394
4.	1-Butanol, 2-methyl-, acetate	N	N	N	N
5.	1-Butanol, 3-methyl-	389841	N	333142	1628734
6.	1-Hexanol	6904376	N	N	10699710
7.	1-Pentanol	N	N	N	N
8.	1-Propanol	N	N	N	1618737
9.	1-Propanol, 2-methyl-	1122261	1176307	1117312	2661846
10.	2-Butanol, (R)-	N	N	N	N
11.	2-Hexen-1-ol, (E)-	N	N	N	N
12.	2-Hexenal	870248	474653	583138	1144760

13.	Acetaldehyd	13131029	4477388	9974019	13673698
14.	Acetic acid, butyl ester	N	N	N	492072
15.	Acetic acid, methyl ester	N	N	N	N
16.	Cycloserine	N	N	N	N
17.	Ethanimidic acid, ethyl ester	966453	N	476725	N
18.	Ethanol	235851085	194653522	175546894	608331419
19.	Ethyl Acetate	4113700	1418145	1148330	7063233
20.	Hydroperoxide, hexyl	N	4808364	4366734	N
21.	Methyl alcohol	27750059	24974257	18917861	45149460
22.	n-Propyl acetate	N	N	N	N
23.	Oxirane, 2-(1,1 dimethyl-ethyl)-3-ethyl-, cis-	N	N	N	N
24.	Propanamide, 2-hydroxy-	N	N	N	N
25.	$\beta$ -Butyrolactone	N	N	N	N

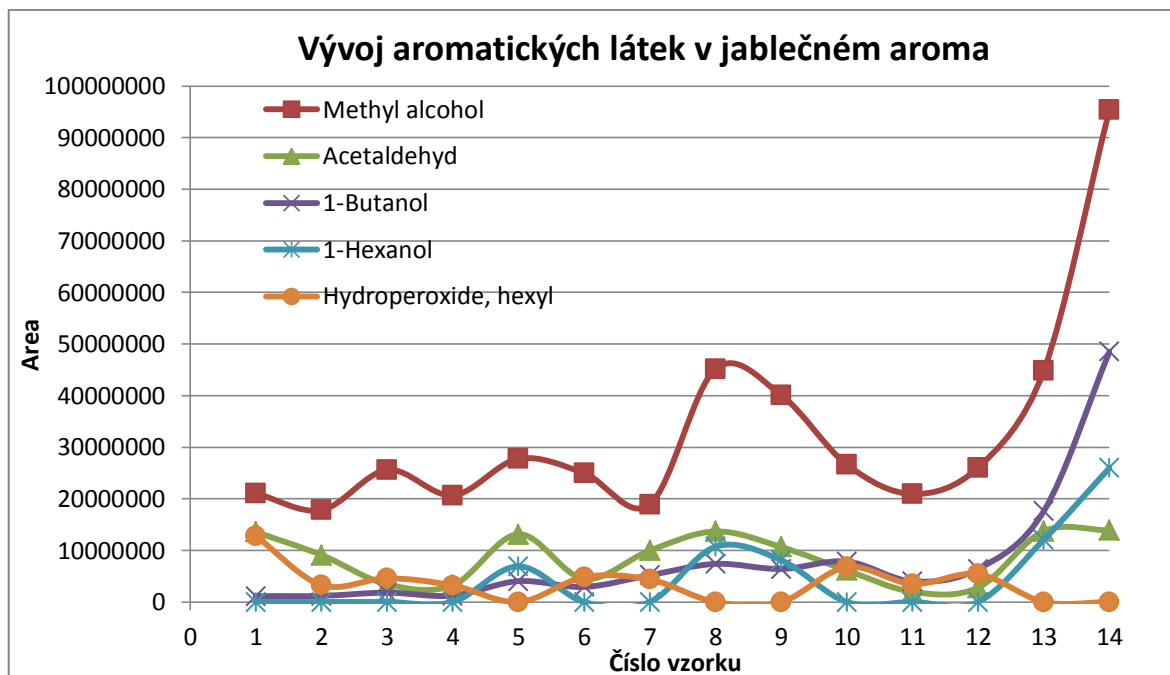
Tab. 15. Identifikace a poměrné zastoupení složek v neupraveném jableč. aroma 9 – 12.

	Název látky	Area			
		Vz. 9	Vz. 10	Vz. 11	Vz. 12
1.	1-Amino-2-butanol	N	N	N	1169783
2.	1-Butanol	6391760	7845398	3983776	6417414
3.	1-Butanol, 2-methyl-	3159225	2694922	1478999	1710612
4.	1-Butanol, 2-methyl-, acetate	N	516587	N	N
5.	1-Butanol, 3-methyl-	1181124	310395	N	N
6.	1-Hexanol	8103553	N	N	N
7.	1-Pentanol	N	N	403412	416853
8.	1-Propanol	1467013	N	N	N
9.	1-Propanol, 2-methyl-	1566847	734974	500447	701643
10.	2-Butanol, (R)-	N	N	N	N
11.	2-Hexen-1-ol, (E)-	N	N	N	N
12.	2-Hexenal	624058	1449290	352108	307433
13.	Acetaldehyd	10667441	6127496	1969380	2783539
14.	Acetic acid, butyl ester	438023	1740776	326216	328584
15.	Acetic acid, methyl ester	N	N	N	N
16.	Cycloserine	N	N	N	N
17.	Ethanimidic acid, ethyl ester	N	1155485	653367	N
18.	Ethanol	553302033	189102188	207930515	264652510
19.	Ethyl Acetate	3951140	2672858	712062	1519610
20.	Hydroperoxide, hexyl	N	6767478	3491989	5405794

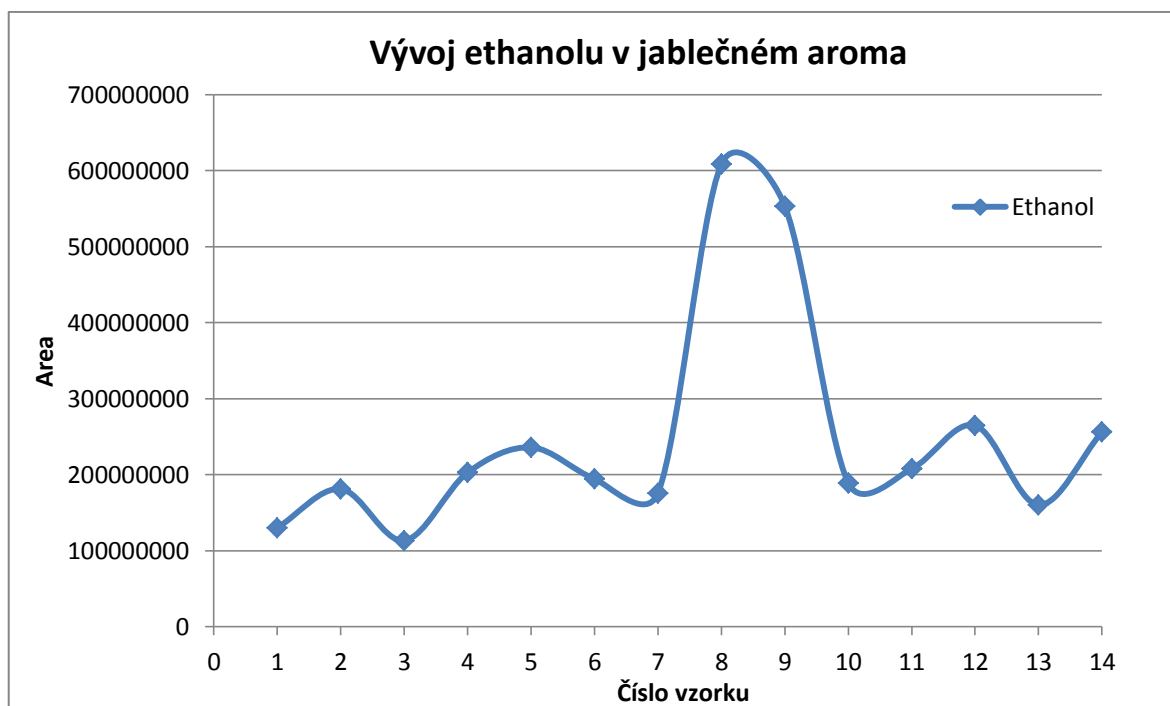
21.	Methyl alcohol	40104842	26640977	20933218	26067816
22.	n-Propyl acetate	N	N	N	N
23.	Oxirane, 2-(1,1 dimethylethyl)-3-ethyl-, cis-	N	N	N	N
24.	Propanamide, 2-hydroxy-	N	N	N	N
25.	$\beta$ -Butyrolactone	N	N	N	N

Tab. 16. Identifikace a poměrné zastoupení složek v neupraveném jableč. aroma 13 – 14.

	Název látky	Area	
		Vz. 13	Vz. 14
1.	1-Amino-2-butanol	N	N
2.	1-Butanol	17620378	48516594
3.	1-Butanol, 2-methyl-	3367911	9985661
4.	1-Butanol, 2-methyl-, acetate	402812	725647
5.	1-Butanol, 3-methyl-	N	321088
6.	1-Hexanol	12088676	25984838
7.	1-Pentanol	N	N
8.	1-Propanol	3009407	8835190
9.	1-Propanol, 2-methyl-	808448	2220337
10.	2-Butanol, (R)-	N	417804
11.	2-Hexen-1-ol, (E)-	N	N
12.	2-Hexenal	1657736	5056085
13.	Acetaldehyd	13730051	13885791
14.	Acetic acid, butyl ester	4880524	7411885
15.	Acetic acid, methyl ester	N	797826
16.	Cycloserine	N	N
17.	Ethanimidic acid, ethyl ester	N	N
18.	Ethanol	160140213	256135579
19.	Ethyl Acetate	2280717	6544132
20.	Hydroperoxide, hexyl	N	N
21.	Methyl alcohol	44843317	95451001
22.	n-Propyl acetate	N	855492
23.	Oxirane, 2-(1,1 dimethylethyl)-3-ethyl-, cis-	N	N
24.	Propanamide, 2-hydroxy-	N	N
25.	$\beta$ -Butyrolactone	N	N



Obr. 14. Vývoj aromatických látek v neupraveném jablečném aroma.



Obr. 15. Vývoj ethanolu v neupraveném jablečném aroma.

Tak jako u hexanových extraktů, i u neupravených vzorků jablečného aroma můžeme ze získaných výsledků konstatovat, že odlišné individuální vlastnosti jednotlivých vzorků jsou

opět způsobeny zejména kvantitativními rozdíly jednotlivých složek aroma. Hlavní složky zde v největším zastoupení tvoří Ethanol, Methyl alcohol, Acetaldehyd, 1-Butanol, 1-Hexanol a Hydroperoxide hexyl, ve stopách se taktéž vyskytuje celá řada vedlejších látek, a to opět jen u některých vzorků.

S výjimkou 1-Butanolu a Hydroperoxide, hexylu, k jejichž tvorbě v jablkách dochází později během zrání, se ale na rozdíl od hexanových extraktů hlavní aromatické látky objevují v neupravených vzorcích jablečného aroma hned od začátku sezóny.

Na obr. 15. je v grafu znázorněn vývoj Ethanolu, který v jablkách vzniká glykolytickým rozkladem monosacharidů a tvoří převážný podíl jablečného aroma. Z grafu je patrné, že právě na konci druhé třetiny zpracovatelské sezóny, kdy je kvalita jablečného aroma nejlepší, zaujímá největší objem.

Obrázek 14 udává opětovně jako u hexanových extraktů přehled o nejvíce zastoupených chemických látkách v neupravených vzorcích jablečného aroma a o jejich chování v průběhu celé sezóny s výjimkou Ethanolu, jehož hodnoty jsou tak jako u Cyclopentane, methylu- řádově několikanásobně vyšší, čímž by bylo zobrazení ostatních složek v grafu opět potlačeno. Jednou ze zobrazených aromatických látek v grafu je Methyl alcohol, který vzniká rozkladem pektinových látek. To je důvod, proč se jeho obsah v koncentrátech jablečného aroma zvyšuje, neboť je známo, že zráním dochází v jablkách k degradaci pektinových látek. Obdobně jako Methyl alcohol, také množství 1-Butanolu se koncem sezóny zvyšuje, jen ne v takovém množství. Ten ale patří mezi vyšší alkoholy, které se tvoří deaminací a redukcí karboxylových skupin z aminokyselin.

Jednotlivé detekované chemické látky v neupravených vzorcích jablečného aroma korespondují s látkami, které jsou dle odborných publikací součástí aroma jablečné šťávy, např. Ethanol; Ethyl acetát; 1-Butanol, 2-methyl-; 1-Hexanol; 2-Hexenal atd. [34, 54].

### 7.4.3 Srovnání jednotlivých typů vzorků

Vyhodnocením chromatogramů, získaných plynovou chromatografií v kombinaci s hmotnostní spektrometrií, byly detekovány chemické sloučeniny, jejichž zastoupení se v neupravených vzorcích jablečného aroma a hexanových extraktech lišilo. Důvodem tohoto rozdílu byla skutečnost, že do hexanu se přednostně vyextrahovaly nepolární a méně polární látky, zatímco v neupravených vzorcích jablečného aroma převažovaly látky o větší polaritě.

## 7.5 Shrnutí získaných výsledků

Zpracováním diplomové práce byly získány výsledky, vedoucí k dosažení několika poznatků:

- Klimatické podmínky mají velký vliv na kvalitu jablečné šťávy. Tyto poznatky byly získány na základě stanovení refraktometrické sušiny. Letošní léto nebylo příliš slunečné, převažovalo chladnější a deštivější počasí, zejména v jeho druhé polovině. To se poté projevilo na obsahu cukrů v jablkách, který nedosahoval takových hodnot, jako v předchozích letech. Tudíž ani jablečná šťáva nedosahovala po celou dobu sezóny těch nejvyšších kvalit.
- Senzorické hodnocení chuti a vůně jablečné šťávy, mající prokazatelně vliv i na charakter jablečného aroma, ukázalo, že ideálním obdobím pro dosažení nejvyšších hodnot je konec druhé a začátek třetí třetiny zpracovatelské sezony, kdy je intenzita vůně v souladu s chutí. Proto je toto období také hodnoceno jako nejvhodnější z hlediska technologické zralosti jablek.
- Z předchozích poznatků lze taktéž konstatovat, že i charakter jablečného aroma je co do kvality a kvantity aromatických sloučenin v tomto období nejideálnější. V závěru sezóny se sice obsah některých aromatických látek výrazně zvyšuje, to ale nesouvisí s kvalitou aroma. Vyrůstá totiž obsah i těch sloučenin, které kvalitu aroma ovlivňují spíše negativně.
- Ze získaných grafů vyplývá, že rozdíly mezi jednotlivými koncentráty aromatických látek jsou spíše charakteru kvantitativního než kvalitativního, tedy v jednotlivých vzorcích až na výjimky jsou zastoupeny vždy obdobné látky, avšak jejich vzájemné poměry se v průběhu sezóny liší.



## ZÁVĚR

Protože jablka zůstávají stále jednou z nejčastěji zpracovávaných surovin v potravinářském průmyslu, je studium jejich aromatických látek dnes velmi aktuální. Zejména co se týče dnes preferovaných látek přírodních. K jejich sledování a výzkumu je nejvíce využívána plynová chromatografie s hmotnostně spektrální detekcí a nezastupitelná je i senzorická analýza.

Kvalitativní složení a kvantitativní zastoupení jednotlivých složek v koncentrátu jablečného aroma je ovlivňováno celou řadou vnějších vlivů (klimatické podmínky, kvalita jablek, způsob skladování a zpracování), což se vždy na chemickém složení jablečného aroma více či méně projeví. Zpracovávaná surovina by proto měla být co nejkvalitnější, bez mikrobiálního napadení a poškození, ve vhodné technologické zralosti. Používaná technologická zařízení by měla být po technické stránce co nejlépe připravena, aby se zajistila co největší výtěžnost jablečné šťávy (tudíž i koncentrátu jablečného aroma) a zároveň i její kvalita.

