



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA CHEMICKÁ

FACULTY OF CHEMISTRY

## ÚSTAV CHEMIE POTRAVIN A BIOTECHNOLOGIÍ

INSTITUTE OF FOOD SCIENCE AND BIOTECHNOLOGY

# VLIV ZPŮSOBU DEHYDRATACE NA PROFIL TĚKAVÝCH LÁTEK VYBRANÝCH DRUHŮ OVOCE

THE EFFECT OF THE DEHYDRATION METHOD ON THE PROFILE OF VOLATILE SUBSTANCES OF  
SELECTED FRUITS

## BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

## AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Anna Prystupa

## VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Eva Vítová, Ph.D.

BRNO 2023

## Zadání bakalářské práce

Číslo práce: FCH-BAK1819/2022 Akademický rok: 2022/23  
Ústav: Ústav chemie potravin a biotechnologií  
Studentka: **Anna Prystupa**  
Studijní program: Chemie a technologie potravin  
Studijní obor: Potravinářská chemie a technologie  
Vedoucí práce: **doc. Ing. Eva Vítová, Ph.D.**

### Název bakalářské práce:

Vliv způsobu dehydratace na profil těkavých látek vybraných druhů ovoce

### Zadání bakalářské práce:

- Zpracujte literární přehled dané problematiky:
  - lyofilizace – princip, popis, využití pro konzervaci potravin
  - konzervace potravin sušením – princip, popis
  - vybrané druhy ovoce – stručná charakteristika, složení, obsažené aromatické látky
  - možnosti stanovení těkavých látek v ovoci (SPME, GC–MS) – princip, popis, instrumentace; přehled aplikací
- Identifikujte a kvantifikujte těkavé (aromatické) látky ve vzorcích dehydrovaného ovoce
- Vyhodnoťte vliv způsobu dehydratace (lyofilizace vs. sušení) na profil těkavých látek

### Termín odevzdání bakalářské práce: 22.5.2023:

Bakalářská práce se odevzdává v děkanem stanoveném počtu exemplářů na sekretariát ústavu. Toto zadání je součástí bakalářské práce.

-----  
Anna Prystupa  
studentka

doc. Ing. Eva Vítová, Ph.D.  
vedoucí práce

prof. RNDr. Ivana Márová, CSc.  
vedoucí ústavu

V Brně dne 1.2.2023

-----  
prof. Ing. Michal Veselý, CSc.  
děkan

## **ABSTRAKT**

Tato bakalářská práce se věnuje identifikaci a kvantifikaci těkavých látek ve vzorcích vybraných druhů tropického ovoce, konkrétně banánu, kiwi, mangu, ananasu a pitahaye.

V teoretické části je podrobně popsána metoda lyofilizace jako způsob konzervace potravin, její princip a využití v potravinářském průmyslu. Dále je popsán princip klasického sušení a stručně jsou představeny různé typy sušáren. Je také prezentována charakteristika každého druhu tropického ovoce, včetně popisu jejich chemického a aromatického složení. Na závěr je vysvětlen princip instrumentace mikroextrakce tuhou fází a plynové chromatografie s hmotnostním spektrometrem.

Experimentální část práce se zaměřuje na identifikaci a kvantifikaci těkavých látek ve vzorcích čerstvého, lyofilizovaného a sušeného ovoce.

Výsledky ukázaly, že uvedené způsoby konzervace mají na profil těkavých látek různých druhů tropického ovoce různý vliv. Může dojít ke ztrátám, nebo naopak ke vzniku nových sloučenin, což vytváří základ pro další výzkum v této oblasti.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

ovoce, lyofilizace, sušení, aromatické látky, SPME, GC-MS

## **ABSTRACT**

This bachelor's thesis focuses on the identification and quantification of volatile compounds in samples of selected tropical fruits, namely banana, kiwi, mango, pineapple, and pitahaya. The theoretical part provides a detailed description of the lyophilization method as a food preservation technique, its principles, and its applications in the food industry. The principles of conventional drying methods are also explained, along with a brief introduction to various types of drying equipment. Additionally, the characteristics of each tropical fruit species, including their chemical and aromatic composition, are presented. Lastly, the principle and instrumentation of solid-phase microextraction and gas chromatography-mass spectrometry are explained.

The experimental part of the thesis focuses on the identification and quantification of volatile compounds in samples of fresh, lyophilized, and dried fruit.

The results indicate that the chosen methods of preservation have varying effects on the profile of volatile compounds in different tropical fruit species. Losses of compounds or the formation of new compounds may occur, which lays the foundation for further research in this area.

## **KEYWORDS**

fruits, lyophilization, drying, aroma compounds, SPME, GC-MS

PRYSTUPA, Anna. *Vliv způsobu dehydratace na profil těkavých látek vybraných druhů ovoce*. Brno, 2023. Dostupné také z: <https://www.vut.cz/studenti/zav-prace/detail/148964>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, Ústav chemie potravin a biotechnologií. Vedoucí práce Eva Vítová.

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně, a že všechny použité literární zdroje jsem správně a úplně citovala. Bakalářská práce je z hlediska obsahu majetkem Fakulty chemické VUT v Brně a může být využita ke komerčním účelům jen se souhlasem vedoucího bakalářské práce a děkana FCH VUT.

.....  
Anna Prystupa

## PODĚKOVÁNÍ

*Nejprve bych ráda poděkovala své vedoucí bakalářské práce paní doc. Ing. Evě Vítové, Ph.D., za její odborné vedení, cenné rady a trpělivost během celé práce. Její vstřícnost a konstruktivní zpětná vazba mi velmi pomohly. Dále bych chtěla vyslovit upřímné poděkování své rodině a přátelům za jejich neocenitelnou podporu během celého studia a za jejich nepřetržitou psychickou podporu.*

# OBSAH

1	ÚVOD .....	7
2	TEORETICKÁ ČÁST .....	8
2.1	Lyofilizace .....	8
2.1.1	Princip a postup lyofilizace .....	8
2.1.1.1	Zmrazení produktu .....	9
2.1.1.2	Primární sušení .....	9
2.1.1.3	Sekundární sušení .....	10
2.1.2	Výhody a nevýhody lyofilizace .....	10
2.1.3	Využití lyofilizace v potravinářství .....	11
2.2	Sušení .....	11
2.2.1	Sušení na slunci .....	11
2.2.2	Sušení horkým vzduchem .....	12
2.2.2.1	Kontaktní (kondukční) sušárny .....	12
2.2.2.2	Konvekční sušárny .....	12
2.2.2.3	Solární sušárny .....	12
2.3	Charakteristika vybraných druhů tropického ovoce .....	13
2.4	Banán .....	13
2.4.1	Chemické složení banánu .....	14
2.4.2	Těkavé látky v banánu .....	15
2.5	Mango .....	15
2.5.1	Chemické složení manga .....	16
2.5.2	Těkavé látky v mangu .....	17
2.6	Kiwi .....	17
2.6.1	Chemické složení kiwi .....	18
2.6.2	Těkavé látky v kiwi .....	19
2.7	Ananas .....	19
2.7.1	Chemické složení ananasu .....	20
2.7.2	Těkavé látky v ananasu .....	21
2.8	Pitahaya .....	21
2.8.1	Chemické složení pitahaye .....	22
2.8.2	Těkavé látky v pitahaye .....	22
2.9	Možnosti stanovení těkavých látek v ovoci .....	22
2.9.1	Solid Phase Microextraction .....	22
2.9.2	Chromatografická metoda .....	23
3	EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST .....	24
3.1	Použité vybavení .....	24
3.2	Analyzované ovoce .....	24

3.2.1	Sušení a lyofilizace vzorků ovoce .....	24
3.3	Metody a postupy .....	25
3.3.1	Příprava vzorků.....	25
3.3.2	Popis instrumentace a parametrů analýzy GC-MS.....	25
3.3.3	Zpracování dat .....	26
4	VÝSLEDKY A DISKUZE .....	27
4.1	Identifikace a kvantifikace těkavých látek.....	27
4.1.1	Aromaticky aktivní látky ve vzorcích manga.....	27
4.1.2	Aromaticky aktivní látky ve vzorcích pitahaye.....	31
4.1.3	Aromaticky aktivní látky ve vzorcích banánu.....	33
4.1.4	Aromaticky aktivní látky ve vzorcích ananasu.....	36
4.1.5	Aromaticky aktivní látky ve vzorcích kiwi .....	40
5	ZÁVĚR .....	44
6	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ .....	45
7	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK.....	52
8	PŘÍLOHY .....	53

# 1 ÚVOD

Sušené ovoce je dnes velmi oblíbenou každodenní svačinou u celé populace, zejména u mladých lidí, kteří začali více dbát o své zdraví. Ovoce tvoří důležitou součást vyvážené stravy člověka. Ve své různorodosti zabezpečuje ovoce celý komplex vitaminů, minerálních látek, vlákniny. V obchodech se začíná objevovat více lyofilizovaného ovoce. Obzvláště zajímavé je tropické ovoce. Otázkou je, jestli si opravdu zachovává svoji původní chuť a vůni?

Způsob vysoušení může významně ovlivnit těkavý profil ovoce. Jednotlivé způsoby, jako je sušení na vzduchu, sušení na slunci a lyofilizace, vedou k různým ztrátám nebo zadržení těkavých látek. Teplota, proudění vzduchu a doba sušení během procesu také mohou ovlivnit profil těkavých látek. Například sušení při vysokých teplotách může vést k degradaci a ztrátě těkavých látek, zatímco sušení při nízkých teplotách umožňuje jejich lepší uchování a komplexnější chuťový obsah.

Hlavním záměrem této práce je stanovení vlivu způsobu dehydratace na profil těkavých látek vybraných druhů tropického ovoce - ananas, kiwi, mango, banán a pitahaya („dračí ovoce“).

## 2 TEORETICKÁ ČÁST

### 2.1 Lyofilizace

Lyofilizace je metoda šetrného sušení zmrazením pevných látek pomocí sublimace při nízkém tlaku. Samotný princip sušení pochází od dávných Inků v Jižní Americe, kteří si v nížinách přes noc zmrazovali brambory nebo maso a pak je přenášeli do hor do vyšších nadmořských výšek, kde nízký tlak způsoboval sublimaci ledu a výsledkem byl lyofilizovaný produkt. V současnosti poprvé byla metoda použita k uchování biologických produktů na počátku 20. století. Během druhé světové války byla hodně využívána pro skladování a přepravu vakcín [1,2].