Z výsledků získaných v diplomové práci můžeme konstatovat, že se charakter jablečného aroma v průběhu celé sezóny zpracování jablek mění. Koncentrát jablečného aroma získaný na počátku sezóny je málo výrazný z hlediska kvality i množství jednotlivých aromatických látek. Vhodnější by proto bylo i z ekonomického hlediska použít jablečnou šťávu v prvních týdnech pouze k výrobě těch výrobků, kde není „hlavní“ jablečné aroma rozhodující (např. k výrobě jablečného vína). V opačném případě, kdy se aromatické látky jímají po celou dobu sezóny a získaný koncentrát těchto látek se používá ke zpětné aromatizaci šťáv, by mělo dojít k důkladnému promíchání celého obsahu koncentrátu, aby byla po celou dobu jeho zpracování do výrobků zajištěna homogenost jednotlivých aromatických látek a tudíž zaručena i stejná kvalita hotových výrobků.

Z uvedeného vyplývá, že dodržением výše uvedených pravidel získáme kvalitní jablečné aroma, jehož význam a použití v potravinářském a kosmetickém průmyslu neustále roste.

V návaznosti na výsledky analýz této diplomové práce by bylo vhodné zajistit obdobným způsobem i profil u organických kyselin, které mají nezanedbatelný vliv na další organoleptické vlastnosti jablek, ale také jsou cenným materiálem např. v kosmetickém průmyslu. To by mohlo být eventuálně náplní další diplomové práce, která by vedla k většímu prohloubení poznatků ohledně jablečného aroma.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] TETERA, Václav a kolektiv. *Ovoce Bílých Karpat*. 1. vyd. Veselí nad Moravou, 2006. 310 s. ISBN 80-903444-5-3.
- [2] BIGGS, Matthew, Jekka M. CVICAROVÁ a Bob FLOWERDEW. *Velká kniha zeleniny, bylin a ovoce*. 1. vyd. Praha: Volvox Globator, 2004. ISBN 80-7207-537-3.
- [3] SUS, Josef a kolektiv. *Obrazový atlas jaderovin*. 1. vyd. Praha: KVĚT, 2000. ISBN 80-85362-38-4.
- [4] HALSALL, Lucy. *Zelenina a ovoce*. 1. vyd. Přeložila Pavla Doubková. Praha: Euromedia Group, k. s. – Knižní klub, 2013. 256 s. ISBN 978-80-242-4017-6.
- [5] RECHTOVÁ, Christine. *Ovocné stromy. Aby se jim dařilo a plodily co nejlépe. Rady odborníků k výsadbám, ošetřování a řezu*. 2. vyd. Praha: Jan Vašut, 2000. ISBN 80-7236-121-X.
- [6] SUS, Josef. *365 dnů s ovocem. Nové rady pro pěstitele*. 1. vyd. Vydavatelství Víkend. 2001. ISBN 80-7222-147-7.
- [7] TETERA, Václav. *Jabloně na Valašsku*. 1. vyd. Nitra: Vysoká škola poľnohospodárska, 1996. Edice Genotyp. Číslo publikace: 7. 108 s. ISBN 80-7137-306-0.
- [8] PEŠEK, Milan a kolektiv. *Potravinářské zbožíznalství*. 1. vyd. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, 2000. 175 s. ISBN 80-7040-399-3.
- [9] JÍLEK, Jan. *Učebnice zavařování a konzervace*. Olomouc: Fontána 2001. ISBN 80-86179-67-2.
- [10] BLAŽEK, Jan. *Pěstujeme jabloně*. 1. vyd. Praha: Brázda, 2001. 256 s. ISBN 80-209-0294-5.
- [11] KYZLINK, V. *Principles of food preservation*. ELSEVIER, Amsterdam-Oxford-New York-Tokyo, 1990. ISBN 0-444-98844-0.
- [12] ROP, Otakar, Pavel VALÁŠEK a Ignác HOZA. *Teoretické principy konzervace potravin I. Hlavní konzervářské suroviny*. 1. vyd. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Academia Centrum, 2005. ISBN 80-7318-339-0.
- [13] PÁNEK, Jan, Jan POKORNÝ, Jana DOSTÁLOVÁ a Pavel KOHOUT. *Základy výživy*. 1. vyd. Praha: Svoboda Servis, 2002. ISBN 80-86320-23-5.

- [14] *Vitaminy v jablkách*. [online]. [cit. 2015-02-15]. Dostupné z: <http://www.sadarstvi.cz/chemicke-slozeni-jablek/>
- [15] BUCHTER-WEISBRODT, Helga a Ulrike SCHÖBER. *Léčíme se jablky*. 1. vyd. Praha: Ivo Železný, 2001. 95 s. ISBN 80-240-2069-6.
- [16] LEE, Chang Yong, Rui Hai LIU and Marian V. EBERHARDT. Nutrition Antioxidant Activity of Fresh Apples. *Nature* [online]. 2000. vol. 405, no. 6789, s. 903-904 [cit. 2015-02-25]. ISSN 0028-0836. Dostupné z: <http://search.proquest.com.proxy.k.utb.cz/docview/204489015?pq-origsite=summon>
- [17] AUGUSTÍN, Jozef. *Dobrou chuť! Tajemství chutí a vůní*. Přeložil Miroslav Zelinský. Praha: NAKLADATELSTVÍ XYZ, s. r. o., 2009. 220 s. ISBN 978-80-7388-025-5.
- [18] JORDÁN, Václav a Marie HEMZALOVÁ. *Antioxidanty - zázračné zbraně, vitaminy - aminokyseliny - stopové prvky - minerály a jejich využití pro zdravý život*. 1. vyd. Brno: JOTA, 2001. 160 s. ISBN 80-7217-156-9.
- [19] HRABĚ, J., O. ROP a I. HOZA. *Technologie výroby potravin rostlinného původu*. 1. vyd. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta technologická, 2006. 178 s. ISBN 80-7318-372-2.
- [20] SOULEYRE, Edwige J. F., David R. GREENWOOD, Ellen N. FRIEL, Sakuntala KARUNAIRETNAM and Richard D. NEWCOMB. An Alcohol Acyl Transferase from Apple (Cv. Royal Gala), MpAAT1, Produces Esters Involved in Apple Fruit Flavor. *FEBS Journal* [online]. 2005. vol. 272, no. 12, s. 3132-3144 [cit. 2015-02-26]. ISSN 1742-464X. Dostupné z: <http://onlinelibrary.wiley.com.proxy.k.utb.cz/doi/10.1111/j.1742-4658.2005.04732.x/full>
- [21] HÁLKOVÁ, Jana, Marie RUMÍŠKOVÁ a Jana RIEGLOVÁ. *Analýza potravin*. 2. vyd. Újezd u Brna: RNDr. Ivan Straka – vydavatel odborných publikací, 2001. 101 s. ISBN 80-86494-02-0.
- [22] VALÁŠEK, Pavel. *Vztah sezonnosti zpracování jablek ke kvalitě získaného aroma*. Bratislava, 1991. Kandidátská dizertační práce. Slovenská vysoká škola technická, Chemicko-technologická fakulta, Katedra chémie a technológie sacharidov a potravin. Vedoucí kandidátské dizertační práce: Alexander Príbela.

- [23] MEHINAGIC, Emira, Gaëlle ROYER, Ronan SYMONEAUX, Frédérique JOURJON and Carole PROST. Characterization of Odor-active Volatiles in Apples: Influence of Cultivars and Maturity Stage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* [online]. 2006. vol. 54, no. 7, s. 2678-2687 [cit. 2015-02-26]. ISSN 0021-8561. Dostupné z:  
<http://pubs.acs.org.proxy.k.utb.cz/doi/abs/10.1021/jf052288n>
- [24] COSTA, Fabrizio, Luca CAPPELLIN, Elena ZINI, Andrea PATOCCHI, Markus KELLERHALS, Matteo KOMJANC, Cesare GESSLER and Franco BIASIOLI. QTL Validation and Stability for Volatile Organic Compounds (VOCs) in Apple. *Plant Science* [online]. 2013. vol. 211, s. 1-7 [cit. 2015-02-26]. ISSN 0168-9452. Dostupné z:  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168945213001349>
- [25] VALÁŠEK, P., O. ROP. *Analýza potravin - přírodní látky – doplňkové texty k základnímu kurzu*. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta technologická, 2007. 151 s. ISBN 978-80-7318-585-5.
- [26] DAVÍDEK, Jiří, Jana HAJŠLOVÁ, Jan POKORNÝ a Jan VELÍŠEK. *Chemie potravin*. 2. vyd. Praha: VŠCHT, 1991. 142 s. ISBN 80-7080-097-6.
- [27] VELÍŠEK, Jan a Jana HAJŠLOVÁ. *Chemie potravin*. 3. rozšířené a přepracované vyd. Tábor: OSSIS, 2009. ISBN 978-80-86659-17-6.
- [28] KOMTHONG, Pongsuriya, Shoichi HAYAKAWA, Tatsuo KATOH, Noriyuki IGURA and Mitsuya SHIMODA. Determination of Potent Odorants in Apple by Headspace Gas Dilution Analysis. *LWT - Food Science and Technology* [online]. 2006. vol. 39, no. 5, s. 472-478 [cit. 2015-02-28]. ISSN 0023-6438. Dostupné z:  
<http://www.sciencedirect.com.proxy.k.utb.cz/science/article/pii/S0023643805000629>
- [29] PRÍBELA, A. a A. Ďurčanská. *Zhodnotenie komerčných koncentrátov aromatických látok*. Bratislava, 1989. Sborník přednášek z vědecké konference při příležitosti 45. výročí založení Katedry chemie a technologie sacharidov a potravin. Chemicko-technologická fakulta SVŠT. s. 127.
- [30] UHROVÁ, H. *Děláme si sami: slivovici, meruňkovici, hruškovici, jablkovici a jiné ovocné destiláty, vína, šťávy a sirupy*. 1. vyd. Praha: Víkend, 2001. 107 s. ISBN 80-7222-180-9.

- [31] ROP, Otakar a Jan HRABĚ. *Nealkoholické a alkoholické nápoje*. 1. vyd. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2009. ISBN 978-80-7318-748-4.
- [32] KADLEC, P. *Technologie potravin I*. 1. vyd. Praha: VŠCHT, 2002. 300 s. ISBN 80-7080-509-9.
- [33] KADLEC, Pavel a kolektiv. *Procesy potravinářských a biochemických výrob*. 1. vyd. Praha: VŠCHT, 2003. 308 s. ISBN 80-7080-527-7.
- [34] Interní materiály firmy Linea Nivnice, a.s.
- [35] VALÁŠEK, P. *Technologické využití aromatických látek v konzervářském a nápojářském průmyslu*. Písemná práce k aspirantskému minimu, SVŠT Bratislava, 1987. 64 s.
- [36] DOSTÁLOVÁ, Jana, Pavel KADLEC a kolektiv. *Technologie potravin. Potravinářské zboží*. 1. vyd. Ostrava-Přívov: KEY Publishing s.r.o., 2014. s. 65-66. ISBN 978-80-7418-208-2.
- [37] KRÁLOVÁ, Blanka, Ladislav FUKAL, Pavel RAUCH a Tomáš RUML. *Bioanalytické metody*. 3. vyd. Praha: VŠCHT, 2001. s. 176. ISBN 80-7080-449-1.
- [38] GÄRTNER, Harald, Manfred HOFFMANN, Horst SCHASCHKE a Ina Maria SCHÜRMAN. *Kompendium chemie*. 1. vyd. Přeložili doc. RNDr. Ladislav LEŠETICKÝ, CSc. a RNDr. František ZEMÁNEK. Praha: Euromedia Group, k.s. - Knižní klub v edici Universum, 2007. ISBN 978-80-242-2012-3.
- [39] POLÁK, Rudolf a Rudolf ZAHRADNÍK. *Obecná chemie*. 1. vyd. Praha: Akademie věd České republiky, 2000. s. 204. ISBN 80-200-0794-6.
- [40] *Schéma plynového chromatografu*. [online]. [cit. 2015-04-20]. Dostupné z: <https://publi.cz/books/141/05.html>
- [41] HOLZBECHER, Záviš, Jaroslav CHURÁČEK a kolektiv. *Analytická chemie*. 1. vyd. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1987. 664 s. 04-612-87.
- [42] KLOUDA, Pavel. *Moderní analytické metody*. 2. upravené a doplněné vyd. Ostrava: Pavel Klouda, 2003. 132 s. ISBN 80-86369-07-2.
- [43] EICEMAN, Gary A., Jorge GARDEA-TORRESDEY, Ed OVERTON, Ken CARNEY and Frank DORMAN. *Gas Chromatography. Analytical Chemistry* [online]. 2004. vol. 76, no. 123387 [cit. 2015-03-16]. ISSN 0003-2700. Dostupné z: <http://pubs.acs.org.proxy.k.utb.cz/doi/full/10.1021/ac0400663>

- [44] SMOLKOVÁ, E., L. FELTL. *Analýza látek v plynném stavu*. Praha: Nakladatelství technické literatury, 1991. s. 234,383. ISBN 80-03-00604-X.
- [45] MARRIOTT, Philip and Robert SHELLIE. Principles and Applications of Comprehensive Two-dimensional Gas Chromatography. *Trends in Analytical Chemistry* [online]. 2002. vol. 21, no. 9, s. 573-583 [cit. 2015-03-20]. ISSN 0165-993. Dostupné z:  
<http://www.sciencedirect.com.proxy.k.utb.cz/science/article/pii/S0165993602008142>
- [46] MARRIOTT, Philip J., Sung-Tong CHIN, Bussayarat MAIKHUNTHOD, Hans-Georg SCHMARR and Stefan BIERI. Multidimensional Gas Chromatography. *Trends in Analytical Chemistry* [online]. 2012. vol. 34, s. 1-21 [cit. 2015-03-22]. ISSN 0165-9936. Dostupné z:  
<http://www.sciencedirect.com.proxy.k.utb.cz/science/article/pii/S0165993612000167>
- [47] JOSKA, Luděk a Kateřina PŘIKRYLOVÁ. *Speciální chemické a instrumentální analytické metody*. 1. vyd. Praha: VŠCHT v Čs. redakci VN MON, 1990. s. 114-123. ISBN 80-7080-060-7.
- [48] *Hmotnostní spektrometr s kvadrupólem*. [online]. [cit. 2015-03-23]. Dostupné z:  
<http://ksicht.natur.cuni.cz/serialy/detektivni-chemie/2>
- [49] HÁLKOVÁ, Jana, Marie RUMÍŠKOVÁ a Jana RIEGLOVÁ. *Analýza potravin: laboratorní cvičení*. 2. vyd. Újezd u Brna: RNDr. Ivan Straka – vydavatel odborných publikací, 2001. 109 s. ISBN 80-864-9403-9.
- [50] *Stolní refraktometr Abbe*. [online]. [cit. 2015-03-28]. Dostupné z:  
<http://www.superto.cz/162433-stolni-refraktometr-abbe>
- [51] VONDRUŠKA, Milan. *Analytická chemie*. 1. vyd. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2004. 170 s. ISBN 80-7318-212-2.
- [52] *Plynový chromatograf Agilent 7820A*. [online]. [cit. 2015-04-03]. Dostupné z:  
<http://hpst.cz/analyticka-chemie/plynove-chromatografy/agilent-7820-gc-system>
- [53] *Hmotnostní spektrometr Agilent 5975*. [online]. [cit. 2015-04-03]. Dostupné z:  
<http://hpst.cz/analyticka-chemie/jednoduchy-single-kvadrupol/agilent-5975c-gcmsd-system>

- [54] WOLTER, Karolin, Achim GESSLER and Peter WINTERHALTER. Evaluation of Apple Juice Aroma. In: Da Costa, N. C. – Canon, R. J.. Flavors in Noncarbonated Beverages. Washington, DC: *American Chemical Society* [online]. 2010. vol. 1036. s. 103-114 [cit. 2015-03-22]. ISBN13: 9780841225510, eISBN: 9780841225527. Dostupné z: <http://pubs.acs.org.proxy.k.utb.cz/doi/abs/10.1021/bk-2010-1036.ch008>

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

atd.	a tak dále
apod.	a podobně
max.	maximálně
např.	například
n. l.	našeho letopočtu
př. n. l.	před naším letopočtem
tzv.	takzvaný, takzvaně
FMN	flavinmononukleotid
FAD	flavinadenindinukleotid
TAG	triacylglycerol
UV	ultrafialové záření
VIS	záření v oblasti viditelného spektra
GC	plynová chromatografie
MS	hmotnostní spektrometrie



**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obr. 1. Hydraulický lis Bucher HPX 5005i.....	33
Obr. 2. Jímač aroma – ovládací část.....	36
Obr. 3. Jímač aroma – rektifikační kolona.....	36
Obr. 4. Schéma plynového chromatografu [40].....	38
Obr. 5. Schéma MS s kvadrupólem [48].....	43
Obr. 6. Refraktometr Abbe [50].....	48
Obr. 7. Plynový chromatograf Agilent 7820A a hmotnostní spektrometr Agilent 5975....	52
Obr. 8. Zastoupení látek v hexanovém extraktu 13.....	57
Obr. 9. Zastoupení látek v neupraveném vzorku jablečného aroma 14.....	58
Obr. 10. Vyhodnocení vzorku jablečného aroma 1 počítačovým softwarem.....	59
Obr. 11. Chromatogram neupraveného vzorku jablečného aroma 13.....	60
Obr. 12. Vývoj aromatických látek v hexanových extraktech.....	65
Obr. 13. Vývoj Cyclopentane, methylo- v hexanových extraktech.....	65
Obr. 14. Vývoj aromatických látek v neupraveném jablečném aroma.....	70
Obr. 15. Vývoj ethanolu v neupraveném jablečném aroma.....	70

**SEZNAM TABULEK**

Tab. 1. Sloučeniny identifikované v koncentrátech jablečného aroma [29].....	27
Tab. 2. Data odběru vzorků.....	46
Tab. 3. Bodové senzoričké hodnocení pro jablečnou šťávu.....	50
Tab. 4. Naměřené hodnoty refraktometrické sušiny.....	54
Tab. 5. Zjištěné hodnoty titrační kyselosti.....	55
Tab. 6. Výsledky senzoričkého hodnocení čerstvé jablečné šťávy.....	56
Tab. 7. Přehled aromatických látek v hexanovém extraktu 13.....	57
Tab. 8. Přehled aromatických látek v neupraveném vzorku jablečného aroma 14.....	58
Tab. 9. Identifikace a poměrné zastoupení složek v hexanovém extraktu 1-4.....	60
Tab. 10. Identifikace a poměrné zastoupení složek v hexanovém extraktu 5-8.....	61
Tab. 11. Identifikace a poměrné zastoupení složek v hexanovém extraktu 9-12.....	62
Tab. 12. Identifikace a poměrné zastoupení složek v hexanovém extraktu 13-14.....	64
Tab. 13. Identifikace a poměrné zastoupení složek v neupraveném jableč. aroma 1-4.....	66
Tab. 14. Identifikace a poměrné zastoupení složek v neupraveném jableč. aroma 5-8.....	67
Tab. 15. Identifikace a poměrné zastoupení složek v neupraveném jableč. aroma 9-12.....	68
Tab. 16. Identifikace a poměrné zastoupení složek v neupraveném jableč. aroma 13-14.....	69

## SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha PI      Aromatické látky v neupraveném jablečném aroma
- Příloha PII     Aromatické látky v hexanových extraktech
- Příloha PIII    Fotodokumentace průběhu zpracovatelské sezóny

## PŘÍLOHA P I: AROMATICKÉ LÁTKY V NEUPRAVENÉM JABLEČNÉM AROMA

*Tab. Přehled aromatických látek v neupraveném vzorku jablečného aroma 1.*

	Název látky	RT	Area	% pravdě- podobnosti
1.	Ethyl Acetate	3,101	1382990	34,0
2.	Acetaldehyd	7,987	13572389	71,4
3.	Methyl alcohol	8,892	21052285	94,5
4.	Ethanol	11,792	130152721	96,6
5.	Ethyl Acetate	13,371	1112914	45,1
6.	Cycloserine	17,883	574320	65,0
7.	Ethyl Acetate	19,628	914504	72,4
8.	1-Butanol	21,038	1141757	41,2
9.	1-Butanol, 2-methyl-	24,970	628235	29,9
10.	1-Butanol, 2-methyl-	26,236	626810	21,4
11.	1-Butanol, 2-methyl-	27,623	518872	21,2
12.	2-Hexenal	32,093	972444	35,5
13.	2-Hexen-1-ol, (E)-	32,472	1010104	61,2
14.	Hydroperoxide, hexyl	32,550	4561371	25,0
15.	Hydroperoxide, hexyl	32,906	4355652	46,0
16.	2-Hexenal	33,139	1223223	34,9
17.	Hydroperoxide, hexyl	33,341	3874448	38,2

*Tab. Přehled aromatických látek v neupraveném vzorku jablečného aroma 2.*

	Název látky	RT	Area	% pravdě- podobnosti
1.	Acetaldehyd	7,996	9103612	76,4
2.	Methyl alcohol	8,898	17812373	96,7
3.	Ethanol	11,803	181081142	96,8
4.	Ethyl Acetate	19,631	1409502	82,8
5.	Cycloserine	21,872	274442	17,9
6.	1-Butanol	23,835	1184382	38,1
7.	1-Butanol, 2-methyl-	27,622	628146	34,6
8.	2-Hexenal	33,145	433121	22,2
9.	Hydroperoxide, hexyl	33,342	3272424	35,9

Tab. Přehled aromatických látek v neupraveném vzorku jablečného aroma 3.

	Název látky	RT	Area	% pravděpodobnosti
1.	Acetaldehyd	7,974	3416733	77,5
2.	Methyl alcohol	8,899	25598976	96,1
3.	Ethanol	11,791	113322656	96,4
4.	Propanamide, 2-hydroxy-	12,051	105859	71,7
5.	Ethanimidic acid, ethyl ester	17,865	370913	60,1
6.	Ethyl Acetate	19,627	1293119	87,7
7.	Cycloserine	21,870	319081	21,3
8.	1-Butanol	23,824	1805643	57,8
9.	1-Butanol, 2-methyl-	27,624	1089508	41,5
10.	2-Hexenal	33,142	791790	29,3
11.	Hydroperoxide, hexyl	33,337	4588129	27,9

Tab. Přehled aromatických látek v neupraveném vzorku jablečného aroma 4.

	Název látky	RT	Area	% pravděpodobnosti
1.	Acetaldehyd	7,972	3223938	82,8
2.	Methyl alcohol	8,895	20666218	95,8
3.	Ethanol	11,806	202698974	96,5
4.	Ethanimidic acid, ethyl ester	17,878	374130	64,3
5.	Ethyl Acetate	19,627	1676214	89,3
6.	$\beta$ -Butyrolactone	21,870	385154	17,6
7.	1-Butanol	23,824	1229700	53,8
8.	Oxirane, 2-(1,1 dimethylethyl)-3-ethyl-, cis-	27,471	292220	11,6
9.	1-Butanol, 2-methyl-	27,623	936969	30,5
10.	Hydroperoxide, hexyl	33,339	3215663	23,8

Tab. Přehled aromatických látek v neupraveném vzorku jablečného aroma 5.

	Název látky	RT	Area	% pravděpodobnosti
1.	Acetaldehyd	8,060	13131029	76,2
2.	Methyl alcohol	8,896	27750059	81,3
3.	Ethanol	11,810	235851085	96,5
4.	Ethanimidic acid, ethyl ester	17,860	966453	47,5
5.	Ethyl Acetate	19,623	4113700	80,9
6.	1-Propanol, 2-methyl-	21,863	1122261	62,6

7.	1-Butanol	23,818	4036470	68,8
8.	1-Butanol, 3-methyl-	27,470	389841	15,3
9.	1-Butanol, 2-methyl-	27,619	2574849	34,9
10.	2-Hexenal	33,140	870248	36,5
11.	1-Hexanol	33,338	6904376	24,3

Tab. Přehled aromatických látek v neupraveném vzorku jablečného aroma 6.

	Název látky	RT	Area	% pravděpodobnosti
1.	Acetaldehyd	8,055	4477388	71,2
2.	Methyl alcohol	8,890	24974257	81,2
3.	Ethanol	11,805	194653522	96,4
4.	1-Amino-2-butanol	17,858	644760	61,7
5.	Ethyl Acetate	19,625	1418145	89,2
6.	1-Propanol, 2-methyl-	21,860	1176307	68,9
7.	1-Butanol	23,818	2921947	69,8
8.	1-Butanol, 2-methyl-	27,618	1971095	39,9
9.	2-Hexenal	33,138	474653	26,1
10.	Hydroperoxide, hexyl	33,336	4808364	38,9

Tab. Přehled aromatických látek v neupraveném vzorku jablečného aroma 7.

	Název látky	RT	Area	% pravděpodobnosti
1.	Acetaldehyd	7,994	9974019	82,1
2.	Methyl alcohol	8,893	18917861	80,7
3.	Ethanol	11,802	175546894	96,4
4.	Ethanimidic acid, ethyl ester	17,861	476725	53,6
5.	Ethyl Acetate	19,625	1148330	87,7
6.	1-Propanol, 2-methyl-	21,859	1117312	79,9
7.	1-Butanol	23,814	5185070	73,5
8.	1-Butanol, 3-methyl-	27,468	333142	6,52
9.	1-Butanol, 2-methyl-	27,620	1236887	56,5
10.	2-Hexenal	33,138	583138	34,1
11.	Hydroperoxide, hexyl	33,337	4366734	42,9

Tab. Přehled aromatických látek v neupraveném vzorku jablečného aroma 8.

	Název látky	RT	Area	% pravděpodobnosti
1.	Acetaldehyd	7,973	13673698	82,3
2.	Methyl alcohol	8,894	45149460	81,9
3.	Ethanol	11,873	608331419	96,4
4.	1-Propanol	17,845	1618737	69,7
5.	Ethyl Acetate	19,618	7063233	89,6
6.	1-Propanol, 2-methyl-	21,854	2661846	76,8
7.	1-Butanol	23,811	7385227	70,1
8.	1-Butanol, 3-methyl-	27,462	1628734	37,4
9.	1-Butanol, 2-methyl-	27,614	3693394	58,0
10.	Acetic acid, butyl ester	30,046	492072	39,2
11.	2-Hexenal	33,136	1144760	32,9
12.	1-Hexanol	33,335	10699710	26,7

Tab. Přehled aromatických látek v neupraveném vzorku jablečného aroma 9.

	Název látky	RT	Area	% pravděpodobnosti
1.	Acetaldehyd	7,977	10667441	75,8
2.	Methyl alcohol	8,893	40104842	81,2
3.	Ethanol	11,865	553302033	96,3
4.	1-Propanol	17,846	1467013	40,2
5.	Ethyl Acetate	19,620	3951140	88,0
6.	1-Propanol, 2-methyl-	21,857	1566847	73,3
7.	1-Butanol	23,811	6391760	79,7
8.	1-Butanol, 3-methyl-	27,462	1181124	62,6
9.	1-Butanol, 2-methyl-	27,614	3159225	40,0
10.	Acetic acid, butyl ester	30,047	438023	53,5
11.	2-Hexenal	33,139	624058	21,5
12.	1-Hexanol	33,335	8103553	21,3

Tab. Přehled aromatických látek v neupraveném vzorku jablečného aroma 10.

	Název látky	RT	Area	% pravděpodobnosti
1.	Acetaldehyd	7,980	6127496	82,8
2.	Methyl alcohol	8,888	26640977	80,5
3.	Ethanol	11,803	189102188	96,2
4.	Ethanimidic acid, ethyl ester	17,841	1155485	41,6

5.	Ethyl Acetate	19,620	2672858	87,8
6.	1-Propanol, 2-methyl-	21,859	734974	36,8
7.	1-Butanol	23,809	7845398	73,0
8.	1-Butanol, 3-methyl-	27,466	310395	21,8
9.	1-Butanol, 2-methyl-	27,613	2694922	57,5
10.	Acetic acid, butyl ester	30,043	1740776	79,5
11.	1-Butanol, 2-methyl-, acetate	32,924	516587	74,6
12.	2-Hexenal	33,135	1449290	41,3
13.	Hydroperoxide, hexyl	33,333	6767478	33,4

Tab. Přehled aromatických látek v neupraveném vzorku jablečného aroma 11.

	Název látky	RT	Area	% pravděpodobnosti
1.	Acetaldehyd	7,973	1969380	74,3
2.	Methyl alcohol	8,890	20933218	81,3
3.	Ethanol	11,808	207930515	96,2
4.	Ethanimidic acid, ethyl ester	17,853	653367	58,3
5.	Ethyl Acetate	19,630	712062	67,4
6.	1-Propanol, 2-methyl-	21,858	500447	22,2
7.	1-Butanol	23,811	3983776	59,9
8.	1-Pentanol	27,461	403412	16,2
9.	1-Butanol, 2-methyl-	27,614	1478999	36,8
10.	Acetic acid, butyl ester	30,053	326216	43,5
11.	2-Hexenal	33,139	352108	16,5
12.	Hydroperoxide, hexyl	33,336	3491989	42,5

Tab. Přehled aromatických látek v neupraveném vzorku jablečného aroma 12.

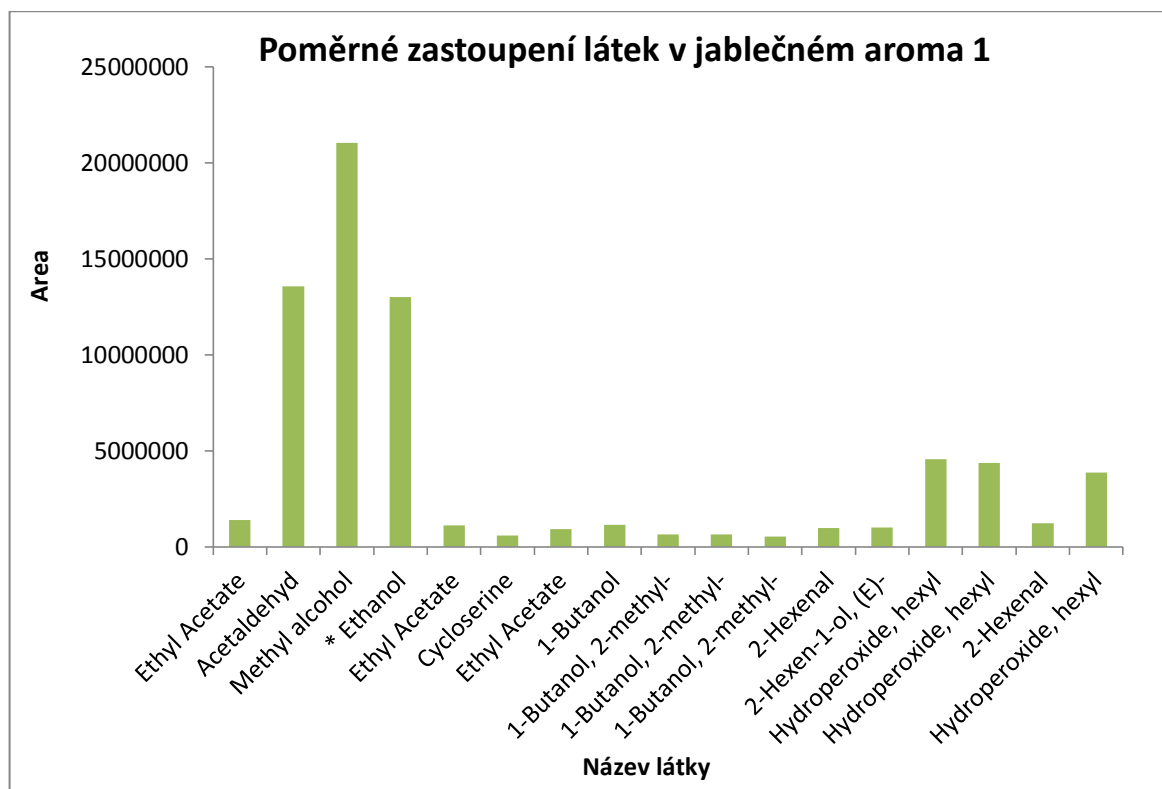
	Název látky	RT	Area	% pravděpodobnosti
1.	Acetaldehyd	7,996	2783539	75,5
2.	Methyl alcohol	8,890	26067816	81,1
3.	Ethanol	11,820	264652510	96,3
4.	1-Amino-2-butanol	17,849	1169783	49,0
5.	Ethyl Acetate	19,623	1519610	88,2
6.	1-Propanol, 2-methyl-	21,861	701643	31,4
7.	1-Butanol	23,810	6417414	73,4
8.	1-Pentanol	27,472	416853	23,3
9.	1-Butanol, 2-methyl-	27,616	1710612	41,2
10.	Acetic acid, butyl ester	30,051	328584	67,0