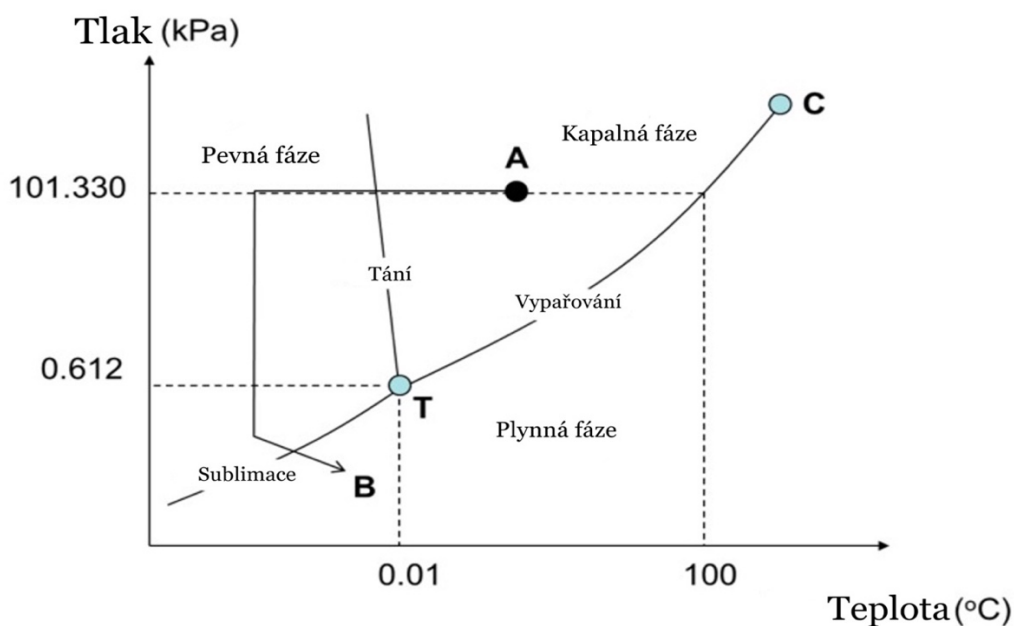
#### 2.1.1 Princip a postup lyofilizace

Princip metody je založen na sublimaci ledu při nízkém tlaku a teplotě. Led sublimuje již při atmosférickém tlaku, ale vzniklé vakuum tento proces urychluje. Zmrazení probíhá pod trojným bodem vody [3]. Na obrázku 1 je znázorněn fázový diagram vody, kde je graficky vyjádřena závislost tenze páry na teplotě. Lze vidět přechod pevné látky do páry, což nazýváme sublimace, z kapaliny do páry (vypařování) nebo z pevné látky do kapaliny (tání). Bod T představuje trojný bod vody (při teplotě 0,01 °C a tlaku 0,612 kPa), kde současně existují tři fáze: kapalná, plynná a pevná. Bod C je kritický bod vody. Na diagramu je také popsána cesta výrobku určeného k lyofilizaci z bodu A do bodu B. Produkt by měl být nejprve zmrazen snížením teploty, poté by měl tlak vodní páry snížen pod tlak odpovídající trojnému bodu, a nakonec by mělo být dodáno určité množství tepla, které pomůže ledu přeměnit se na páru sublimací [6].

Samotný proces lyofilizace zahrnuje tři hlavní fáze:

- zmrazení produktu
- primární sušení (sublimace ledu)
- sekundární sušení (adsorpce)

Před samotným procesem lyofilizace probíhá příprava vzorku. Proces by se měl opakovat s přesně definovanými parametry teploty, tlaku a doby pro každý krok. Při správném průběhu procesu se doba sušení může zkrátit o 30 % [8].



Obrázek 1: Fázový diagram vody ( T – trojný bod vody; C – kritický bod vody); převzato a upraveno z [6]



### 2.1.1.1 Zmrazení produktu

Provedení správného zmrazení produktu je nejdůležitější fází celého procesu. Před zahájením procesu zmrazování se často provádí ekvilibrační krok, tj. proces, který zajišťuje rovnováhu intracelulární a extracelulární koncentrace osmoticky aktivních komponentů. Je to rychlý ale důležitý krok před zahájením chlazení. Jedná se v menší míře o kontrolu nukleace<sup>1</sup> ledu [8].

Obecně lze mražení vody popsat ve čtyřech krocích:

- **Ochlazení** vzorku pod stabilní zmrazovací teplotu s definovanou rychlostí ochlazování
- **Primární nukleace**, což znamená vytvoření ledového jádra
- **Sekundární nukleace**, která nastává okamžitě po primární nukleaci a zobrazuje růst jádra na ledové krystaly
- **Dokončení** přechodu kapalné fáze v pevnou s dalším tvořením ledových krystalů [8]

První krok je citlivý na obsah částic a nečistot ve vodě. Čím čistší je roztok a čím dokonalejší je povrch nádoby, tím menší je pravděpodobnost nukleace. Je důležité rozlišovat mezi globálním přechlazením (celý roztok je homogenně přechlazen) a lokálním přechlazením (přechlazená je pouze část kapaliny). Pomalé rychlosti ochlazování obvykle vedou ke globálnímu přechlazení, zatímco lokální přechlazení se pozoruje nad kritickou rychlostí ochlazování. Pouze vytvořením jádra molekul vody s relativně dlouhotrvajícími vodíkovými vazbami je možný růst tohoto počátečního jádra a rychlá, homogenní krystalizace ledu. Během primární nukleace vznikají první ledová jádra. Počet těchto nukleačních míst se zvyšuje s vyšším stupněm přechlazení. Sekundární nukleace, jinak růst jader, probíhá s určitou rychlostí. Rychlost zmrazení produktu je klíčovým faktorem pro velikost vzniklých krystalů ledu. Důsledkem rychlého ochlazování jsou obvykle malé krystaly, naproti tomu pomalé ochlazování vede k tvorbě velkých krystalů. Je třeba vzít v úvahu, že větší krystaly mohou způsobit mechanické poškození struktury buňky. Z inženýrského hlediska znamenají větší krystaly větší velikost pórů vznikajících během fáze primárního sušení. Díky větším pórům se rychlost primárního sušení zvětšuje [7,8].

U produktů, které mají tendenci se srazit lze využít žíhání. Tento proces zahrnuje rychlé zmrazení a následné zvýšení teploty produktu, aby se umožnil růst krystalů [4].

### 2.1.1.2 Primární sušení

Po úspěšném zmrazení produktu nastává primární sušení (sublimace), při které se tlak sníží na nižší hodnoty, než je tlak páry ledu a teplota se zvýší. Aby sublimační proces mohl probíhat, musí být splněny dvě základní podmínky: sublimovaná pára musí být neustále odváděna ze sublimačního prostoru; pro udržení diferenčního tlaku páry, který vede k odvádění vodní páry z komory, musí být materiálu nepřetržitě dodáváno teplo potřebné pro sublimaci.

Pokud není splněna některá z těchto dvou základních podmínek, dochází k nežádoucím jevům, jako měknutí, tání, bobtnání nebo zhroucení struktury. Dalším důležitým parametrem procesu je teplota povrchu kondenzátoru. Teplota povrchu kondenzátoru by se měla pohybovat přibližně od  $-60$  do  $-80$  °C v závislosti na typu lyofilizovaného materiálu. Ze všech tří fází je tato časově nejnáročnější. Odstraňuje se celkem 70–80 % vody [9].

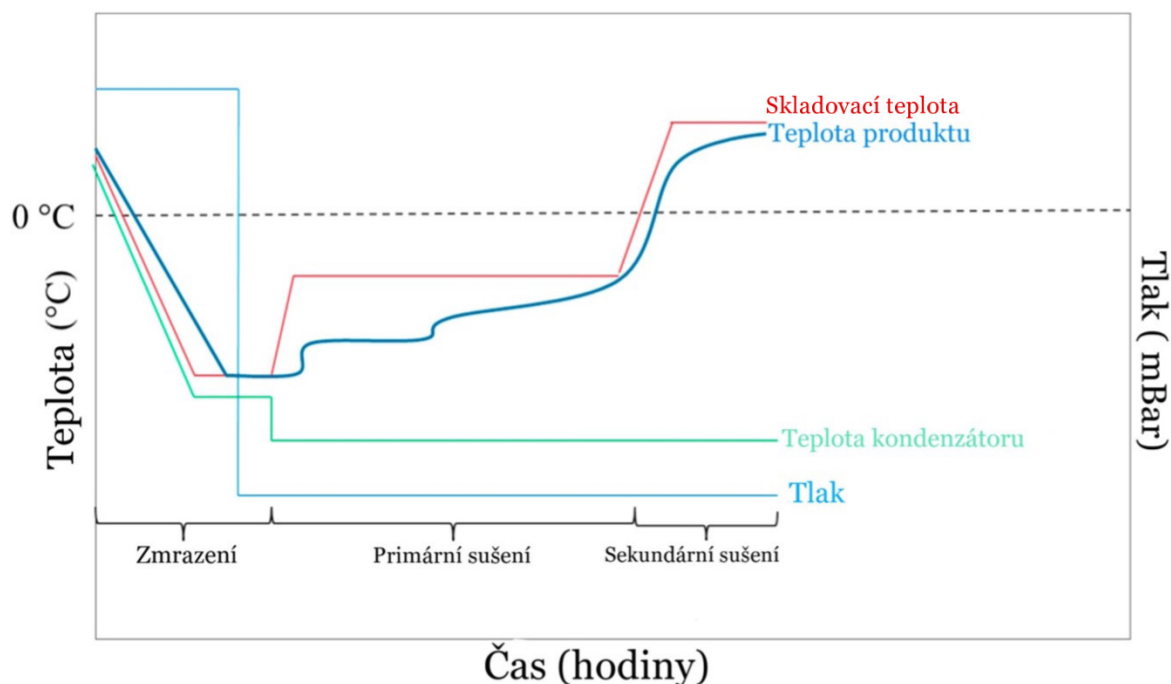
Sublimace ledu začíná od horního povrchu vzorku a pokračuje směrem dolů. Hnací silou sublimačního procesu je rozdíl mezi tlakem páry nad sublimačním povrchem a nad povrchem výparníku. Tímto způsobem je sublimovaná pára odstraňována difuzí nebo konvekcí přes porézní vrstvy. Jelikož difuzivita je závislá na velikosti pórů, u vzorků, které byly rychle zmrazeny a vytvořily malé krystalky ledu, bude primární krok sušení dlouhý. Naopak při pomalém zmrazování se vytvoří velké krystaly ledu, které usnadňují pohyb vodní páry

---

<sup>1</sup> Nukleace – tvorba a růst krystalů ledu

(rychlost přenosu hmoty je vysoká) a v důsledku toho se doba primárního sušení zkrátí. Vznikající vrstva ledu činí odpor při přenosu tepla, který se zvyšuje s rostoucí tloušťkou ledu. Tento odpor způsobuje teplotní gradient mezi povrchem ledu a povrchem kondenzátoru. Pokud nejsou parametry procesu zvoleny správně, může dojít ke zhroucení struktury (snížení pórovitosti), což je velmi nepříznivé z důvodu snížení specifického povrchu výrobku.

V důsledku toho se prodlužuje doba druhé fáze sušení, zhoršuje se rehydratační schopnost výrobku a výrobek má vyšší konečný obsah vody a špatné vizuální hodnocení. Kromě toho může mít za následek nižší stabilitu výrobku během skladování [9,10].