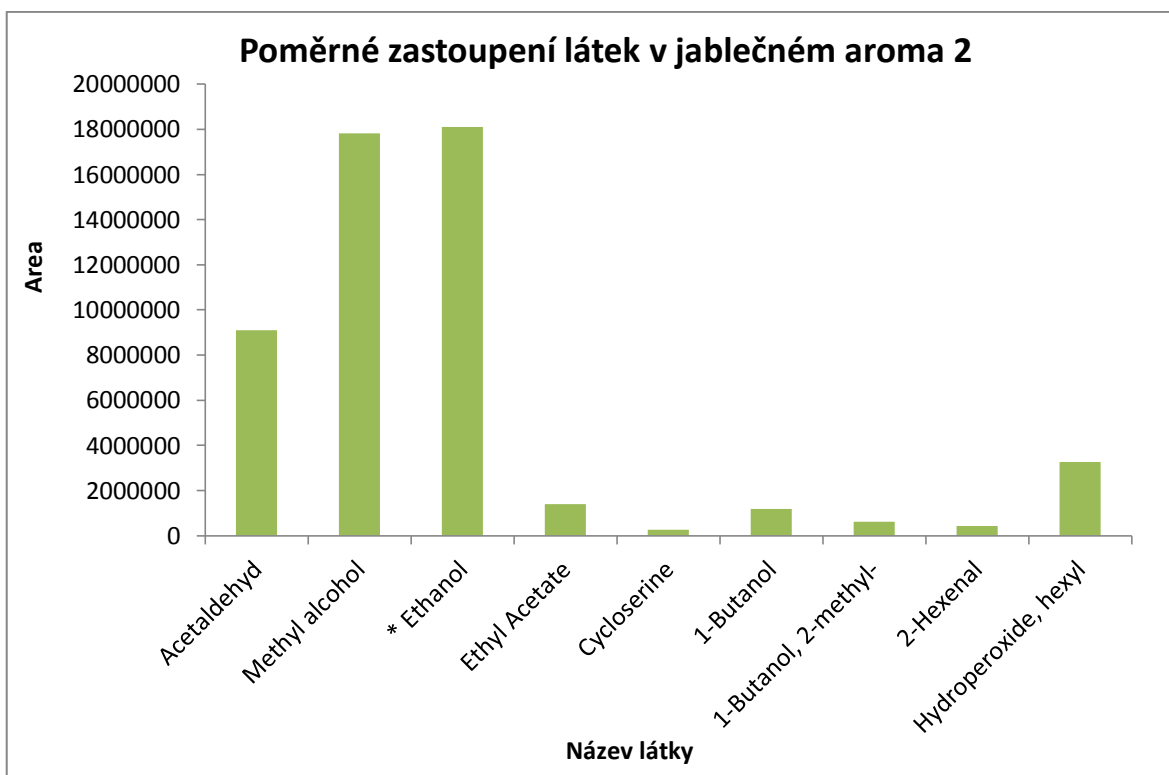
11.	2-Hexenal	33,139	307433	17,5
12.	Hydroperoxide, hexyl	33,334	5405794	41,0

Tab. Přehled aromatických látek v neupraveném vzorku jablečného aroma 13.

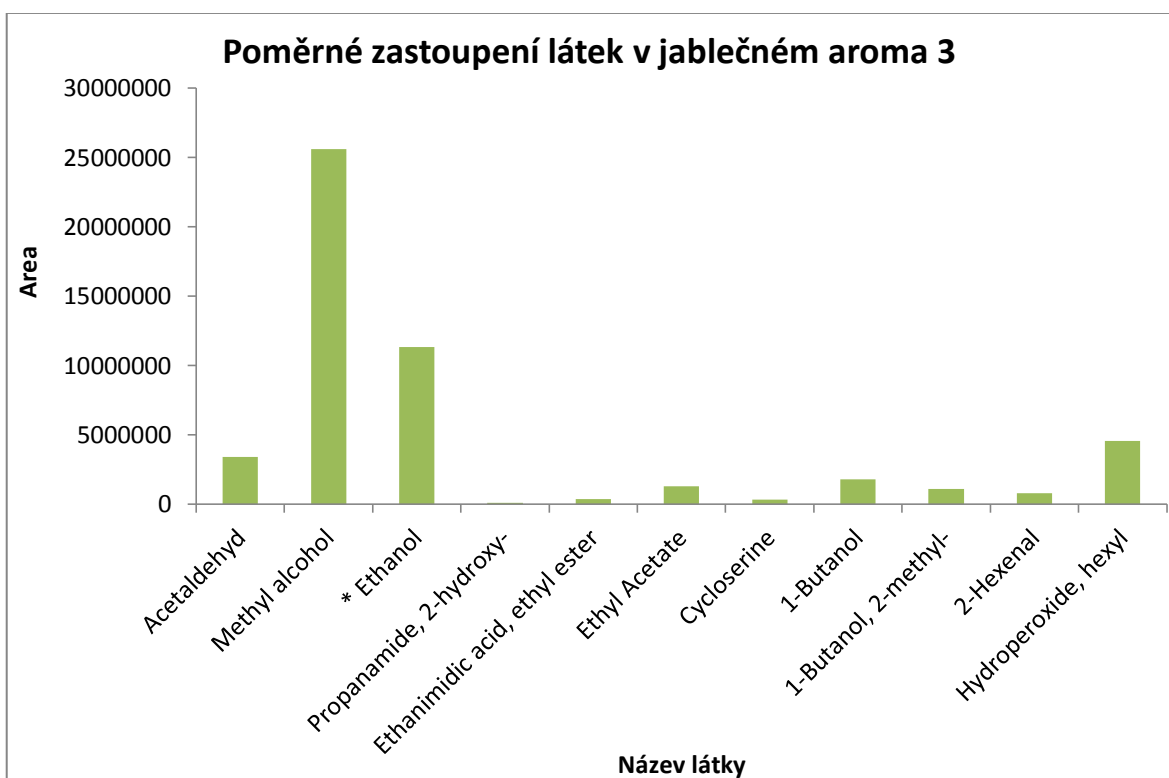
	Název látky	RT	Area	% pravdě- podobnosti
1.	Acetaldehyd	8,049	13730051	84,5
2.	Methyl alcohol	8,891	44843317	81,7
3.	Ethanol	11,798	160140213	96,2
4.	1-Propanol	17,834	3009407	90,3
5.	Ethyl Acetate	19,621	2280717	91,0
6.	1-Propanol, 2-methyl-	21,857	808448	57,6
7.	1-Butanol	23,807	17620378	85,6
8.	1-Butanol, 2-methyl-	27,613	3367911	35,0
9.	Acetic acid, butyl ester	30,040	4880524	81,7
10.	1-Butanol, 2-methyl-, acetate	32,926	402812	46,6
11.	2-Hexenal	33,135	1657736	34,4
12.	1-Hexanol	33,334	12088676	21,9



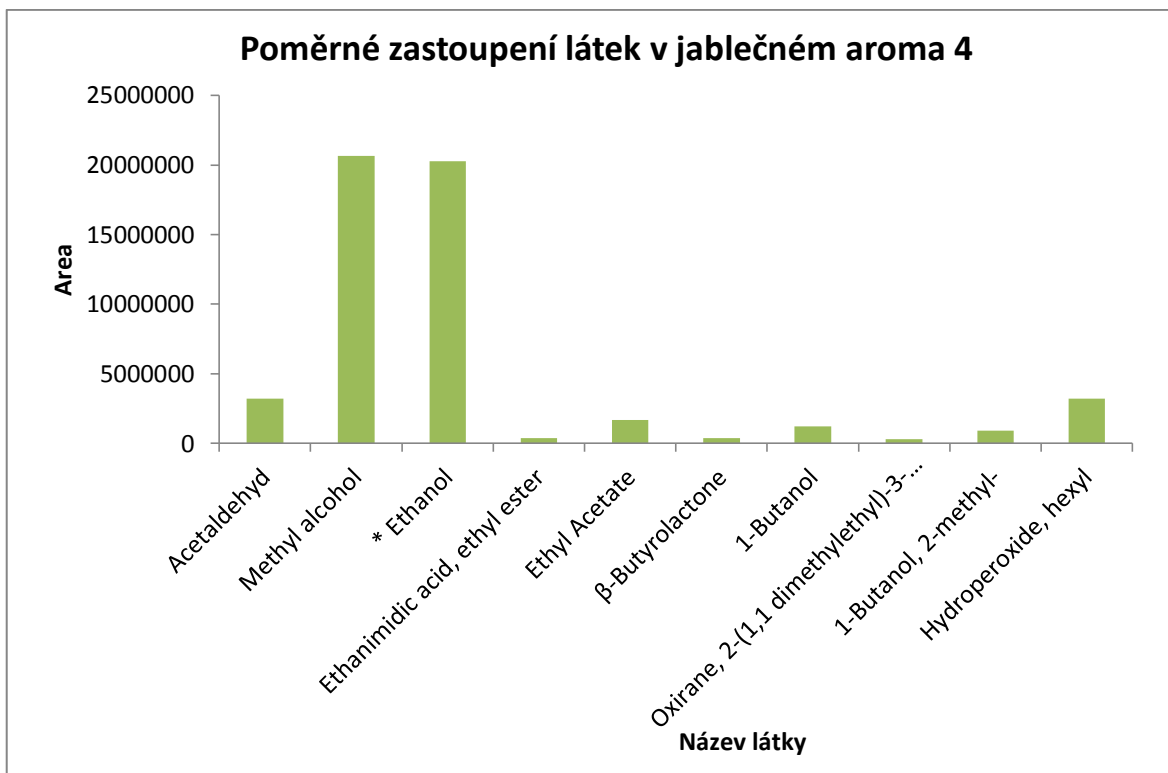
Obr. Zastoupení látek v neupraveném vzorku jablečného aroma 1.



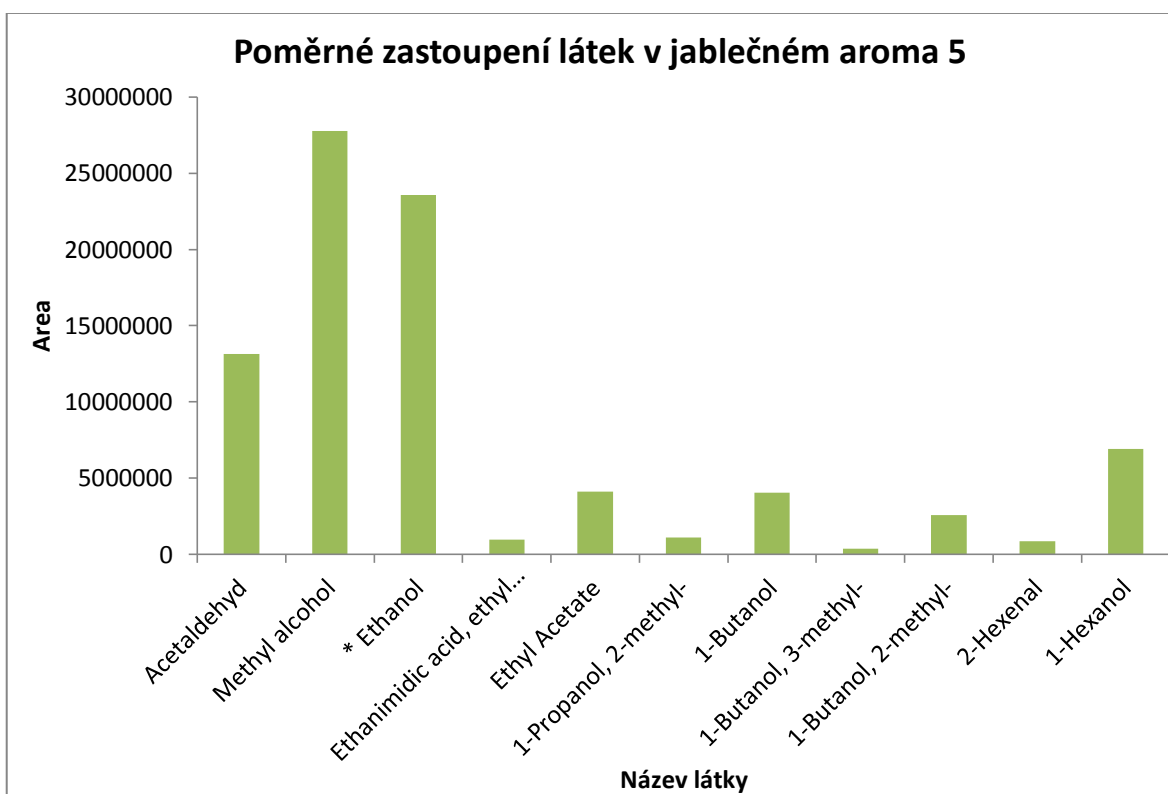
Obr. Zastoupení látek v neupraveném vzorku jablečného aroma 2.



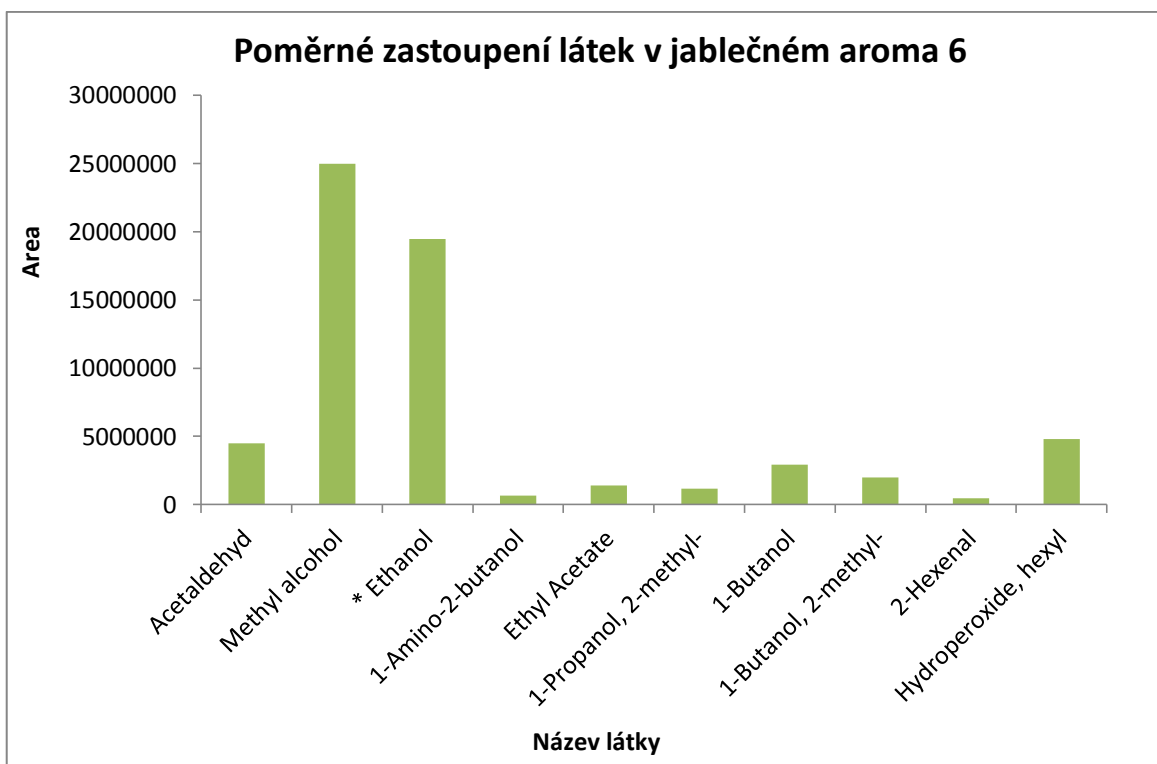
Obr. Zastoupení látek v neupraveném vzorku jablečného aroma 3.