Obrázek 2: Postup lyofilizace zobrazující skladovací teplotu, teplotu produktu a kondenzátoru a tlak v komoře; převzato a upraveno z [10]

### 2.1.1.3 Sekundární sušení

Konečnou fází je sekundární sušení, které začíná ještě v průběhu sublimace a je poslední součástí procesu lyofilizace. Zbytková voda se odstraňuje desorpční z rozpuštěné fáze. Je však problematické určit konečný bod primárního sušení a začátek fáze sekundárního sušení. Pokud by se teplota zvýšila před sublimací veškerého ledu (konečný bod fáze primárního sušení), mohlo by dojít ke zhoršení konečné kvality [6]. Cílem tohoto kroku je snížit obsah vlhkosti na optimální úroveň pro stabilitu, vzhledem k tomu, že po sublimaci, ve fázi primárního sušení, produkt stále obsahuje 10–35 % vázané vody. Během sekundárního sušení je nejdůležitějším faktorem adsorpčně-desorpční rovnováha vlhkosti a porézního prostředí. Proto je třeba kontrolovat jak teplotu, tak i obsah vlhkosti, aby bylo možné získat co nejkvalitnější produkt [10]. Vyšší teplota urychlí desorpci vody a zkrátí dobu potřebnou k dokončení sekundárního sušení.

Úplné odstranění vlhkosti se nedoporučuje, protože molekuly vyžadují pro svou stabilitu určitou hydrataci [11]. Většinu vzorků lze vysušit na 1–5 % zbytkové vlhkosti [4].

### 2.1.2 Výhody a nevýhody lyofilizace

Při aplikaci procesu sušení dochází k mnoha změnám fyzikálních, chemických a nutričních vlastností potravin. Lyofilizace je méně škodlivý proces než sušení na vzduchu a sušení

rozprašováním. Z tohoto důvodu je vakuové lyofilizační sušení biologických materiálů jednou z nejlepších metod odstraňování vody, při které mají konečné produkty nejvyšší kvalitu. Pevný stav vody při lyofilizaci chrání primární strukturu a tvar produktů s minimálním zmenšením objemu. Nižší teploty v procesu navíc umožňují maximální zachování živin a bioaktivních látek. Navzdory mnoha výhodám tohoto typu sušení existují také některé nevýhody. Lyofilizace má čtyřikrát až desetkrát vyšší energetické nároky než běžné sušení horkým vzduchem, je považována za nejdražší proces výroby dehydratovaného produktu [6,9]. To má samozřejmě vliv na cenovou dostupnost produktu.

### 2.1.3 Využití lyofilizace v potravinářství

V potravinářství lze lyofilizaci využít k uchování vysoce hodnotných produktů, jejichž organoleptické vlastnosti mohou být poškozeny vysokou teplotou při zpracování tradičním způsobem jako je sušení, nebo k jejich pohodlnějšímu skladování a přepravě. Lyofilizace je považována za zpracovatelskou metodu, která je široce využívána pro zachování mechanických vlastností potravin. Vzhledem k tomu, že proces probíhá při velmi nízkých teplotách, nedochází ke kapilárnímu transportu rozpuštěných látek, zachovává si lyofilizovaná potravina svoje původní vlastnosti jako vůni, chuť a texturu. Výrobky, které se běžně zpracovávají lyofilizací, lze podle jejich původního fyzikálního stavu rozdělit do tří základních kategorií: tekutiny jako káva, čaj a džusy; výrobky individuálně rychle zmrazené jako kousky ovoce, zeleniny, mořských plodů a masa; a kombinované, sem patří např. polévkové bloky, rýžové pokrmy a dětská výživa [3].

## 2.2 Sušení

Sušení obecně popisuje fyzikální proces odstranění vody z hmoty za vzniku vodní páry, která se pak odpařuje. Je jednou z nejdůležitějších konzervačních technik pro čerstvé ovoce a zeleninu. Dochází ke snížení aktivity vody, čímž se produkty konzervují proti mikrobiální a enzymatické aktivitě, která způsobuje fyzikální a chemické změny [12]. Hlavními faktory ovlivňujícími proces sušení jsou: teplota sušícího vzduchu, průtok vzduchu, relativní vlhkost, tlak, stupeň rozmělnění suroviny, tloušťka vrstvy.

Během sušení se ze suroviny nejprve odpaří vlhkost, která zůstala na povrchu ovoce po mytí. Je to z toho důvodu, že tato vlhkost není vázána na surovinu. Po tomto okamžiku se začne odpařovat vlhkost samotné suroviny. Vzhledem k tomu, že většina vlhkosti se nachází v makrokapilárách, dochází během prvního kroku k odpařování vody. Během této doby se vzorek nepřehřívá, což umožňuje provádět proces sušení při vyšší teplotě. Dále, pokud v surovině zůstává malé množství vody a nachází se hlavně v mikrokapilárách, může vzniknout mezera mezi odpařováním vlhkosti z povrchu výrobku a jejím vstupem z vnitřních hladin. V takovém případě se na povrchu vytvoří spálená kůrka, přičemž uvnitř se hromadí pára a produkt praská.

Konečná vlhkost výrobku při výstupu ze sušárny by měla být zvolena v závislosti na jeho předpokládaném použití, přepravních a skladovacích podmínkách. Nejčastěji je výsledná vlhkost v rozmezí 5–6 % [13].

### 2.2.1 Sušení na slunci

Využívání sluneční energie k sušení je tradiční metodou sušení a používá se již od počátku civilizace. Sušení ovoce a zeleniny na slunci je stále častou praktikou v mnoha tropických a subtropických zemích. Má to svoje výhody i nevýhody. Produkty vysušené na slunci mají sytou barvu a příjemnou gumovitou texturu. Ale tento typ sušení není vždy vhodný pro produkci ve velkém měřítku. Je to ovlivněno mnoha faktory, jako nejistota počasí, délka doby

sušení, nedostatečná možnost správně řídit sušení, vysoké náklady na pracovní sílu, velké nároky na plochu, smíchání s prachem a jinými cizími materiály [14].

## **2.2.2 Sušení horkým vzduchem**

Sušení vzduchem je populární a využitelná metoda konzervace ovoce. Funguje na principu cirkulace horkého a relativně suchého vzduchu, který proudí okolo sušeného ovoce [15]. Nejčastěji se používá vzduch ohřátý na 60–65 °C, ale teplota se může měnit podle toho, jaký materiál se má sušit [15]. Existuje široká škála různých sušicích zařízení (sušáren). Liší se zejména tím, jakým způsobem je dodávána energie potřebná k sušení a jakým způsobem je materiál sušárnou dopravován. Suší se na rostech či lískách jako u sušáren kusového materiálu, kde se teplo přenáší jako výparné teplo na tvorbu páry, aby se voda v sušině přeměnila na plynnou fázi. Nebo jednoduché sušárny komorové, pásové, tunelové a bubnové, u nichž sušení je pohyblivé. Sušárny lze rozdělit do tří hlavních kategorií: kondukční, konvekční a solární [15,16].

### **2.2.2.1 Kontaktní (kondukční) sušárny**

Princip kontaktního sušení je založen na přenosu tepla z vyhřívané stěny do hmoty a vede se na povrch, z něhož se voda odpařuje. Sušení probíhá při vysokých teplotách, což vede ke značným ztrátám rostlinných mikroživin až 30–40 %. Z tohoto důvodu lze sušit jen produkty, kterým nevadí varná příchut' vznikající rozkladem citlivých částí vysoušené hmoty. Například při teplotách nad 100°C se rychle rozkládá fruktóza.

Kondukční sušení je ekonomicky výhodnější než jiné metody vysoušení díky nízkým nákladům na zařízení a nižší spotřebě energie v rámci životního prostředí. Patří sem lopatková, bubnová, vakuová a sublimační sušárna.

### **2.2.2.2 Konvekční sušárny**

Základním principem konvekčního sušení je proudění vzduchu nebo teplotonosné látky zahřáté na maximální teplotu kolem suroviny. Během sušení se materiál zahřívá na teplotu přibližně 70 °C.

Mezi výhody této metody sušení patří především to, že proces je o 25–30 % intenzivnější. Výsledkem konvekčního sušení jsou často výrobky se specifickými organoleptickými vlastnostmi, což omezuje jejich použití. Kromě toho lze k sušení použít pouze suroviny s vysokým obsahem vlhkosti. V současné době trvá práce na zdokonalení této metody. Nejpoužívanějšími typy těchto sušáren: komorová, fluidní, rotační bubnová a pásová sušárna [13,16].

### **2.2.2.3 Solární sušárny**

Solární sušení je tradiční a historicky nejstarší způsob sušení, který využívá energii slunečního záření. Principem solární sušárny je zachytávání slunečního záření a jeho transformace na teplo, které se používá k odpařování vlhkosti z sušeného materiálu. Solární sušárny se často skládají z kombinace různých mechanismů přenosu tepla, včetně zářivého přenosu, konvekčního přenosu a kontaktního přenosu. Z teoretického hlediska lze solární sušárnu zařadit mezi konvekční sušárny, protože sušený produkt je v podstatě v kontaktu s proudem horkého vzduchu, který je generován pomocí ventilátorů a tím hnán přes sušený materiál. Solární sušárny jsou ekologickým a energeticky úsporným způsobem sušení, který využívá obnovitelný zdroj energie – sluneční záření. [16].

## 2.3 Charakteristika vybraných druhů tropického ovoce

Tropické ovoce přirozeně roste v teplém tropickém podnebí. Tento přírodní ekosystém je unikátní a rostliny jsou zde velmi rozmanité jak z hlediska genotypu, tak fenotypu [17]. Tropy s teplým klimatem a malými teplotními rozdíly zaujímají přibližně 40 % zemského povrchu. V této oblasti je soustředěna většina světové biologické rozmanitosti všech živých organismů na Zemi.

Většina botanických čeledí má alespoň jeden druh tropického ovoce. Proto jsou tropy považovány za centra vzniku zemědělství. V tropické oblasti Ameriky se vyskytuje více než 1000 druhů ovoce, ačkoli na místních trzích lze nalézt pouze 100 druhů. V Asii je asi 500 druhů tropického ovoce, na indickém subkontinentu kolem 300 a v Africe dalších přibližně 1200. Z tohoto obrovského množství druhů ovoce se na místních trzích vyskytuje jen několik druhů, a ještě méně se jich exportuje. Citrusy, banány, mango a ananasy tvoří 90 % exportního trhu. Nejčastěji uváděné tropické ovoce pochází ze tří hlavních oblastí:

- Střední a Jižní Amerika (papája, avokádo, ananas, guava)
- Asie (většina citrusových plodů, liči)
- Jižní a jihovýchodní Asie (banány, mango, mangostan, durian)

Z historie je však známo, že lidé často migrovali, což mělo vliv na rozšíření tropického ovoce i mimo jejich původní území. Arabští obchodníci v Indickém oceánu, pravděpodobně kolem roku 700, přivezli mango na východní pobřeží Afriky. Pomeranče se také dostaly do Středomoří a jižní Evropy, nejspíše díky arabským obchodníkům. Objevení Ameriky vedlo k rychlé výměně tropických ovocných plodin mezi Starým a Novým světem. V roce 1516 byly do Santo Dominga přivezeny banány z Kanárských ostrovů. Holandské, britské a francouzské lodě také přepravovaly tropické ovoce po celém světě.

Většina tropického ovoce podléhá rychlému kažení, a proto se značně rozvinulo zpracování jednotlivých druhů ovoce na sušené výrobky, šťávy a pyré [18]. Lyofilizace je jedním z moderních způsobů zpracování ovoce. Níže v následujících kapitolách budou podrobněji popsány vybrané druhy tropického ovoce, kterým se věnuje experimentální část této práce.

## 2.4 Banán

Banán je jedlé tropické ovoce patřící do rodu *Musa* a čeledi *Musaceae*, která obsahuje celkem přibližně 1000 druhů. Banány jsou plody banánovníku – rychle rostoucí jednoděložná bylina, která může narůstat do výšky až 8–15 metrů [19]. Rostlina se v podstatě skládá z podzemního stvolu, který nese vyvíjející se výhonky, kořenového systému, pseudostemu, listů a květenství, které nese květy a následně plody. Ke svému růstu vyžadují vysoké teploty a dostatek vody. Rozmnožuje se vegetativně.

Všechny jedlé plody banánovníku jsou bezsemenné, tzv. partenokarpické. Jednou z nejrozšířenějších odrůd banánu je *Cavendish* [19,20]. Zralost plodů se posuzuje podle takových znaků, jako je změna barvy slupky z tmavě zelené na světle zelenou, vymizení hranatosti, délka a průměr plodů. Na základě těchto ukazatelů zralosti lze banánové hrozny rozdělit do tří kategorií: nezralé, zralé a přezrálé plody.

Zralé banánové plody jsou světle zelené barvy s jemnou hranatostí, průměrem 34–35 mm a délkou prstu 21–22 cm. Podávají se jako dezert (banán) nebo se vaří a konzumují jako základní jídlo (plantain, zeleninový banán) [19,21].



Obrázek 3: Banány na banánovníku [22]

Banány mají také největší listovou plochu, která se u jednotlivých druhů liší a závisí na podmínkách pěstování. Plochy jednotlivých listů dezertních banánů jsou 1,27–2,80 m<sup>2</sup>. Taková velká listová plocha zajišťuje ochranu půdy před deštěm a vlivem slunečního záření [20]. Původ banánu pochází z tropických nížin jihovýchodní Asie a Melanésie. Papua- Nová Guinea byla první zemí, kde toto ovoce zvládli zdomácnit. V současné době se banán rozšířil do téměř 135 zemí světa a stal se jednou z nejdůležitějších potravinářských surovin na světě [24].

#### 2.4.1 Chemické složení banánu

Banány jsou známy svou lahodnou a výjimečnou chutí. Jsou nejen chutné, ale také velice zdravé. Je známo, že banán je bohatý na živiny, jako jsou vitaminy, minerální látky, sacharidy a vláknina. Na 100 g ovoce, přibližně tolik váží střední banán, připadá zhruba 22 g sacharidů a 2 g vlákniny, která napomáhá správnému fungování trávicího systému [19,25]. Obsahují poměrně málo bílkovin, pouze cca 1,2 gramů na 100 gramů ovoce. Prakticky neobsahují žádný tuk, jen stopové množství [19]. Základní obsah makroživin v banánu je uveden v tabulce 1.

Tabulka 1: Nutriční hodnoty banánu [26]

Hodnoty	Množství na 100 g
Energetická hodnota	94 kcal
Sacharidy	22,00 g
Bílkoviny	1,20 g
Vláknina	2,00 g
Tuky	0,20 g

Banánová dužina je bohatým zdrojem mikroživin jako vitamin C, skupiny vitaminu B (B3, B6, B12), vitamin E a draslík. Středně velký banán obsahuje téměř 360 mg draslíku, který je významný pro udržení zdravého krevního tlaku a srdeční činnosti. Banány také obsahují minerální látky, jako je hořčík, fosfor a vápník, ale ve velmi malých koncentracích [19].

V banánech lze nalézt fenolické látky, karotenoidy, flavonoidy, biogenní aminy, fytoosteroly a další fotochemikálie, které mohou být prospěšné pro lidské zdraví. Biogenní aminy hrají klíčovou roli v prevenci deprese. Katecholaminy, dopamin, noradrenalin a adrenalin jsou nejznámějšími příklady těchto bioaktivních látek, které regulují hormony v metabolismu glykogenu. Fenolické látky obsažené v plodech banánů jsou hlavními bioaktivními sloučeninami s antioxidantními vlastnostmi a jsou známy svými zdravotními účinky. Byly identifikovány takové fenolické látky jako kyselina gallová, katechin, epikatechin, tříslovininy a antokyany. Většina fenolických látek vykazuje antibakteriální, antivirové a protizánětlivé účinky pro lidský organismus. Co se týče flavonoidů, tak nejvýznamnější jsou kvercetin, myricetin, kaempferol a kyanidin, které jsou pro zdraví prospěšné především tím, že působí jako látky zachycující reaktivní formy kyslíku (ROS) a reaktivní formy dusíku (RNS). A v neposlední řadě karotenoidy, které jsou přírodní antioxidanty, přispívají ke stabilitě potravin během skladování. Některé z nich jsou prekurzory vitamínu A a jiné mají silnou antioxidantní schopnost a odstraňují ROS. Z karotenoidů, přítomných v plodech banánů,  $\alpha$ -karoten,  $\beta$ -karoten a  $\beta$ -kryptoxantin tvoří většinu provitaminových sloučenin A. Dalším významným uváděným karotenoidem je lutein, který vykazuje antioxidantní vlastnosti. Díky přítomnosti těchto látek mají banány vyšší antioxidantní aktivitu než některé bobuloviny, byliny a zelenina [19,25].

Banány navíc obsahují rezistentní škrob. Ten je tvořen především lineární částí škrobu (amylózou), která je fermentována probiotiky v tlustém střevě konkrétně druhu *Bifidobacterium* a *Lactobacillus*. Má příznivý vliv na zdraví střev tím, že podporuje růst prospěšných střevních bakterií [25].

#### 2.4.2 Těkavé látky v banánu

Obsah těkavých sloučenin závisí na různých klimatických podmínkách, kultivaru a skladování. Většina chuťových a vonných složek se vytváří po fázi zrání banánu. Alifatické molekuly, které tvoří hlavní složky banánového aroma, jsou syntetizovány z mastných kyselin s dlouhým řetězcem, které vznikají při metabolismu lipidů rostliny a z typických aminokyselin. Mezi nejvíce zastoupené aromatické sloučeniny v banánech patří alifatické estery, fenoly, alkoholy a karbonylové sloučeniny. Z nich se za hlavní těkavé sloučeniny charakterizující vůni a chuť čerstvého banánu považují isoamyl acetát, 2-pentanon a hexanal [27,28]. Tyto sloučeniny jsou pravděpodobnou příčinou ovocného esterového aroma, které se vyskytuje v banánech.

Isoamyl acetát je hlavní sloučenina, která je zodpovědná za výraznou chuť a vůni banánů. Jedná se o ester isoamyl alkoholu a kyseliny octové, který vzniká během procesu zrání banánů. Isoamyl acetát má ovocnou, sladkou a lehce květinovou vůni, která je často popisována jako vůně podobná zralým banánům nebo hruškám. Je přítomná také v jiných druzích ovoce, jako jsou jablka, hrušky a jahody [29].

### 2.5 Mango

Botanický název pro mango je *Mangifera indica* L. a je považováno za významnou ovocnou plodinu. Patří do čeledi *Anacardiaceae*. Komerčně se pěstuje ve více než 100 tropických a subtropických zemích. Mezi hlavní země pěstující mango patří Indie, Čína, Thajsko, Pákistán, Austrálie, Indonésie, Bangladéš, Filipíny, Nigérie, Myanmar a Egypt [30].





Obrázek 4: Plody mangovníku [31]

Plně vzrostlé mangovníky dosahují výšky až 40 m a mohou se dožít a plodit až několika set let. Samotné ovoce roste na mangovníku. Plody vznikají z květů a zrají přibližně 150 dnů. Dospělé plody se liší podle velikosti, tvaru a barvy. Bývají kulaté, oválné, vejčité, protáhlé nebo poněkud ledvinovitého tvaru a obvykle jsou více či méně zahnuté. Délka plodu se pohybuje od 6 do 25 cm. Mají kožovitou, hladkou, poměrně tlustou a velmi aromatickou slupku. Odrůdy plodů manga jsou známy atraktivním zbarvením a libou vůní. V plné zralosti se slupka mění od světle nebo tmavě zelené až po jasně žlutou, žlutooranžovou nebo červenorůžovou [32].

Odrůdy manga lze rozdělit do dvou skupin: indické a indočínské. Především na základě pigmentů slupky a sensorických vlastností dužiny. Většina indických odrůd má výrazné aroma a intenzivní zbarvení slupky, vyznačuje se atraktivní vůní, lahodnou chutí a vysokou nutriční hodnotou. Například *Alphonso* je hlavní obchodní odrůdou a je považovaná nejlepší na světě [33].

### 2.5.1 Chemické složení manga

Mango je klimakterické ovoce, které je schopné před sklizní nebo po ní vykazovat charakteristické změny související s dozráváním, jako je barva, vůně a chuť.

Hlavními složkami dužiny jsou voda, sacharidy, organické kyseliny, vláknina, tuky, minerální látky, barviva, třísloviny, vitaminy a aromatické látky [34]. Základní nutriční hodnoty jsou znázorněny v tabulce 2, pomocí které lze stručně a jednoduše popsat složení středního manga [35].

Tabulka 2 : Nutriční hodnoty manga [35]

Hodnoty	Množství na 100 g
Energetická hodnota	75 kcal
Sacharidy	16,45 g
Bílkoviny	0,60 g
Vláknina	1,70 g
Tuky	0,45 g

Zralé plody manga jsou bohaté na cukry jako glukóza, fruktóza, sacharóza. Dužina manga obsahuje téměř 15 % rozpustných cukrů, které přispívají ke sladké chuti a struktuře



plodů. Obsah bílkovin v mangu je nízký a jsou zastoupeny především aminokyselinami jako jsou alanin, glycin, arginin, isoleucin a leucin. Všechny ostatní aminokyseliny jsou přítomny pouze ve stopovém množství. Kromě toho mango obsahuje významné množství vitaminů jako je vitamin A, vitaminy skupiny B a vitamin C. Konzumace manga může zajistit denní doporučenou dávku těchto vitaminů u lidí všech věkových skupin.

Semena a slupky manga obsahují významné množství vápníku, draslíku, hořčíku, sodíku, železa, manganu, zinku a mědi. V mangu je, v malém podílu, přítomna rozpustná vláknina, která přispívá k odstraňování žlučových kyselin a snižování hladiny cholesterolu v krvi [34]. V plodech jsou přítomny chlorofyl, karoteny, antokyany a xantofyly, ačkoli chlorofyl během zrání mizí, zatímco antokyanů a karotenoidů se zráním přibývá [33]. Protože během zrání a dozrávání manga dochází k přeměně chloroplastů obsahujících chlorofyl na chromoplasty obsahující karotenoidy. Hlavními fenolickými látkami v plodech manga jsou antokyany, flavonoidy, katechin, kyselina gallová, kvercetin a kyselina ellagová, které mají antioxidační a protizánětlivé účinky [34].