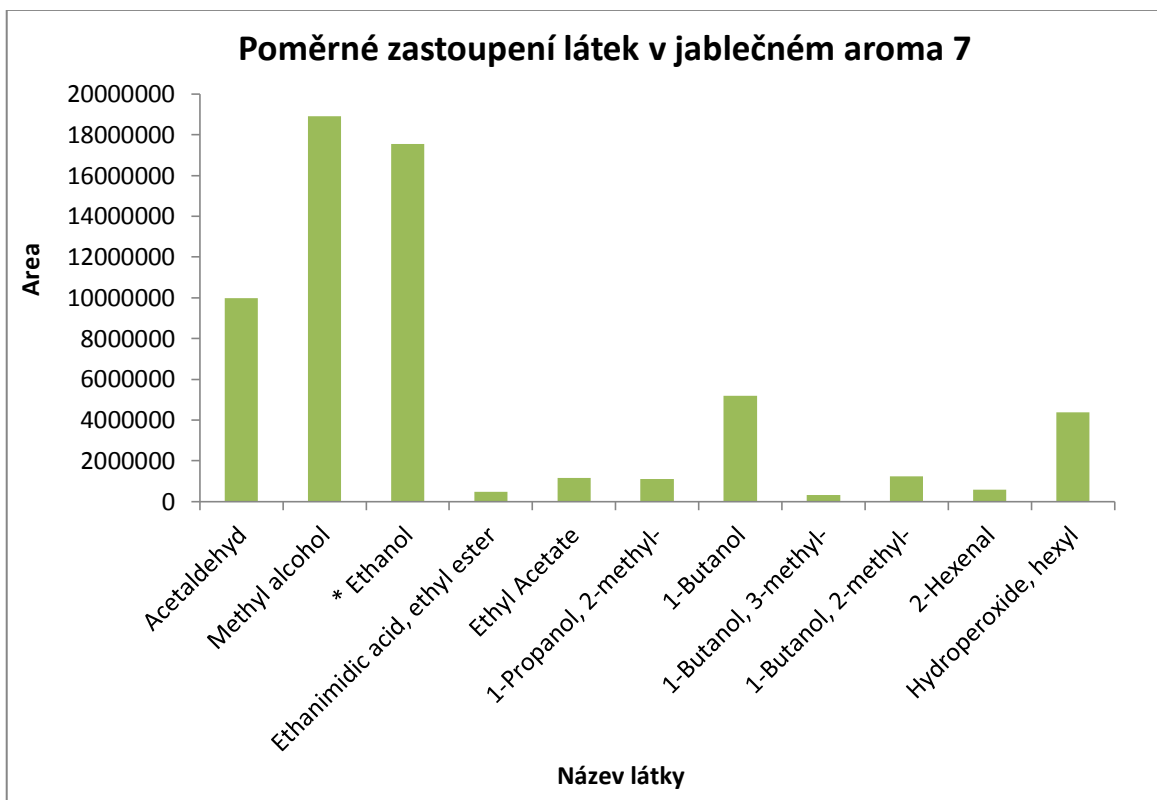
Obr. Zastoupení látek v neupraveném vzorku jablečného aroma 4.



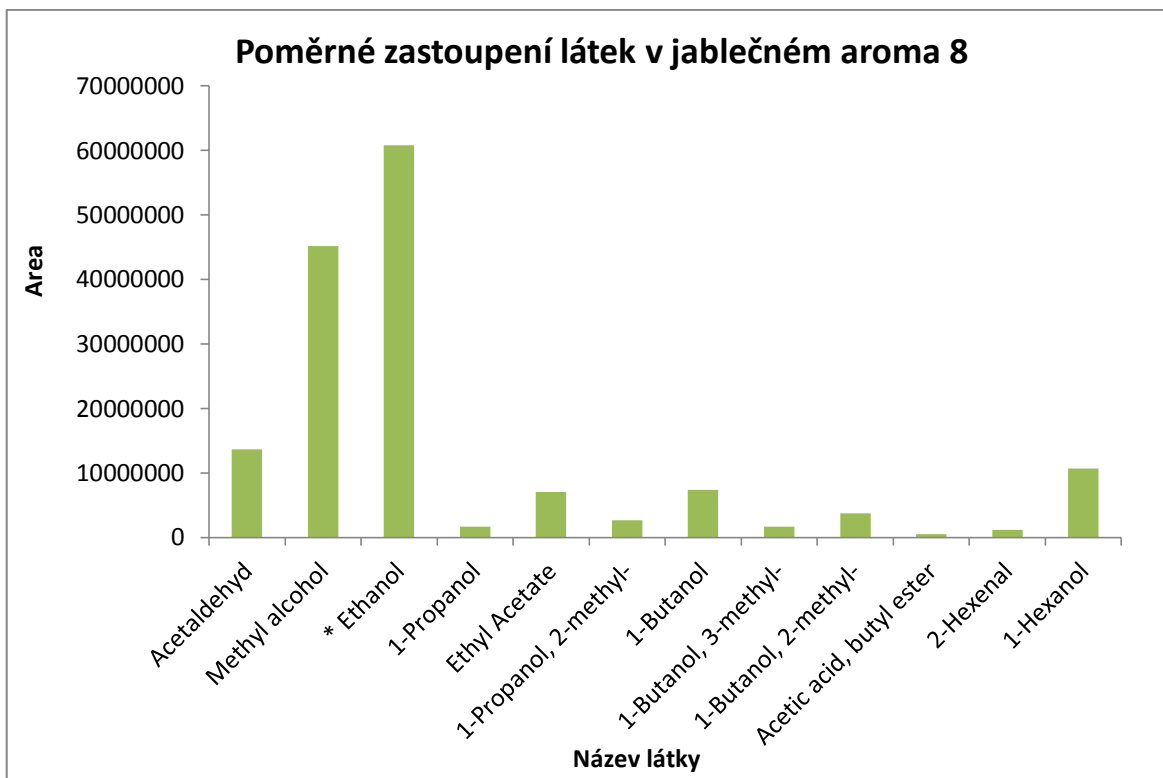
Obr. Zastoupení látek v neupraveném vzorku jablečného aroma 5.



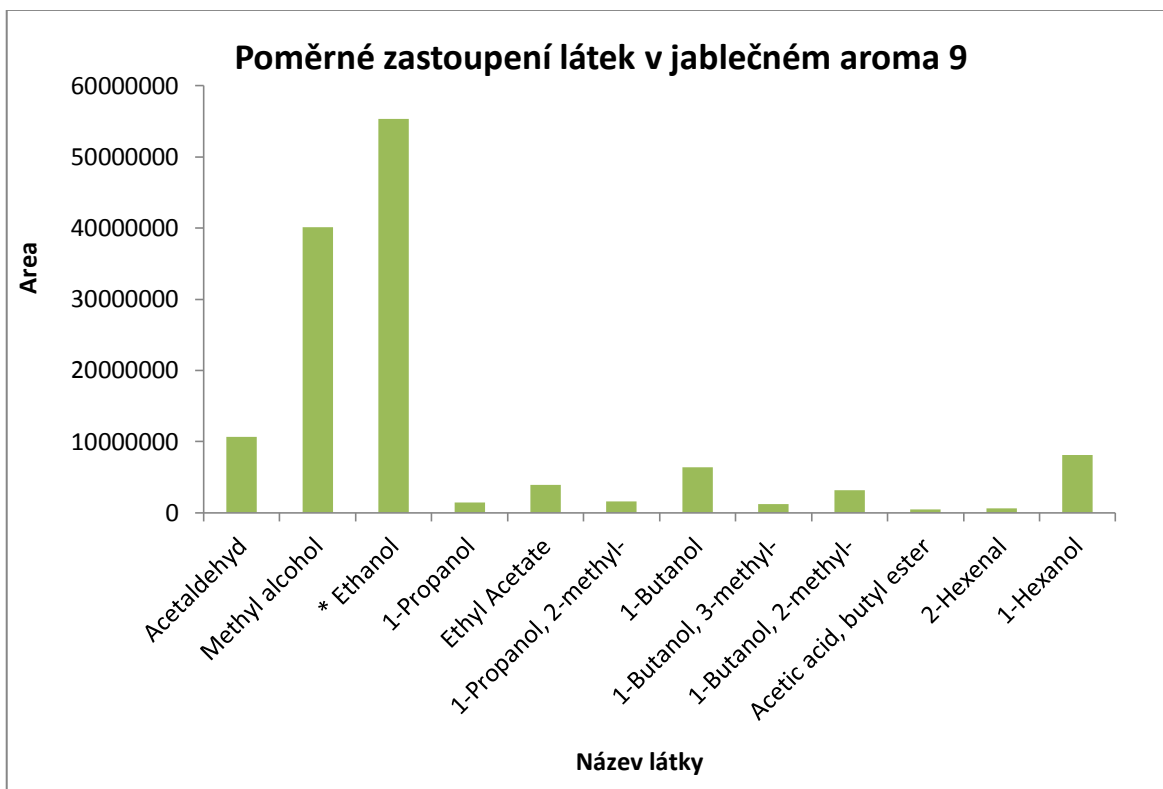
Obr. Zastoupení látek v neupraveném vzorku jablečného aroma 6.



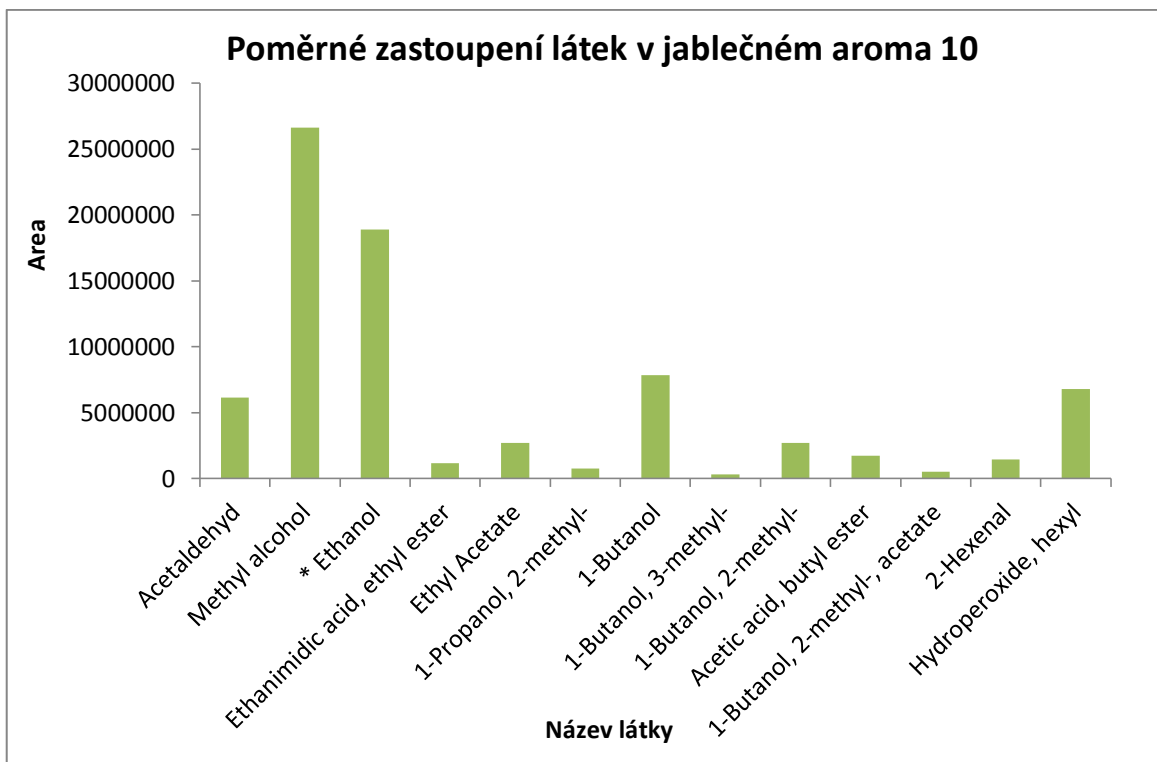
Obr. Zastoupení látek v neupraveném vzorku jablečného aroma 7.



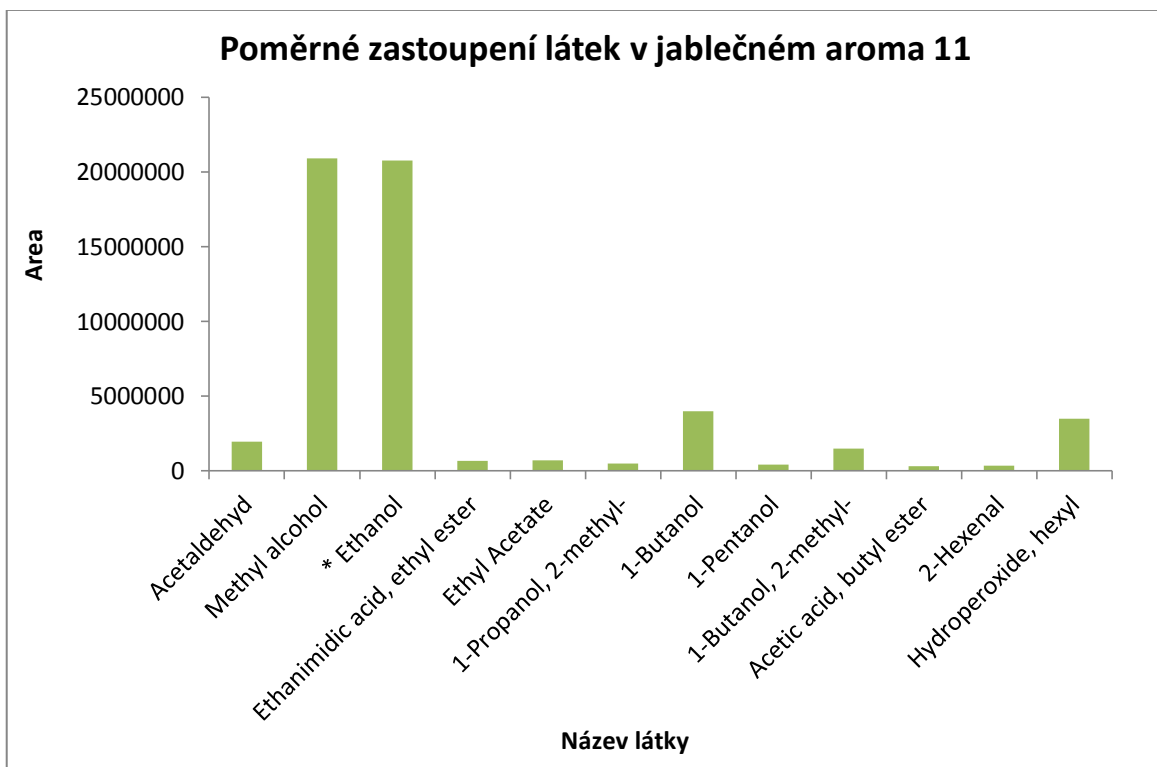
Obr. Zastoupení látek v neupraveném vzorku jablečného aroma 8.



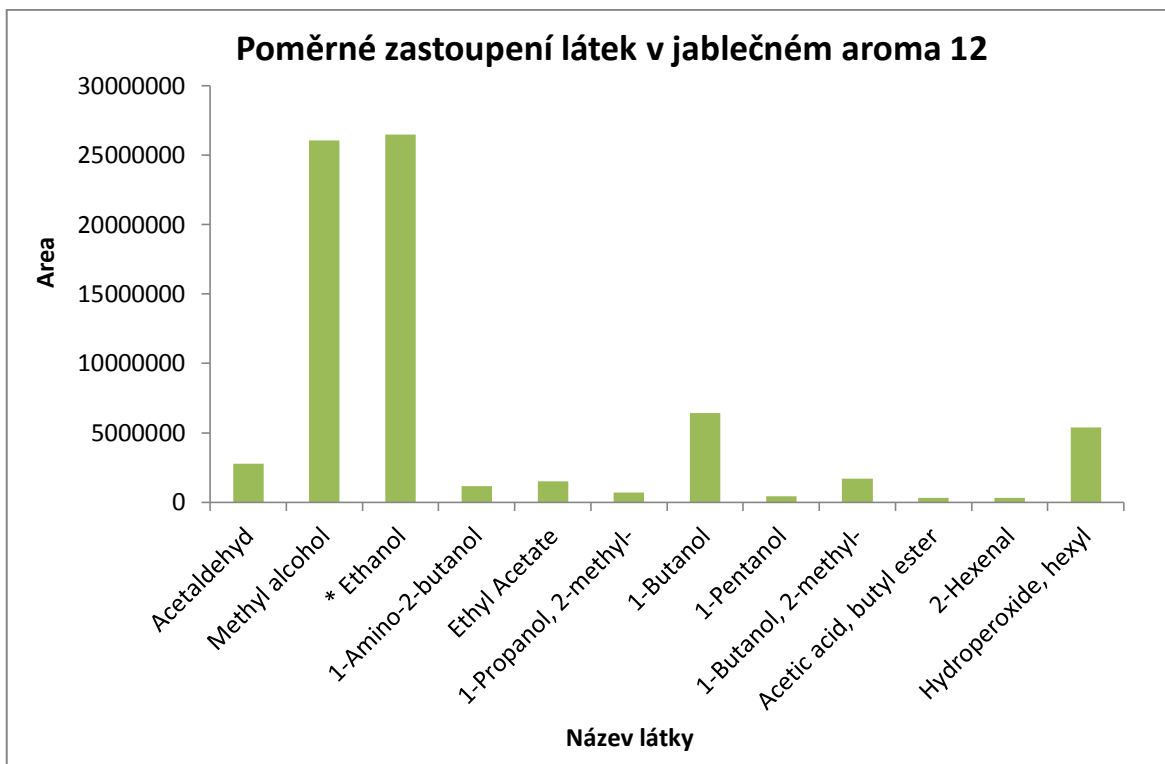
Obr. Zastoupení látek v neupraveném vzorku jablečného aroma 9.