Energetická hodnota dužiny plodů manga je stanovena na 75 kcal na 100 g, což není mnoho. Mango obsahuje velké množství vody, přibližně 83 %, díky tomu jej můžeme považovat za nízkokalorické ovoce [35].

### 2.5.2 Těkavé látky v mangu

Charakteristická vůně, která se v plodech objeví během zrání, je způsobena složkami esterového a karbonylového typu, které jsou odrůdově specifické. Bylo zjištěno několik set těkavých sloučenin vyskytujících se ve volné formě.

Většina těkavých látek v mangu se nachází ve slupce plodu a v dužině, kde jsou chutě nejintenzivnější. Těkavé látky se však mohou uvolňovat i z jiných částí mangovníku, například z květů. Hlavními těkavými složkami manga jsou terpeny, ačkoli bylo zjištěno, že ve zralých plodech manga je přítomno i několik dalších uhlovodíků, esterů a alkoholů [33].

Mono- a seskviterpeny tvoří 70–90 % všech těkavých látek v mangu. Ve zralých plodech manga nejvíce převládají monoterpeny limonen, myrcen, cis-ocimen a  $\beta$ -pinen. Jsou obzvláště důležitými původními složkami aroma čerstvého manga. Následujícími kvantitativně významnými těkavými látkami v mangu jsou estery ethyl acetát a ethyl butanoát. V plodech jsou také přítomny laktony. Těkavé látky v plodech různých odrůd manga se stanovují pomocí metody mikroextrakce (HS-SPME) ve spojení s plynovou chromatografií s hmotnostní spektrometrií (GC-MS) [36,37].

## 2.6 Kiwi

Kiwi nebo *Actinidia deliciosa* patří do čeledi *Actinidiaceae* a je známé jako „čínský angrešt“.

Kiwi jsou plody stromů, popínavých keřů nebo dřevnatých lián, které mohou dosahovat až 9 metrů. Rostlina se vyznačuje masitými kořeny, rozvětvenými a s tendencí rozprostírat se v horním substrátu půdy. Kiwi je dvoudomá nebo oboupohlavná rostlina, což znamená že samčí a samičí květy se objevují na různých rostlinách. Aby došlo k oplodnění a následnému vytvoření plodů, musí být obě pohlaví vysazena v těsné blízkosti. Plodem je bobule shromážděná v trsech vejčitého, kulovitého nebo protáhlého tvaru, v závislosti na kultivaru. Na vnější straně má chloupky hnědozelené barvy, obvykle měkké. Dužina je zelená s malými černými semínky, která jsou uspořádána v kruhu kolem středu.

Kiwi je rozšířeno po celém světě, zejména je hojně pěstováno v jižní a jihovýchodní Asii. V současné době se komerční pěstování ovoce rozšířilo do mnoha zemí včetně Spojených států, Itálie, Chile, Francie, Řecka, Indie a Japonska [38,39].



Obrázek 5: A – samčí květy; B – list; C – plody kiwi [38]

V posledních desetiletích se celosvětově neustále zvyšuje množství produkce řady komerčních kultivarů a hybridů. Každý druh a kultivar kiwi má specifické vlastnosti, které jsou dány schopností přizpůsobit se půdě a místním klimatickým podmínkám. Komerčně nejvýznamnějšími druhy jsou *A. deliciosa* a *A. chinensis* [38].

*Actinidia deliciosa* je nejrozšířenějším druhem pěstovaným na světě. Má jasně zelenou dužinu a kyselou chuť. Vyznačuje se výjimečnými nutričními vlastnostmi, má velmi vysoký obsah minerálních látek a vitamínů a patří mezi plody s nejvyšším obsahem vitamínu C [39].

### 2.6.1 Chemické složení kiwi

Genetická rozmanitost kiwi zajišťuje velké rozdíly ve složení živin a bioaktivních fytochemikálií [38]. Kiwi je cenným zdrojem vitamínu C, vitamínu E, vitamínů skupin B a K, draslíku, kyseliny listové, vlákniny, minerálních látek a bioaktivních sloučenin s antioxidační aktivitou. Tyto fytochemikálie zpomalují rychlost oxidačních reakcí lipidů, které jsou zodpovědné za znehodnocování potravin. Působí jako lapače volných radikálů nebo zabraňují jejich vzniku. Zbytky plodů (slupka a semena) mohou mít vyšší nutriční obsah než jedlé části. Kromě toho mohou tyto zbytky obsahovat bioaktivní sloučeniny s vyšší antioxidační aktivitou než dužina, vzhledem k tomu, že profily těchto fytochemikálií se liší od ostatních částí ovoce [40].

Tabulka 3: Nutriční hodnoty kiwi [41]

Hodnoty	Množství na 100 g
Energetická hodnota	71 kcal
Sacharidy	13,85 g
Bílkoviny	1,00 g
Vláknina	3,01 g
Tuky	0,63 g

Jak lze vidět z tabulky 3, energetická hodnota kiwi je stanovena na pouhých 71 kcal a vláknina 3 gramy. Obsah tuku v kiwi je téměř výhradně omezen na semena, v dužině se nachází malé množství lipidů spojených s membránou. Také je třeba zmínit, že ve 100 gramech čerstvého kiwi je téměř 84 g vody. Převažujícími cukry jsou glukóza, fruktóza a sacharóza. Množství celkových cukrů a poměr těchto cukrů se liší nejen v závislosti na zralosti, ale také na odrůdě kiwi. Obsah cukru v kiwi má významný vliv na řízení hladiny cukru v krvi po jejich konzumaci. Složení živin, zejména vláknina a vysoký obsah vody, naznačují, že kiwi je nízkokalorické ovoce, a proto se využívá při dietách [42]. Je vhodné pro pacienty trpící žaludečními a hypertenzními chorobami, díky své jedinečné schopnosti pro člověka zvyšovat chuť k jídlu. Kiwi je často označováno za dobrý zdroj kyseliny listové, která je velmi užitečná pro těhotné ženy. Obsah vitamínu C (kyselina askorbová) je nejdůležitější a nejvýznamnější nutriční vlastností kiwi. Obsah vitamínu C se v široké škále druhů rodu *Actinidia* značně liší. Kyselina askorbová jako antioxidant je spojována se snížením rizika arteriosklerózy, kardiovaskulárních onemocnění a některých forem rakoviny. V tradiční medicíně se používá k léčbě mnoha různých typů rakoviny, například rakoviny žaludku, plic a jater [43].

### 2.6.2 Těkavé látky v kiwi

Ovoce obsahuje řadu aromatických látek, které jsou zodpovědné za jeho charakteristickou vůni a chuť. Mezi tyto látky patří estery, alkoholy, aldehydy, ketony a terpeny.

Aromatický profil se mění se zralostí ovoce. Některé sloučeniny, například estery, se během zrání výrazně zvyšují, zatímco jiné, jako aldehydy, se snižují. Tyto chemické látky přímo ovlivňují sensorické vlastnosti ovoce. Hlavními složkami identifikovanými v kiwi jsou methyl- a ethyl butanoát, mající ovocné tóny připomínající vůně manga a ananasu. Hexanal, (Z)- a (E)-2-hexanal s listovými a citrusovými tóny. Hexanol, (Z)- a (E)-3-hexenol s vůní jablečné slupky a methyl benzoát – fenolový a třešňový s kafrovým nádechem. Všechny jsou typickými produkty rozkladu nenasycených mastných kyselin [39,44].

## 2.7 Ananas

Ananas (*Ananas comosus* (L.) Merr) je vytrvalá bylina z čeledi *Bromeliaceae* [45]. Je tropické ovoce s výjimečnou šťavnatostí a pozitivními zdravotními účinky. Původ ananasu se předpokládá v Brazílii a Paraguay v povodí Amazonky, kde bylo ovoce poprvé domestikováno. Ananas je po banánech a citrusech třetím nejvýznamnějším tropickým ovocem na světě. Mezi pět hlavních zemí, které ananas produkují, patří Kostarika, Brazílie, Filipíny, Thajsko a Indonésie [45,46].



Obrázek 6: 1 – plody Ananasovníku; 2 – ananas v řezu [47]

Ananasovník chocholatý, to je název byliny, na které rostou plody, je vysoká asi 0,8 až 1,5 m a 120 cm široká [47]. Ananas má velké množství listů (68–82) uspořádaných do husté kompaktní růžice. Starší listy jsou umístěny u základu rostliny a mladší uprostřed. Květy obsahují samčí i samičí rozmnožovací orgány. Jsou uspořádány v úzkém kompaktním trubkovitém tvaru, ke kterému má přístup pouze hmyz nebo specializovaní ptáci [46]. Plod ananasu má oválný nebo válcovitý tvar a vzniká spojením sousedních bobulí ze semeníků jednotlivých květů, nahloučených kolem zdřevnatělé osy ananasu tvořené stonkem. Dužina plodu je šťavnatá a masitá.

Střední velikost plodu ananasu je 30 cm, hmotnost závisí na odrůdě [47]. Nejrozšířenější odrůdou je *Cayena hladká* (*Cayena lisa*), která byla do Evropy poprvé dovezena z Francouzské Guyany. Ananasy se konzumují nebo podávají čerstvé, vařené, odšťavněné a mohou se konzervovat. Ovoce se konzumuje čerstvé tam, kde je k dispozici, a v konzervované podobě po celém světě [46].

### 2.7.1 Chemické složení ananasu

Ananas je vynikajícím zdrojem různých živin a bioaktivních látek, včetně vitaminů, minerálů, enzymů a fytochemikálií. Hlavní složkou ananasu je voda, která tvoří téměř 85 % celkového objemu ovoce. Má nízký obsah tuku a cholesterolu a je také relativně nízkokalorický. Ananas obsahuje vlákninu, která podporuje zdraví trávicího systému a pomáhá udržovat hladinu cukru v krvi v rovnováze [47,48].

Tabulka 4: Nutriční hodnoty ananasu [49]

Hodnoty	Množství na 100 g
Energetická hodnota	58 kcal
Sacharidy	12,70 g
Bílkoviny	0,49 g
Vláknina	1,95 g
Tuky	0,19 g

Pravděpodobně nejznámější látkou ananasu je proteolytický enzym, který se nazývá bromelain, napomáhající procesu trávení. Bromelain má různé možnosti využití jako protizánětlivý, antioxidační a protirakovinný prostředek. Kromě toho bromelain je velmi užitečný pro zmírnění menstruačních poruch, protože snižuje nadměrné hromadění vody v těle.

Dále je třeba zmínit vysoký obsah biotinu, který má pozitivní vliv na zdraví vlasů, nehtů a kůže. Ananas také obsahuje vitaminy, jako jsou vitamin C, thiamin (B1), riboflavin (B2) a vitamin B6. Je bohatý na antioxidanty, jako jsou flavonoidy, karotenoidy a už dříve zmíněný vitamin C, což přispívá k ochraně těla před volnými radikály. Může se používat jako doplňkové výživové ovoce pro dobré zdraví s vynikajícím zdrojem vitaminů a minerálních látek, protože obsahuje značné množství vápníku, draslíku a manganu [47,48].

Plody ananasu stimulují trávení a správnou činnost tenkého střeva a ledvin; pomáhají při detoxikaci, normalizují flóru tlustého střeva, pomáhají při zmírňování hemoroidů a zabraňují zácpě, díky obsahu vlákniny v dužině. Používá se k léčení nachlazení, ústní dutiny, krku a bronchiální infekce [45].



## 2.7.2 Těkavé látky v ananasu

Ananas má výraznou chuť a vůni díky řadě těkavých látek. Obsahuje obrovské množství sloučenin. Patří sem estery jako methyl estery a ethyl estery nasycených a nenasycených mastných kyselin, acetáty, terpeny, alkoholy, aldehydy, 2-ketony, volné mastné kyseliny a různé  $\gamma$ - a  $\delta$ -laktony [50].

Nejhojněji zastoupenými těkavými sloučeninami v dužině i jádru ananasu jsou estery a terpeny. Estery představovaly 73,76 % celkové produkce aroma v plodech ananasu, které zahrnovalo terpeny (19,79 %), laktony (0,70 %), ketony (0,78 %), aldehydy (1,31 %) a alkeny (3,67 %). Nejvýznamnější estery jsou methyl butanoát, ethyl butanoát, ethyl hexanoát a ethyl oktanoát, které jsou zodpovědné za ovocnou vůni a jsou často přítomny v různých typech ovoce.

Kromě toho ananas obsahuje i třísloviny, které jsou zodpovědné za mírně hořkou chuť, která se často vyskytuje na konci při konzumaci [51].

## 2.8 Pitahaya

Pitahaya, pitaya neboli dračí ovoce (*Hylocereus undatus*) patří do čeledi *Cactaceae* je masitý plod popínavého kaktusu pocházejícího z oblasti mezi jihozápadem Spojených států a Mexikem. V roce 1830 bylo zavezeno na Havajské ostrovy. Před více než 50 lety francouzští mořeplavci přivezli ovoce do Vietnamu, kde se rovněž začaly pěstovat.

Dračí ovoce je epifytická rostlina. Jedná se o rostliny, které rostou na jiných větších rostlinných organismech, nejlépe na větvích nebo kmenech stromů. Rostlina se po stromech šplhá, aby se živila slunečním světlem. Využívá stromovou vlhkost a živiny ze vzduchu. Nejedná se o parazitickou rostlinu, protože používá strom pouze jako oporu. Z podzemních plazivých stonků se vyvíjejí kořeny jako u suchozemských rostlin. Stonky jsou šťavnaté nebo masité, mají trojúhelníkový průřez a dosahují délky až 5 cm. Široké, zvlněné okraje a vysoce rozvětvené. Uvnitř obsahují zásoby živin a vody, které rostlině umožňují přežít v extrémních podmínkách, jako jsou chudé půdy, nízká vlhkost a období sucha [52].

Dračí plody jsou stejně jako ostatní kaktusy opatřeny areolami (hrbolky) na nichž vyrůstají trny. V každé areole má 2 až 5 krátkých ostrých trnů dlouhých 1 až 3 cm. Areoly neboli pupeny jsou schopny vyvinout nové stonky a květy. Květy jsou velké, bílé nebo růžové, 20–35 cm dlouhé a 22–35 cm široké. Plody jsou jedlé o průměru 10 až 15 cm. Slupka je růžová nebo žlutá se zelenými listy. Uvnitř je bílá nebo fialová dužina s jedlými černými semeny. Vyznačuje se jemnou sladkou chutí s tóny lesních plodů, hrušky, kiwi a melounu. Pitahaya má několik odrůd, z nichž se nejčastěji setkáváme s bílou a červenou odrůdou. [53].



Obrázek 7: 1 – plody na kaktusu; 2 – plody pitahaye v řezu; převzato a upraveno z [54, 55]

## 2.8.1 Chemické složení pitahaye

Plody atraktivního tvaru a nádherné barvy jsou osvěžující a mají lahodnou chuť. Ovoce je bohaté na životně důležité výživné látky, jako je karoten, vápník, železo, vláknina, vitamin B, vitamin C a fosfor [56]. Pitahaya je nízkokalorická, obsahuje malé množství bílkovin a tuků, je bohatá na sacharidy, zejména na fruktózu, která se absorbuje pomalu díky vláknině obsažené v ovoci [52]. Je bohatá na antioxidanty, jako jsou flavonoidy, kyselina fenolová a betacyanin. Tyto přírodní látky chrání buňky před poškozením volnými radikály [56].

V případě dužiny červených dračích plodů jsou přítomny prospěšné antokyany neboli přírodní barviva s antioxidačním a ochranným účinkem pro křehké kapiláry. Dračí ovoce je základním zdrojem betacyaninu, který slouží jako červenofialový pigment. Fialové pigmenty jsou prospěšné zejména pro zdraví očí [52].

Obsahuje prebiotika, které podporují růst probiotik laktobacilů a bifidobakterií. Větší množství prebiotik v těle může zlepšit rovnováhu mezi „dobrymi“ a „špatnými“ bakteriemi ve střevech. Může také zvýšit hladinu železa, které je důležité pro pohyb kyslíku v těle a dodávání energie. A vitamin C v dračím ovoci pomáhá tělu železo přijímat a využívat [57].

Tabulka 5: Nutriční hodnoty červené pitahaye [52]

Hodnoty	Množství na 100 g
Energetická hodnota	36 kcal
Sacharidy	13,20 g
Bílkoviny	0,40 g
Vláknina	0,50 g
Tuky	0,10 g

## 2.8.2 Těkavé látky v pitahaye

Dračí ovoce obsahuje skupinu aromatických látek, které dodávají ovoci charakteristickou vůni a chuť. Pitahaya nemá příliš výraznou a nápadnou vůni, a proto nejsou její aromatické složky více prozkoumané. Obsah biochemických látek a těkavých látek se značně liší mezi odrůdami, zeměpisnými podmínkami a podmínkami pěstování. Je známo, že obsahuje komplexní směs mnoha složek jako estery, alkoholy, kyseliny, ketony a terpeny. Aldehydy tvoří více než 90 % celkového množství těkavých látek [58].

## 2.9 Možnosti stanovení těkavých látek v ovoci

### 2.9.1 Solid Phase Microextraction

Mikroextrakce tuhou fází (SPME) je progresivní metoda, která snižuje náročnost přípravy vzorku, a tím zkracuje dobu analýzy. Tato technika byla poprvé navržena profesorem Janusz Pawluszynem v roce 1990. Základní princip SPME spočívá v sorpci složky vzorku na stacionární fázi pokrývající křemenné vlákno, které se nachází uvnitř kovové jehly. Vlákno je nejdůležitější součástí zařízení, typ použitého vlákna závisí na povaze analytu. Během operace SPME se vlákno nejprve zatáhne do jehly stříkačky a poté se stisknutím pístu spustí do lahvičky uzavřené uzávěrem typu septum.

Extrakci lze provádět dvěma způsoby:

- 1) headspace SPME (HS-SPME). V tomto případě extrakce probíhá v prostoru nad plynným, kapalným nebo pevným vzorkem;

2) přímá imerze (DI-SPME), kdy je vlákno přímo ponořeno do kapalného vzorku.

Nejběžnějším postupem desorpce analytů z vlákna je termická desorpce v injektoru plynového chromatografu, protože tato desorpční metoda zcela zamítá použití organických rozpouštědel. Jsou-li však analyty na vlákne silněji adsorbovány, ponoří se vlákno na určitou dobu do mobilní fáze nebo jiného silného rozpouštědla. Takto prováděná desorpce se nazývá statická desorpce. [59].

Technika SPME se široce používá ke zjišťování složení těkavých látek v potravinách a nápojích, protože nepotřebuje žádný dodatek rozpouštědla. Jedná se o časově nenáročnou a ve srovnání s tradičními extrakčními metodami levnou metodu. Metoda je schopná oddělit a kvantifikovat cis- a trans-izomery. SPME nabízí experimentální flexibilitu a možnost objevit více sloučenin a řešit rozdíly v kvalitě chuti mezi jednotlivými druhy ovoce [58].

## 2.9.2 Chromatografická metoda

Separční metody mají v analytické chemii zásadní význam, slouží především k oddělení sledované složky od doprovodných látek a k její další identifikaci. Kromě toho lze tyto metody také použít ke kvantifikaci, což je stanovení množství studované látky ve vzorku, a konečně ke studiu fyzikálně-chemických a někdy i biologických vlastností látek [60].

Plynovou chromatografií s hmotnostním spektrometrem (GC-MS) lze použít ke zkoumání kapalných, plyných nebo pevných vzorků. Analýza začíná v plynovém chromatografu, kde se vzorek účinně odpaří do plynné fáze a pomocí kapilární kolony potažené stacionární (kapalnou nebo pevnou) fází se rozdělí na jednotlivé složky. Sloučeniny jsou poháněny inertním nosným plynem, jako je helium, vodík nebo dusík.

Při separaci složek směsi se každá sloučenina eluuje z kolony v jiném čase podle svého bodu varu a polarity. Doba eluce se označuje jako retenční čas sloučeniny. GC je schopna rozlišit složité směsi nebo extrakty vzorků obsahující stovky sloučenin. Jakmile složky opustí GC kolonu, jsou ionizovány a fragmentovány v hmotnostním spektrometru pomocí elektronových nebo chemických ionizačních zdrojů. Ionizované molekuly a fragmenty jsou poté urychleny přes hmotnostní analyzátor přístroje, kterým je poměrně často kvadrupól nebo iontová past. Zde jsou ionty separovány na základě různých poměrů hmotnosti a náboje ( $m/z$ ). Sběr dat GC-MS může probíhat buď v režimu úplného skenování, aby se pokryl široký rozsah poměrů  $m/z$ , nebo v režimu monitorování vybraných iontů (SIM) [61]. Identifikace pomocí GC-MS může být možná z  $< 1$  ng sloučeniny za předpokladu, že její hmotnostní spektrum je relativně čisté od cizích iontů [62]. Když je komplexní vzorek separován pomocí GC-MS, vytvoří na chromatogramu velké množství různých píků a každý pik generuje charakteristické hmotnostní spektrum, které se používá k identifikaci sloučeniny. Pomocí rozsáhlých komerčně dostupných knihoven hmotnostních spekter lze identifikovat a kvantifikovat neznámé sloučeniny a cílové analyty [61].

### 3 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

Během experimentu byly stanoveny těkavé látky ve zkoumaných druzích ovoce, vysušené klasickým sušením a lyofilizací. Pro srovnání byly změřeny vzorky čerstvého ovoce. Stanovení bylo provedeno pomocí headspace mikroextrakce tuhou fází spojené s plynovou chromatografií. Detekce byla provedena hmotnostním spektrometrem (HS-SPME-GC-MS).