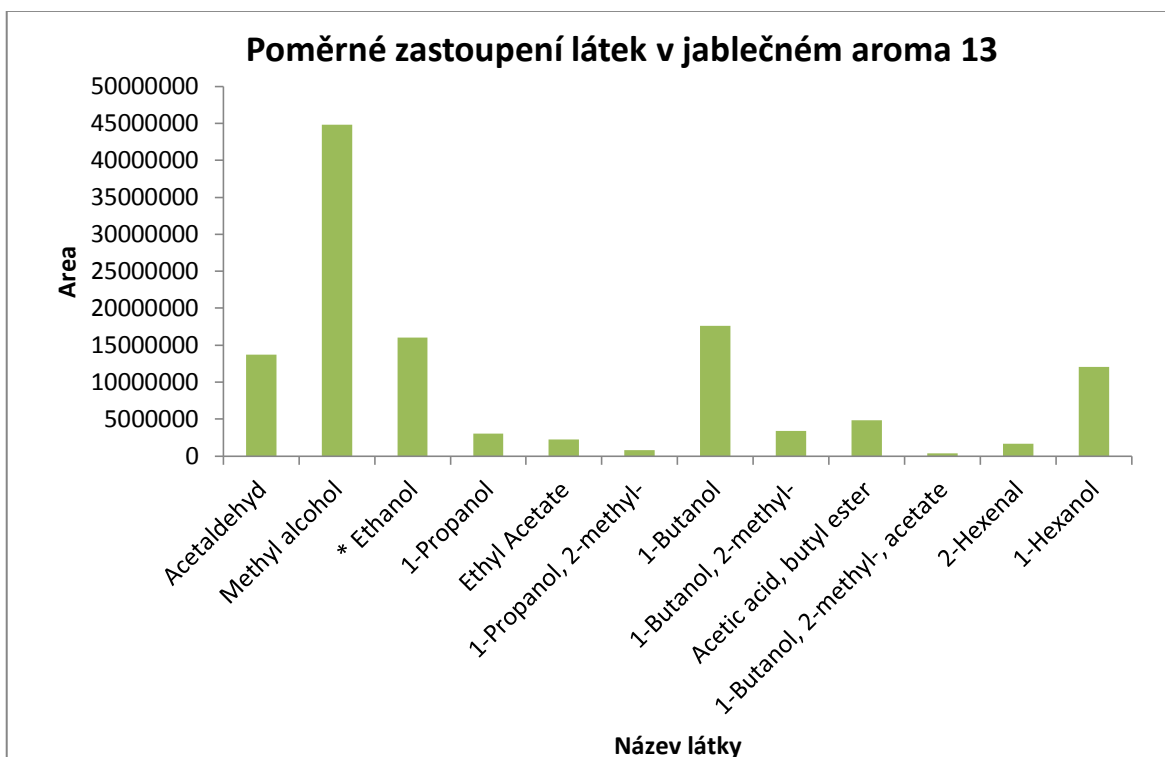
Obr. Zastoupení látek v neupraveném vzorku jablečného aroma 10.



Obr. Zastoupení látek v neupraveném vzorku jablečného aroma 11.



Obr. Zastoupení látek v neupraveném vzorku jablečného aroma 12.



Obr. Zastoupení látek v neupraveném vzorku jablečného aroma 13.

## PŘÍLOHA P II: AROMATICKÉ LÁTKY V HEXANOVÝCH EXTRAKTECH

Tab. Přehled aromatických látek v hexanovém extraktu 1.

	Název látky	RT	Area	% pravdě- podobnosti
1.	Butane, 1-(ethenyloxy)-3-methyl-	15,955	11961767	10,1
2.	(Z)-2-Hydroxyimino-3-oxobutyric acid, 1,1-dimethylethyl ester	17,199	17451013	12,9
3.	Cyclopentane, methyl-	21,690	401503695	66,0
4.	(2-Ethoxyethoxy)acetic acid tms	33,162	6296917	14,4
5.	2-Cyclohexen-1-ol	49,671	19860533	24,4
6.	Oxirane, (1-methylbutyl)-	50,664	20875427	32,7

Tab. Přehled aromatických látek v hexanovém extraktu 2.

	Název látky	RT	Area	% pravdě- podobnosti
1.	Butane, 1-(ethenyloxy)-3-methyl-	15,896	12644214	57,7
2.	(Z)-2-Hydroxyimino-3-oxobutyric acid, 1,1-dimethylethyl ester	17,140	16882161	22,9
3.	Cyclopentane, methyl-	21,636	401529601	70,8
4.	1,2,5-Oxadiazole	22,487	5895412	48,8
5.	2-[2-[2-Methoxyethoxy] ethoxy-1,3-dioxalane	33,060	5454321	20,8
6.	1,3-Benzodioxol-2-one, hexahydro-, cis	49,591	6307107	75,6
7.	Oxirane, (1-methylbutyl)-	50,526	12485686	58,8

Tab. Přehled aromatických látek v hexanovém extraktu 3.

	Název látky	RT	Area	% pravdě- podobnosti
1.	Pentane, 2-methyl-	15,871	10053466	24,8
2.	Pentane, 3-methyl-	17,112	13179321	36,2
3.	Cyclopentane, methyl-	21,604	384814254	73,7
4.	1,2,5-Oxadiazole	22,452	4466845	56,6
5.	6-Oxa-3-Thiaoctanoic acid	33,023	3519029	15,5
6.	2-Cyclohexen-1-ol	49,569	9981838	28,6
7.	Oxirane, (1-methylbutyl)-	50,491	15720472	25,9



Tab. Přehled aromatických látek v hexanovém extraktu 4.

	Název látky	RT	Area	% pravděpodobnosti
1.	Pentane, 2-methyl-	15,853	5998501	51,1
2.	Pentane, 3-methyl-	17,099	9160207	28,9
3.	Cyclopentane, methyl-	21,587	324462373	71,3
4.	1,2,5-Oxadiazole	22,433	3944200	58,3
5.	1-Hexanol	50,476	11289588	33,4

Tab. Přehled aromatických látek v hexanovém extraktu 5.

	Název látky	RT	Area	% pravděpodobnosti
1.	Pentane, 2-methyl-	15,881	5670757	54,3
2.	Pentane, 3-methyl-	17,123	7628636	31,8
3.	Cyclopentane, methyl-	21,612	279095589	69,4
4.	Ethyl Acetate	22,448	7997062	88,1
5.	Ethane, 1-ethoxy-1-methoxy-	26,451	3976541	76,5
6.	Ethane, 1,1-diethoxy-	33,014	7726956	89,1
7.	Acetic acid, butyl ester	42,982	3950743	78,6
8.	1-Butanol, 2-methyl-, acetate	49,436	3824258	64,9
9.	2-Hexenal	49,544	7588757	36,7
10.	1-Hexanol	50,475	17187323	27,9

Tab. Přehled aromatických látek v hexanovém extraktu 6.

	Název látky	RT	Area	% pravděpodobnosti
1.	Pentane, 2-methyl-	15,884	5701376	58,5
2.	Pentane, 3-methyl-	17,131	7478183	31,2
3.	Cyclopentane, methyl-	21,618	272613341	68,7
4.	Ethyl Acetate	22,457	3614656	84,8
5.	Ethane, 1,1-diethoxy-	33,015	3172494	91,4
6.	2-Hexenal	49,543	5608822	44,6
7.	1-Hexanol	50,465	10464559	39,4

Tab. Přehled aromatických látek v hexanovém extraktu 7.

	Název látky	RT	Area	% pravděpodobnosti
1.	Pentane, 2-methyl-	15,884	5893652	67,3
2.	Pentane, 3-methyl-	17,130	7343248	45,1
3.	Cyclopentane, methyl-	21,615	261033288	67,8
4.	Ethyl Acetate	22,449	3334730	90,0
5.	Ethane, 1,1-diethoxy-	33,007	3017942	93,0
6.	Acetic acid, butyl ester	42,978	4413863	86,8
7.	2-Hexenal	49,537	6544472	48,6
8.	1-Hexanol	50,455	11647387	40,0

Tab. Přehled aromatických látek v hexanovém extraktu 8.

	Název látky	RT	Area	% pravděpodobnosti
1.	Pentane, 2-methyl-	15,884	6143851	57,6
2.	Pentane, 3-methyl-	17,129	8004036	38,1
3.	Cyclopentane, methyl-	21,615	269858389	67,0
4.	Ethyl Acetate	22,446	19805518	93,8
5.	Ethane, 1-ethoxy-1-methoxy-	26,443	4365982	85,1
6.	Ethane, 1,1-diethoxy-	33,001	13874395	95,5
7.	Acetic acid, butyl ester	42,967	6847047	87,6
8.	1-Butanol, 2-methyl-, acetate	49,416	5797112	85,8
9.	2-Hexenal	49,534	10087866	44,4
10.	2-Hexen-1-ol, (E)-	50,296	2890439	49,8
11.	1-Hexanol	50,456	25226159	49,2

Tab. Přehled aromatických látek v hexanovém extraktu 9.

	Název látky	RT	Area	% pravděpodobnosti
1.	Pentane, 2-methyl-	15,887	6113123	58,9
2.	Pentane, 3-methyl-	17,127	8007172	45,6
3.	Cyclopentane, methyl-	21,614	273422326	66,2
4.	Ethyl Acetate	22,444	10201399	90,3
5.	Ethane, 1,1-diethoxy-	33,001	8591734	95,8
6.	Acetic acid, butyl ester	42,962	8348380	89,6
7.	1-Butanol, 2-methyl-, acetate	49,409	4989804	81,9
8.	2-Hexenal	49,523	5702627	37,3
9.	1-Hexanol	50,452	17516566	44,0

Tab. Přehled aromatických látek v hexanovém extraktu 10.

	Název látky	RT	Area	% pravděpodobnosti
1.	Pentane, 2-methyl-	15,886	5975620	68,2
2.	Pentane, 3-methyl-	17,132	7723902	31,8
3.	Cyclopentane, methyl-	21,616	267187410	68,4
4.	Ethyl Acetate	22,440	8321165	89,5
5.	Ethane, 1-ethoxy-1-methoxy-	26,436	4655848	91,2
6.	Ethane, 1,1-diethoxy-	32,997	7897261	94,9
7.	Butanoic acid, ethyl ester	41,389	3068080	85,3
8.	Hexanal	42,815	4239431	65,0
9.	Acetic acid, butyl ester	42,962	35557494	90,5
10.	1-Butanol, 2-methyl-, acetate	49,410	24135609	88,4
11.	2-Hexenal	49,521	16208771	35,7
12.	1-Hexanol	50,443	22067821	44,8
13.	Acetic acid, hexyl ester	61,560	11006584	82,5

Tab. Přehled aromatických látek v hexanovém extraktu 11.

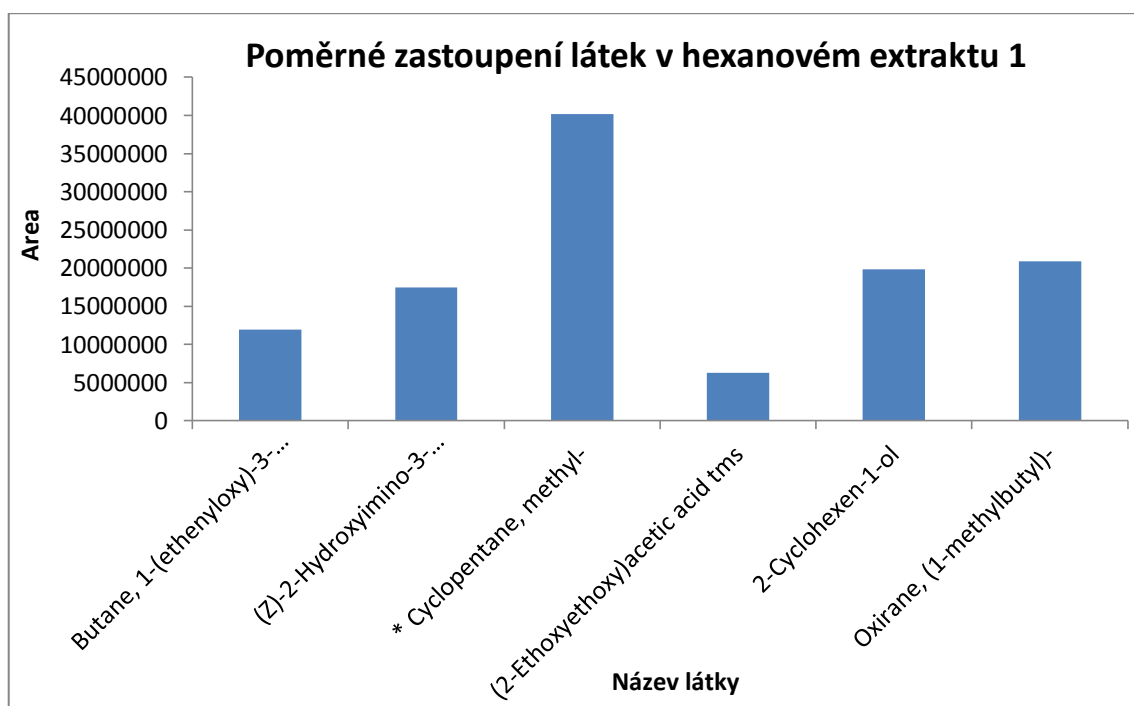
	Název látky	RT	Area	% pravděpodobnosti
1.	Pentane, 2-methyl-	15,882	5992458	67,2
2.	Pentane, 3-methyl-	17,128	7895433	42,4
3.	Cyclopentane, methyl-	21,611	267587254	67,0
4.	Acetic acid, butyl ester	42,961	6703751	81,3
5.	1-Butanol, 2-methyl-, acetate	49,405	3650106	87,4
6.	2-Hexenal	49,524	4449141	43,1
7.	1-Hexanol	50,441	7177923	33,1

Tab. Přehled aromatických látek v hexanovém extraktu 12.