#### 3.1 Použité vybavení

- Plynový chromatograf Trace<sup>TM</sup> 1310 se split/splitless injektorem (ThermoFisher Scientific Inc., Waltham, MA, USA)
- Hmotnostní spektrometr ISQ<sup>TM</sup> LT Single Quadrupole (ThermoFisher Scientific Inc., Waltham, MA, USA)
- Xcalibur 2.2 (ThermoFisher Scientific Inc., Waltham, MA, USA)
- Knihovna hmotnostních spekter NIST/EPA/NIH (Gaithersburg, MA, USA)
- Microsoft Excel 2020 (Microsoft Corporation, Redmond, WA, USA)
- Statistica 13 (TIBCO Software Inc., Palo Alto, CA, USA)
- SPME vlákno DVB/CAR/PDMS 50/30  $\mu\text{m}$  (Supelco, Bellefonte, PA, USA)
- Kapilární kolona TG-Wax MS (30 m  $\times$  0,25 mm  $\times$  0,5  $\mu\text{m}$ )
- Předvážky EK-1200i a analytické digitální váhy GR-202 (A&D Instrument Ltd, Abingdon, Spojené království)
- Lyofilizátor (Lyotrade Freeze Dryers s.r.o., ČR)
- Sušička ovoce (Penta CZ s.r.o., ČR)
- Mrazicí box (Elcold, Dánsko)
- Vialky (10ml) se závitovým magnetickým uzávěrem, náhradní septa
- Běžné laboratorní sklo a náčiní

#### 3.2 Analyzované ovoce

V experimentální části práce byly analyzovány vzorky tropického ovoce, konkrétně banán, kiwi, mango, ananas a červená pitahaya, v čerstvém stavu a konzervované sušením a lyofilizací. Všechny vzorky byly zakoupeny v běžné tržní síti a uchovávány v chladničce ( $4 \pm 2$  °C). Celkem bylo zanalyzováno 15 vzorků.

##### 3.2.1 Sušení a lyofilizace vzorků ovoce

Proces sušení a lyofilizace probíhal na Univerzitě obrany v Brně. Nakoupené ovoce bylo omyto a očištěno od slupek. Poté bylo nakrájeno na plátky, příp. kostky a přímo vkládáno do sušičky nebo do lyofilizátoru. Parametry sušení a lyofilizace jsou uvedeny v tabulce 6. Hotové vzorky byly skladovány při pokojové teplotě ( $23 \pm 2$  °C).



Tabulka 6: Parametry sušení a lyofilizace

Vzorek	Lyofilizace			Sušení	
	Doba mražení (při -43 °C) [hod.]	Celková doba sušení [hod.]	Tlak [Pa]	Doba sušení [hod.]	Teplota [°C]
Ananas	10	35 + 7 hod. dosušení	25	45	55
Banán	10	35	34	23	55
Mango	10	35	31	35	55
Kiwi	10	35	26	35	55
Pitahaya	7	35	24	52	55

### 3.3 Metody a postupy

#### 3.3.1 Příprava vzorků

Sušené a lyofilizované ovoce bylo rozdrceno na malé kousky, čerstvé ovoce bylo nakrájeno na kousky a rozmělněno na konzistenci pyré.

Pro stanovení těkavých látek byly naváženy 2 g vzorku do připravených vialek o objemu 10 ml. Vialky byly uzavřeny šroubovacím závitěm s vzduchotěsným septem. Takto připravené vzorky byly následně bez jakékoli další chemické úpravy ihned analyzovány.

#### 3.3.2 Popis instrumentace a parametrů analýzy GC-MS

Analýzy všech vzorků ovoce byly provedeny na plynovém chromatografu Trace 1310 se split/splitless injektorem spojeném s hmotnostním spektrometrem ISQTM LT disponujícím kvadrupólovým detektorem. Nastavené podmínky analýzy jsou uvedeny v tabulkách 7–9 níže.

Tabulka 7: Podmínky HS-SPME extrakce

Podmínky HS-SPME	
Doba inkubace	10 minut
Doba extrakce a inkubace	40 °C
Doba extrakce	20 minut
Množství vzorku	2 g

Tabulka 8: Podmínky GC-MS analýzy

Podmínky GC-MS	
Kapilární kolona	TG–WaxMS (30 m x 0,25 mm x 0,5 µm)
Teplota injektoru	240 °C
Doba desorpce	20 minut
Dávkování	Splitless, ventil uzavřený 10 minut
Nosný plyn	Helium
Průtok nosného plynu	1 ml.min <sup>-1</sup>
Teplotní program	40 °C s výdrží 1 min., vzestupný gradient 5°C.min <sup>-1</sup> do 220°C s výdrží 22 minut
Celková doba analýzy	60 minut

Tabulka 9: Podmínky MS detekce

Podmínky hmotnostního detektoru	
Teplota iontového zdroje	200 °C
Energie ionizačních elektronů	70 eV
Skenovací rozsah	30–300 m/z
Rychlost skenování	0,2 sekund

### 3.3.3 Zpracování dat

Vzorky byly analyzovány za využití programu Xcalibur 2.2. Všechny látky byly identifikovány pomocí hmotnostních spekter a retenčních indexů. Získaná hmotnostní spektra byla porovnána s knihovnou spekter NIST/EPA/NIH. Pro zpracování dat byly vybrány píky s S/N (signal to noise) větší než 3. Obsah identifikovaných sloučenin je vyjádřen semikvantitativně pomocí ploch příslušných píků na chromatogramu (rel. %). Výsledky byly zpracovány pomocí programu MS Excel.

## 4 VÝSLEDKY A DISKUZE

Tato práce je pilotní součástí studie, která se bude zabývat problematikou lyofilizace potravin; probíhá ve spolupráci s Univerzitou obrany v Brně. První experimenty jsou zaměřeny na lyofilizované ovoce, konkrétně vybrané druhy tropického ovoce (banán, kiwi, mango, ananas a červená pitahaya).

Cílem této práce bylo porovnat vzorky konzervované lyofilizací, klasickým sušením horkým vzduchem a vzorky čerstvé. Hlavním záměrem bylo zjistit, zda bude mít způsob konzervace vliv na profil a obsah těkavých (aromatických) látek ve vzorcích.

Profil a obsah těkavých látek byl studován metodou HS-SPME-GC-MS. Podmínky jsou uvedeny v kapitole 3.3.2. Všechny připravené vzorky ovoce byly měřeny vždy duplicitně pro potvrzení opakovatelnosti metody GC-MS.

### 4.1 Identifikace a kvantifikace těkavých látek

Na začátku bylo provedeno kvalitativní stanovení aromatických aktivních látek (AAL). Sloučeniny byly vybrány podle největšího zastoupení. Za účelem identifikace sloučenin byla použita knihovna hmotnostních spekter NIST/EPA/NIH a vypočítány retenční indexy, které byly pro doplnění porovnány s literaturou. Obsah látek ve vzorcích byl vyjádřen na základě plochy píků a převeden na procentuální zastoupení (rel. %).

Výsledky měření jsou uvedeny v tabulkách 10–14, kde jsou uvedeny jednotlivé identifikované sloučeniny, jejich příslušné chemické skupiny, retenční čas (RT), vypočítané retenční indexy (RI), rozmezí RI zjištěné z literatury [63,64] a procentuální zastoupení každé látky ve vzorku. Z důvodu mírných rozdílů v retenčních časech mezi jednotlivými vzorky byla pro každou látku uvedena průměrná hodnota retenčního času ze všech měřených vzorků. Symbol “x” označuje nepřítomnost látky ve vzorku.

Na konci každé následující kapitoly jsou uvedeny tři grafy, které poskytují lepší vizuální přehled o složení AAL každého ovoce.

První graf zobrazuje celkový počet identifikovaných látek. Tento graf poskytuje přehled o rozmanitosti sloučenin přítomných v každém vzorku. Porovnáním počtu identifikovaných látek mezi vzorky je možné odhalit případné rozdíly v obsahu aromatických látek.

Druhý graf se zaměřuje na srovnání plochy píků. Plocha píku je obvykle korelována s koncentrací sloučeniny v daném vzorku. Tento graf umožňuje porovnat relativní koncentrace aromatických sloučenin mezi jednotlivé vzorky ovoce.

Třetí graf se zaměřuje na srovnání procentuálního zastoupení ploch píků. Tento graf umožňuje porovnat relativní podíly jednotlivých sloučenin ve vzorcích. Identifikované sloučeniny jsou zde zastoupeny podle svých procentuálních poměrů. V grafu není zobrazeno 100% zastoupení, protože nebyly do porovnávacích grafů zahrnuty neidentifikované látky. Získané výsledky mohou poskytnout informace o přítomnosti dominujících sloučenin a případných rozdílech v jejich koncentracích.

Ukázka chromatogramů vzorků je uvedena v přílohách 1–15.

#### 4.1.1 Aromaticky aktivní látky ve vzorcích manga

Ve vzorcích manga bylo celkem identifikováno a kvantifikováno 25 těkavých látek. Celkový přehled všech identifikovaných látek je uveden v tabulce 10.

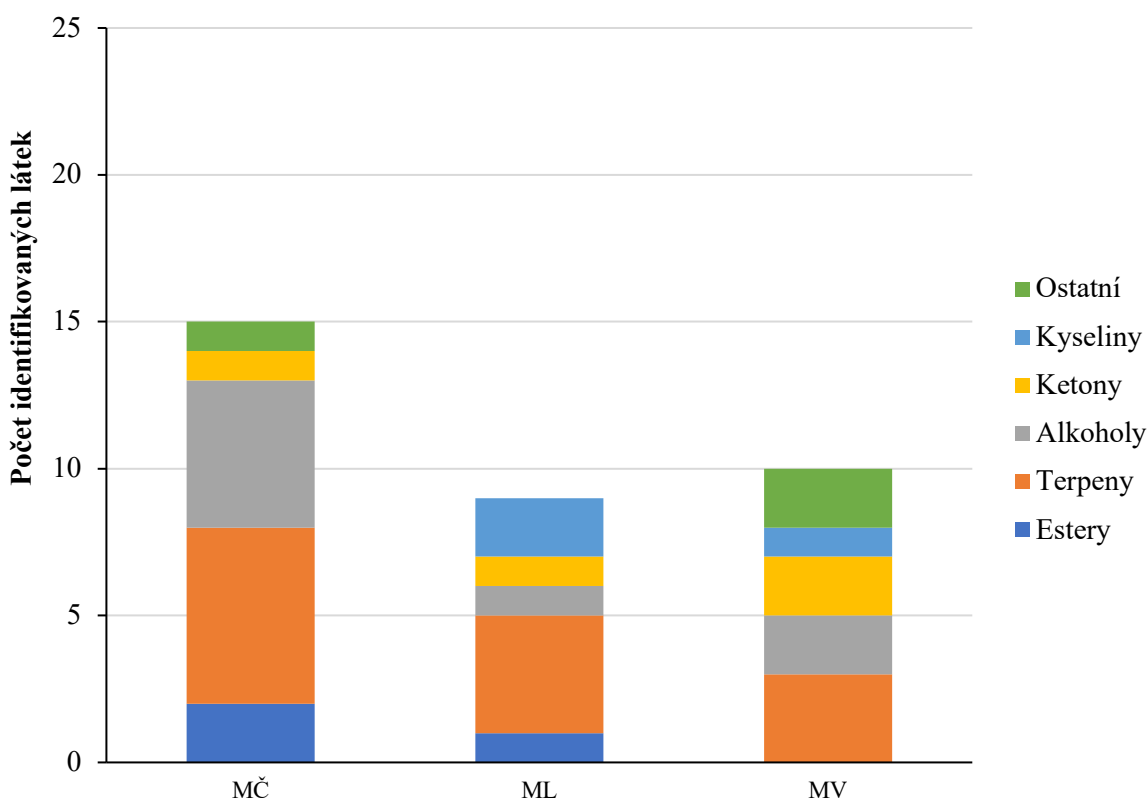
Tabulka 10: Těkavé látky identifikované ve vzorcích manga; MČ – mango čerstvé; ML – mango lyofilizované; MV – mango sušené;