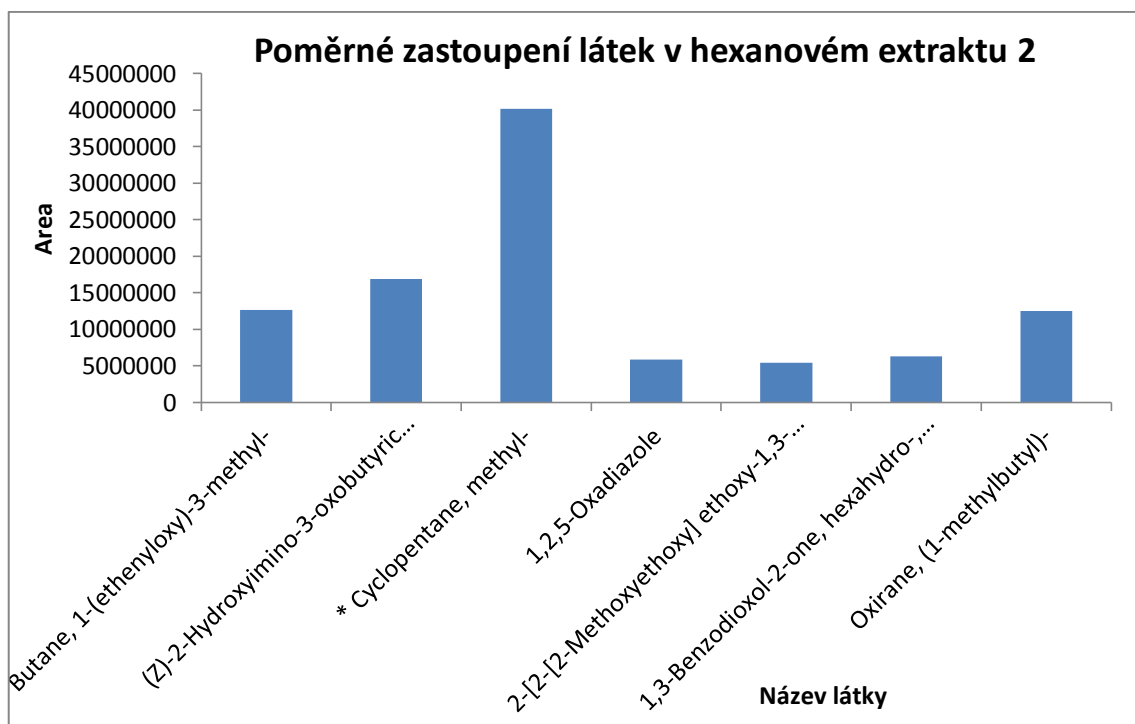
	Název látky	RT	Area	% pravděpodobnosti
1.	Pentane, 2-methyl-	15,881	5978930	61,4
2.	Pentane, 3-methyl-	17,125	7758576	39,1
3.	Cyclopentane, methyl-	21,610	265124425	68,4
4.	Ethyl Acetate	22,433	4196313	91,4
5.	Ethane, 1,1-diethoxy-	32,994	3246622	94,5
6.	Acetic acid, butyl ester	42,948	8350395	89,3
7.	2-Hexenal	49,517	4472881	37,2
8.	1-Hexanol	50,437	14888290	42,6

Tab. Přehled aromatických látek v hexanovém extraktu 14.

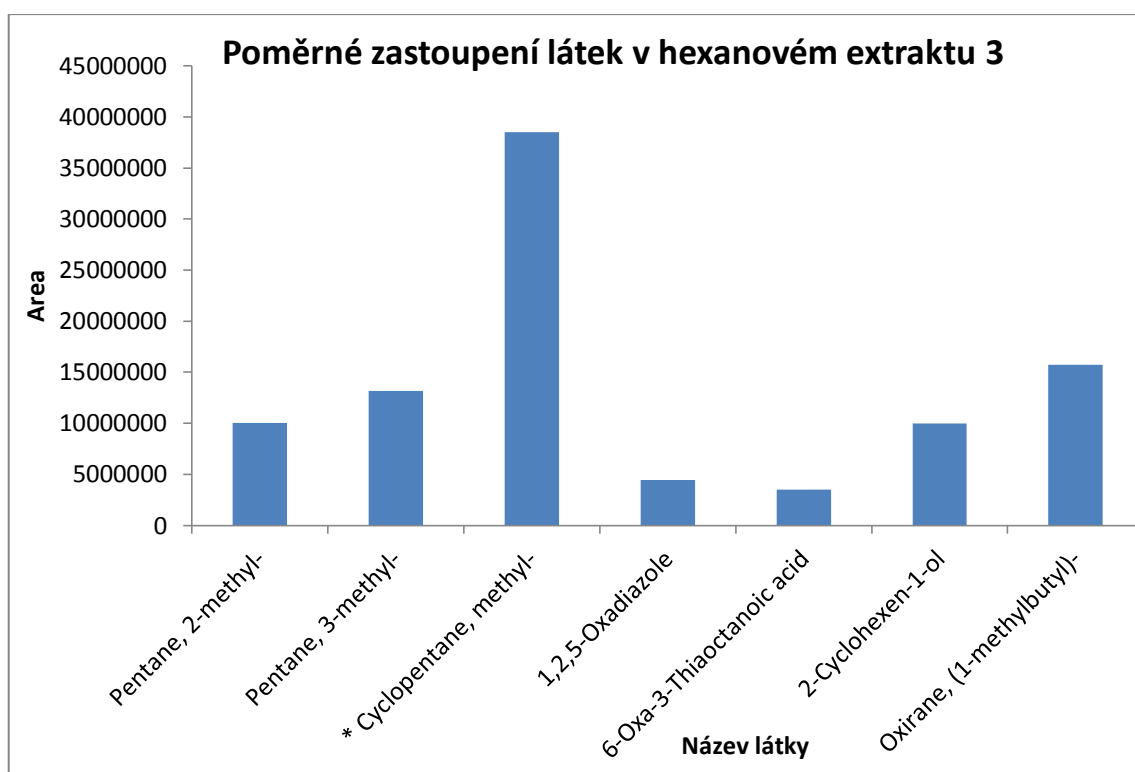
	Název látky	RT	Area	% pravděpodobnosti
1.	Pentane, 2-methyl-	15,872	5025092	71,4
2.	Pentane, 3-methyl-	17,120	7657554	46,3
3.	Cyclopentane, methyl-	21,602	252659805	67,2
4.	Ethyl Acetate	22,412	18637947	90,7
5.	Ethane, 1-ethoxy-1-methoxy-	26,414	10432105	94,5
6.	1-Butanol	29,997	9325398	66,8
7.	n-Propyl acetate	32,642	10482149	94,5
8.	Ethane, 1,1-diethoxy-	32,980	7308684	94,9
9.	1-Butanol, 2-methyl-	37,709	10325828	35,7
10.	Butanoic acid, ethyl ester	41,374	4860762	87,3
11.	Hexanal	42,805	26425086	74,7
12.	Acetic acid, butyl ester	42,950	128703024	94,8
13.	2-Pentanol, 2,4-dimethyl-	45,815	4061613	14,1
14.	1-Butanol, 2-methyl-, acetate	49,398	37920980	90,3
15.	2-Hexenal	49,514	52452576	42,5
16.	2-Hexen-1-ol, (E)-	50,274	6749998	50,6
17.	1-Hexanol	50,440	89080636	49,6
18.	Butane, 1-(1-ethoxyethoxy)-	51,291	3454074	88,7
19.	Acetic acid, hexyl ester	61,549	17085504	83,9



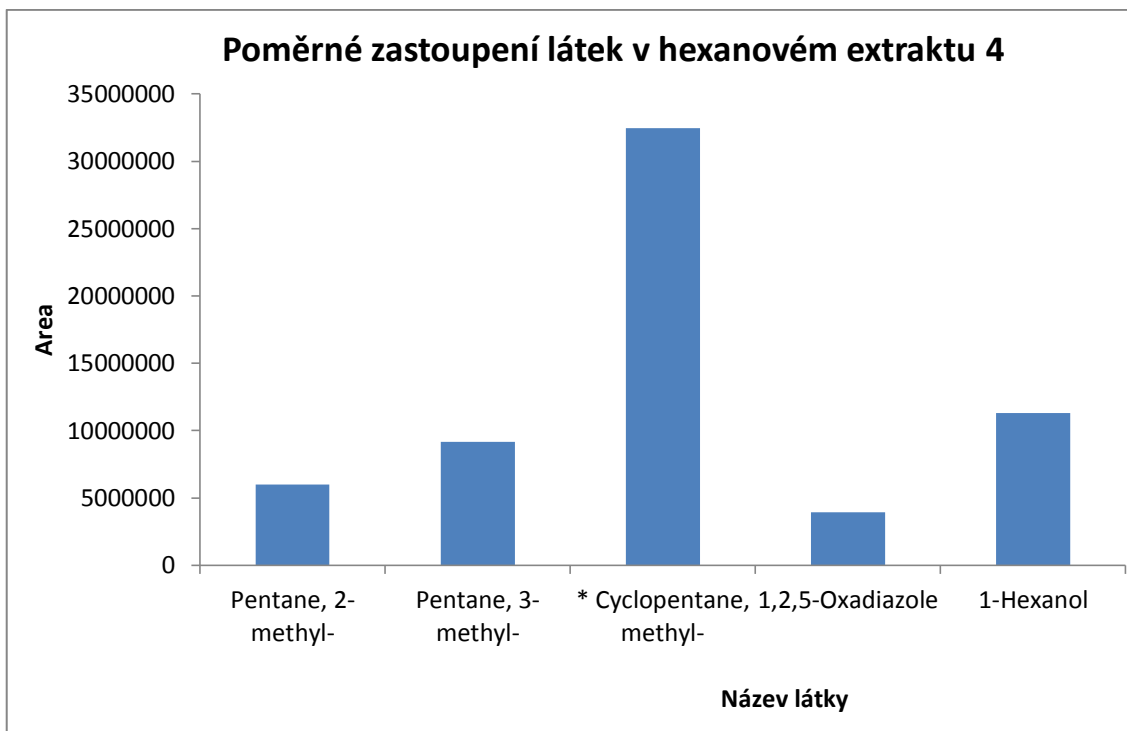
Obr. Zastoupení látek v hexanovém extraktu 1.



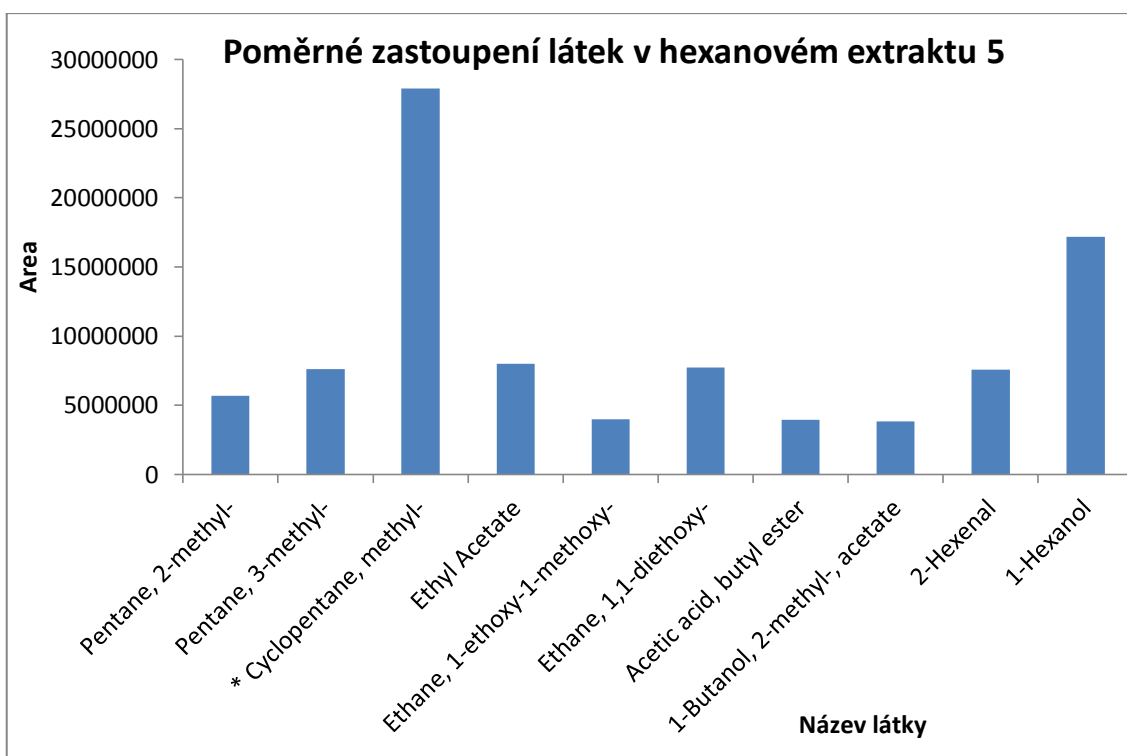
Obr. Zastoupení látek v hexanovém extraktu 2.



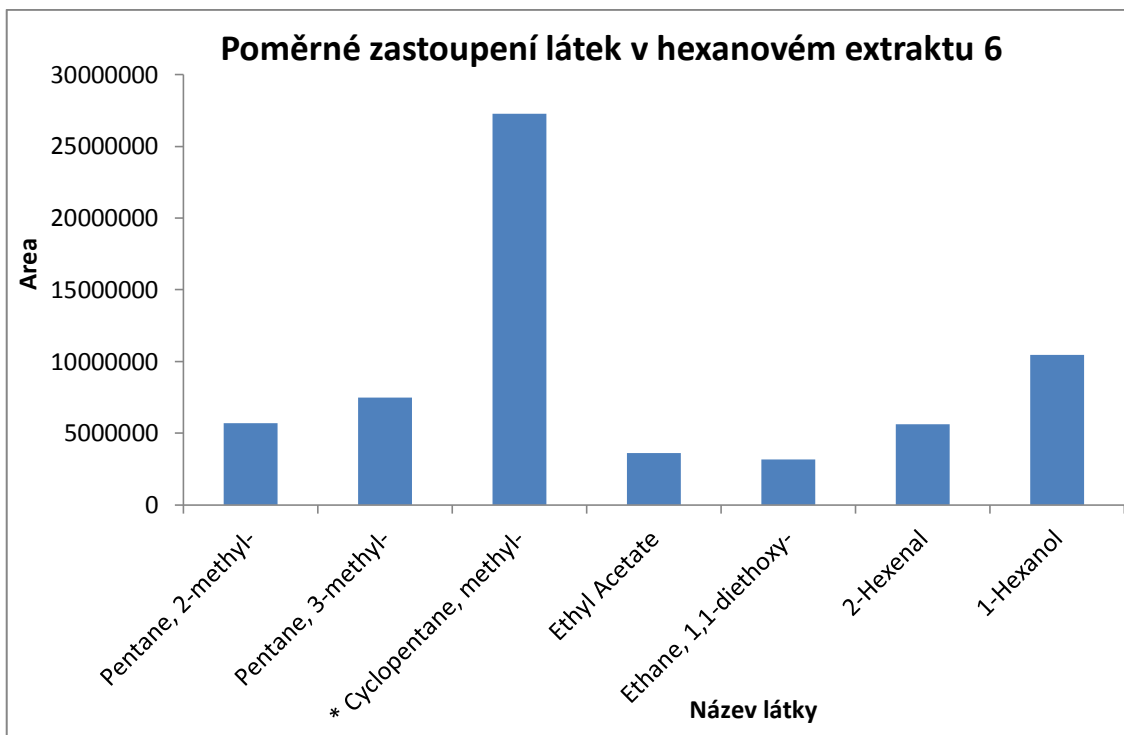
Obr. Zastoupení látek v hexanovém extraktu 3.



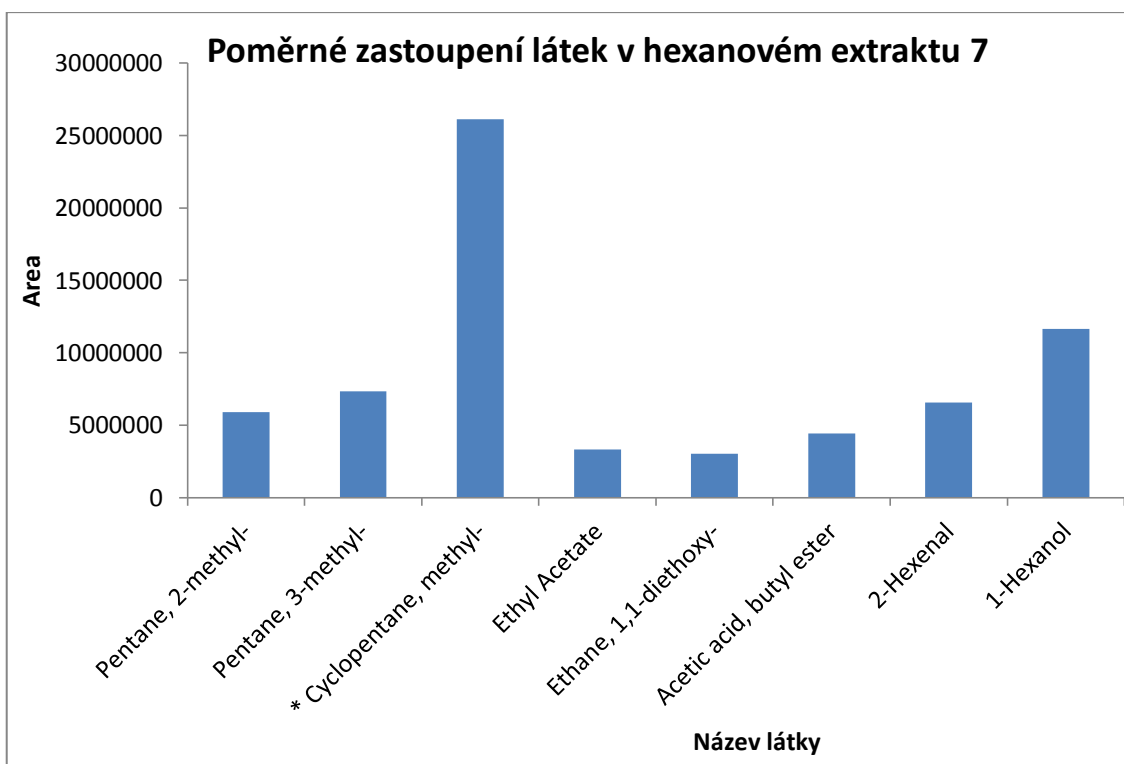
Obr. Zastoupení látek v hexanovém extraktu 4.



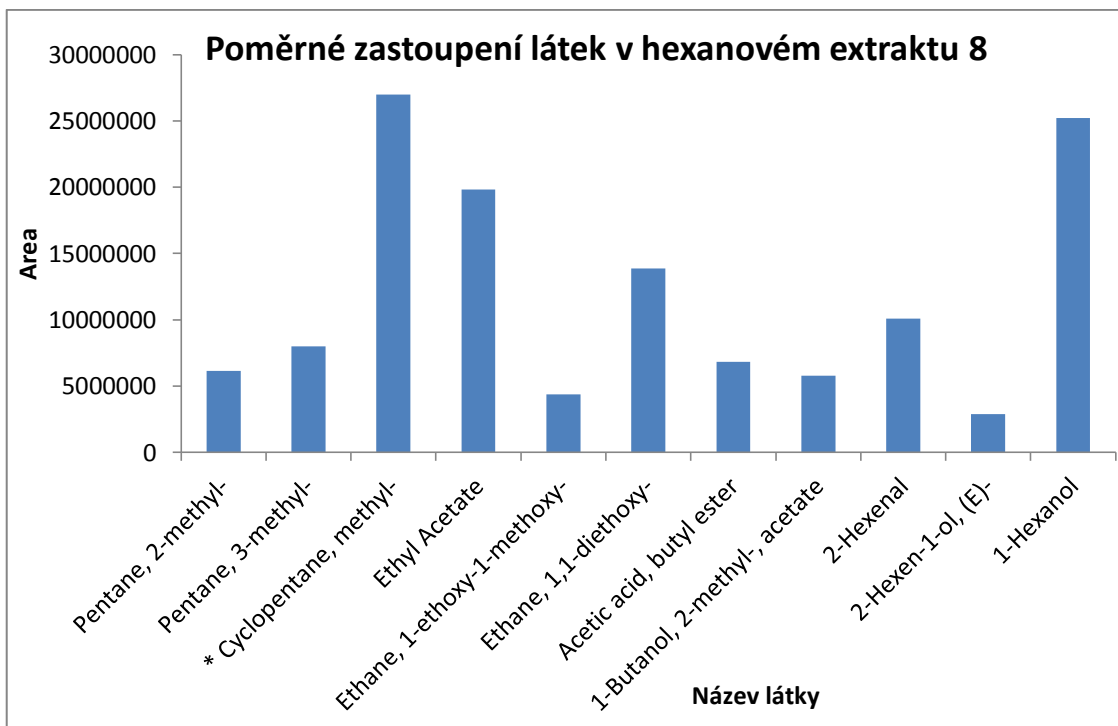
Obr. Zastoupení látek v hexanovém extraktu 5.



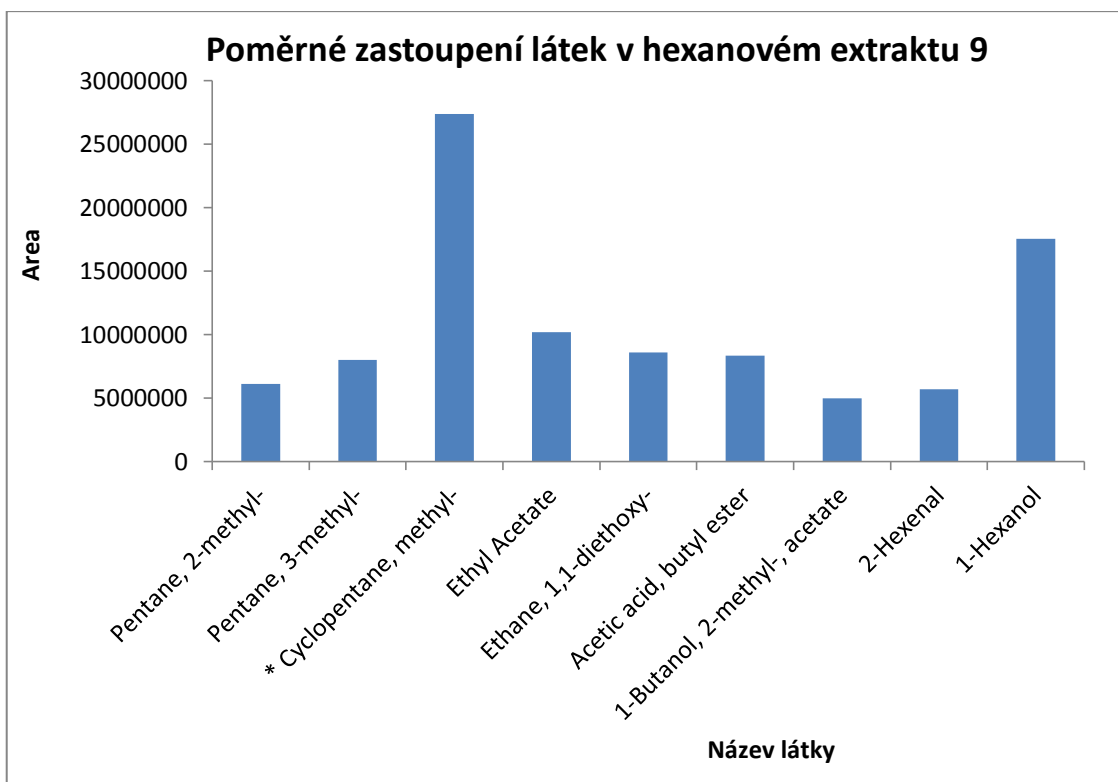
*Obr. Zastoupení látek v hexanovém extraktu 6.*



*Obr. Zastoupení látek v hexanovém extraktu 7.*

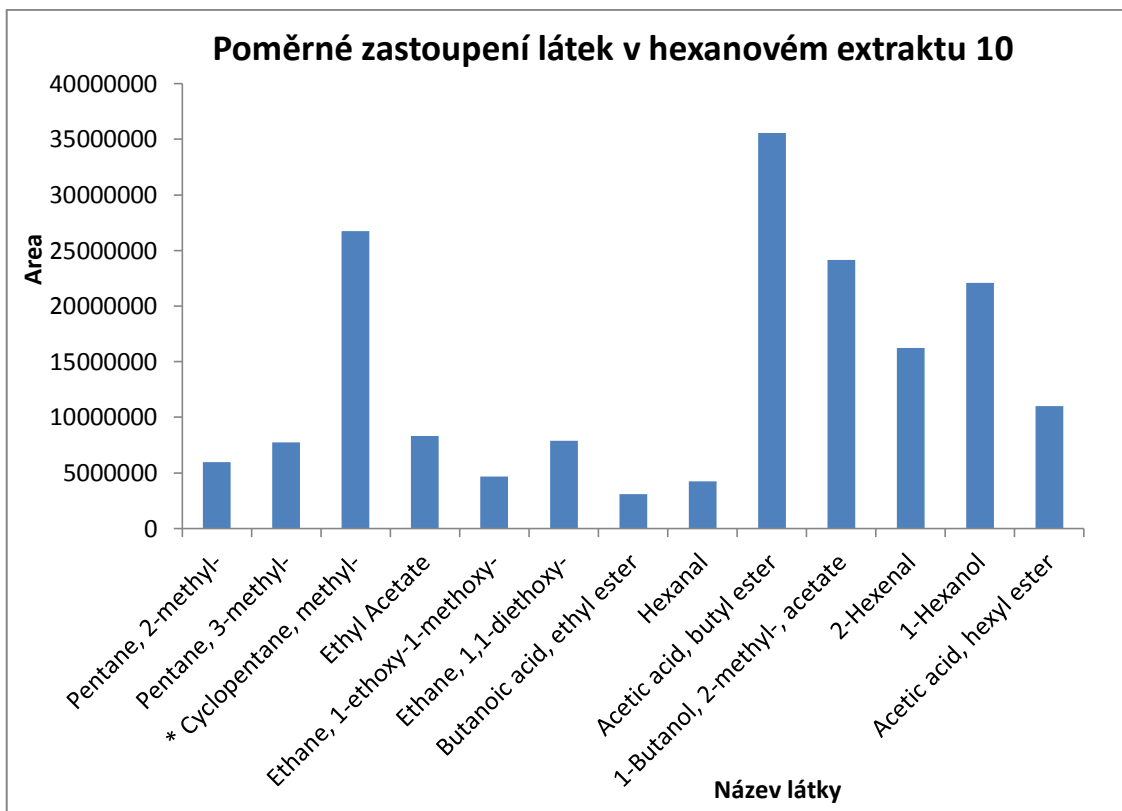


*Obr. Zastoupení látek v hexanovém extraktu 8.*



*Obr. Zastoupení látek v hexanovém extraktu 9.*

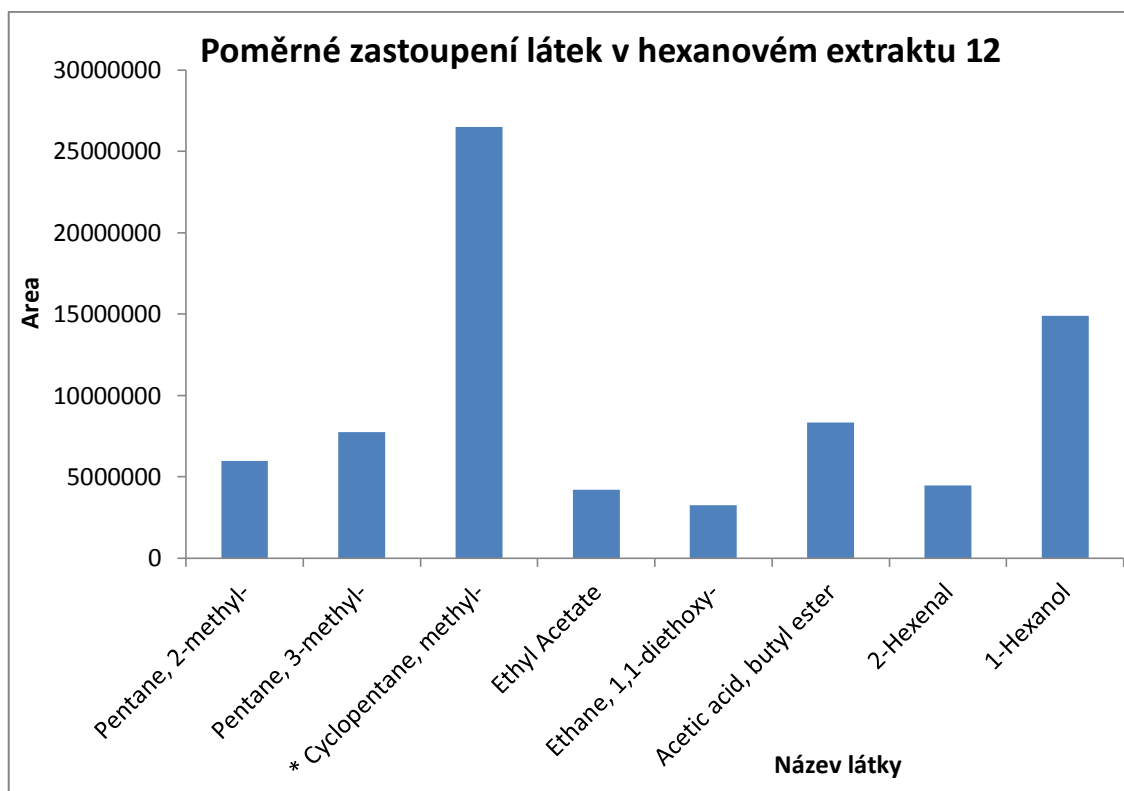




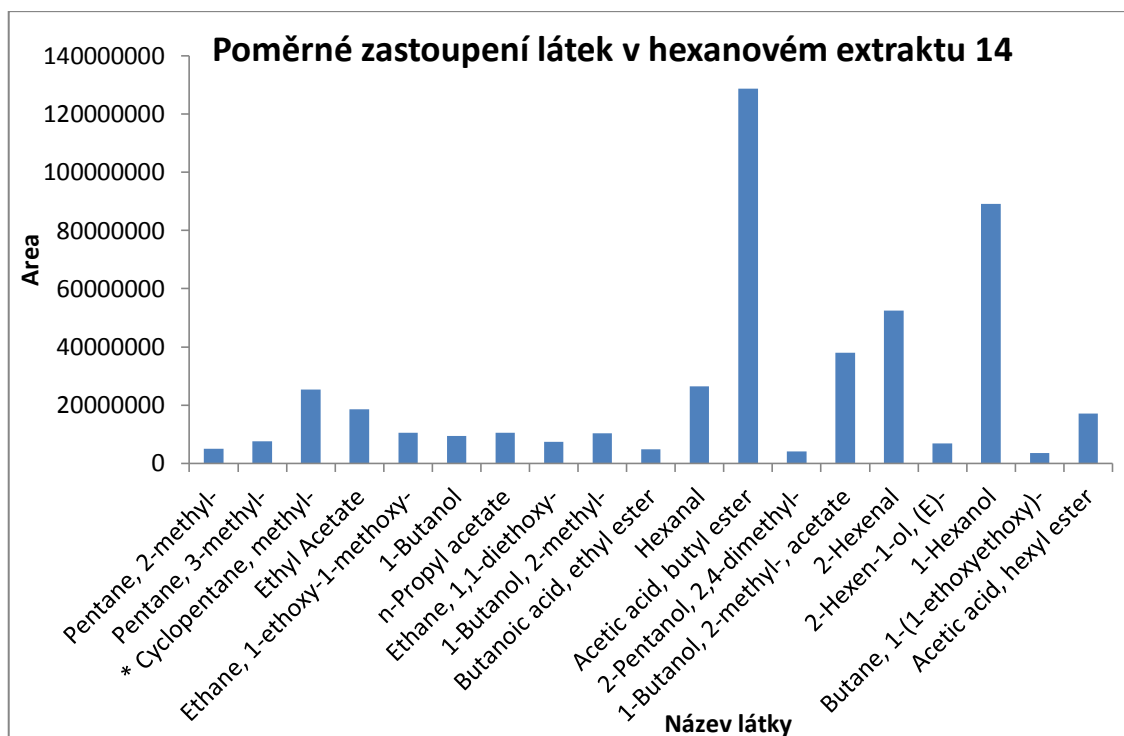
Obr. Zastoupení látek v hexanovém extraktu 10.



Obr. Zastoupení látek v hexanovém extraktu 11.



Obr. Zastoupení látek v hexanovém extraktu 12.



Obr. Zastoupení látek v hexanovém extraktu 14.

**PŘÍLOHA PIII: FOTODOKUMENTACE PRŮBĚHU  
ZPRACOVATELSKÉ SEZÓNY**



*Obr. Jablka na počátku zpracovatelské sezóny.*



*Obr. Jablka ve druhé třetině zpracovatelské sezóny.*



*Obr. Jablka v poslední třetině zpracovatelské sezóny.*



*Obr. Dodávka jablek ke zpracování.*



*Obr. Jablka ke zpracování.*



*Obr. Jablka ke zpracování.*