№	Látka	Klasifikace	RT [min]	RI [-]	RI <sub>lit</sub> [-]	MČ [rel.%]	ML [rel.%]	MV [rel.%]
1	Ethyl-butanoát	ester	6,09	1041	1027–1043	0,8	x	x
2	δ-3-karen	terpen	8,53	1147	1147	2,9	34,4	x
3	Limonen	terpen	9,78	1195	1199	16,4	x	x
4	D-limonen	terpen	10,17	1210	1205	x	1,9	2,0
5	Isoamyl alkohol	alkohol	10,42	1220	1179–1236	3,8	x	1,2
6	2-pentylfuran	furan	10,83	1235	1236	2,0	x	x
7	Isoamyl butanoát	ester	11,77	1270	//	3,9	x	x
8	Terpinolen	terpen	12,21	1286	1281	21,6	x	x
9	<b>Acetoin</b>	keton	12,72	1305	1314	<b>4,8</b>	<b>5,9</b>	<b>19,0</b>
10	Hydroxyaceton	keton	13,22	1324	//	x	x	1,0
11	1-hexanol	alkohol	14,24	1362	1316–1377	1,8	x	x
12	3-hexen-1-ol	alkohol	15,12	1396	1344–1399	1,1	x	x
13	Kyselina octová	kyselina	17,33	1481	1408–1479	x	46,8	26,4
14	Furfural	furan	17,54	1490	1432–1490	x	x	5,4
15	α-kopaen	terpen	17,74	1497	1496	1,7	x	x
16	Ethyl 3-hydroxybutanoát*	ester	18,76	1539	//	x	1	x
17	2,3-butandiol	alkohol	19,26	1559	//	x	2,2	1,7
18	Karyofylen	terpen	20,46	1608	1604	11,7	1,1	x
19	Kyselina butanová	kyselina	21,72	1661	1593–1655	x	2,0	x
20	Butyrolakton	lakton	21,73	1662	//	x	x	37,3
21	Humulen	terpen	22,21	1682	1655–1682	3,8	x	4,1
22	(E)-3-nonen-1-ol	alkohol	22,51	1695	//	6,8	x	x
24	3,6-nonadien-1-ol	alkohol	24,07	1764	//	1,6	x	x
25	α-kurkumen	terpen	24,71	1792	1766–1786	x	0,6	0,5

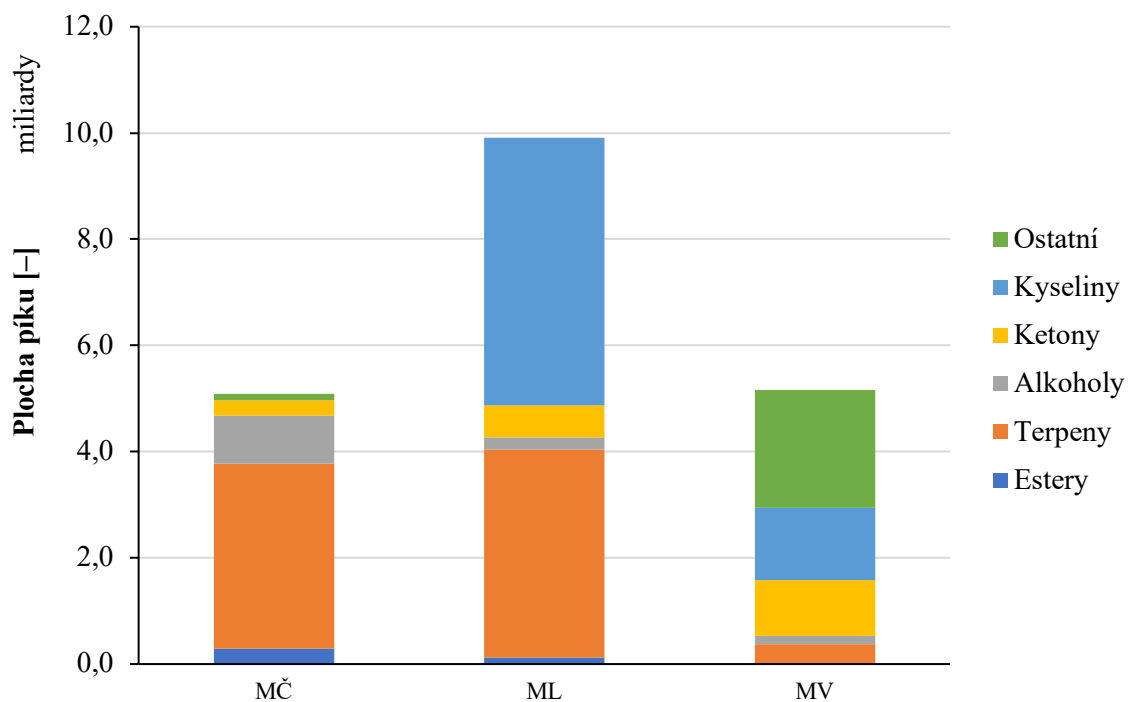
Z celkového počtu jednotlivých látek lze vidět, že ve vzorcích jsou hodně zastoupeny terpeny, alkoholy a estery. Je zřetelné, že množství těchto látek se výrazně liší a lze je snadno rozeznat podle relativního zastoupení ve vzorcích. Celkem bylo zjištěno 8 látek v lyofilizovaném vzorku manga a 10 látek v sušeném vzorku. Lyofilizovaný vzorek obsahuje větší množství terpenů, jako jsou 3-karen (34,4%), isomer D-limonen (1,9%) a karyofylen (1,1%).

Všechny tři vzorky obsahují acetoin, přičemž vysušený vzorek obsahuje nejvíce – 19 %. Lze také vidět, že ve vzorcích lyofilizovaného a sušeného ovoce je hojně zastoupena kyselina octová, pravděpodobně vzniklá kvůli oxidaci acetoinu během sušení. Čerstvé mango obsahuje terpen limonen (16,4%), což je jedna z hlavních složek tvořících typické aroma tohoto ovoce (viz kapitola 2.5.3). D-limonen byl nalezen v obou dehydratovaných vzorcích ve stejném množství, což znamená, že pravděpodobně v obou vzorcích došlo k oxidaci limonenu, při níž dochází ke změně konfigurace molekuly z konfigurace R na konfiguraci S a vzniká izomer D- limonen. V sušeném vzorku mango byl nalezen furan furfural v zastoupení 5,4 %, který vznikl reakcí mezi sacharidy a aminokyselinami při vysokých teplotách, která může vést k tvorbě furanových sloučenin.

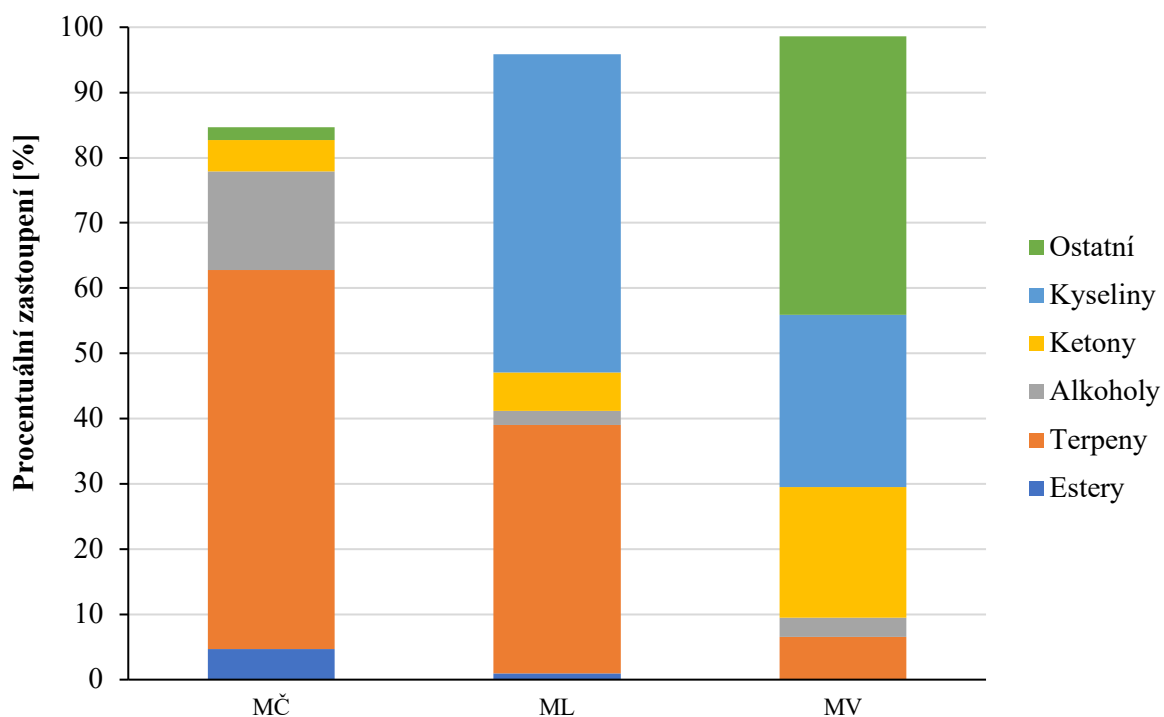
Jak je napsáno v kapitole 2.5.3, mono- a seskviterpeny tvoří téměř 70–90 % všech těkavých látek v mango. Při porovnání lyofilizovaného a sušeného vzorku je zřejmé, že lyofilizované mango má vyšší procentuální zastoupení terpenů než sušené. Sušení může způsobit ztrátu nebo rozklad některých aromatických látek v důsledku vysoké teploty a dlouhé sušící doby. Například bylo zjištěno, že lyofilizované mango obsahuje více karyofylenu, 3-carenu a octové kyseliny než sušené mango. Je třeba také poznamenat, že všechny estery se v sušených vzorcích nezachovaly. Ethyl 3-hydroxybutanoát je syntetická sloučenina, pravděpodobně byla přítomná jako nečistota. V tabulce byla označena hvězdičkou “\*”.



Graf 1: Srovnání počtu sloučenin ve vzorcích manga



Graf 2: Srovnání plochy píků pro mango



Graf 3: Srovnání % ploch píků pro mango

#### 4.1.2 Aromaticky aktivní látky ve vzorcích pitahaye

Ve vzorcích pitahaye bylo celkem identifikováno a kvantifikováno 12 těkavých látek. Podrobný seznam všech identifikovaných látek lze nalézt v tabulce 11.

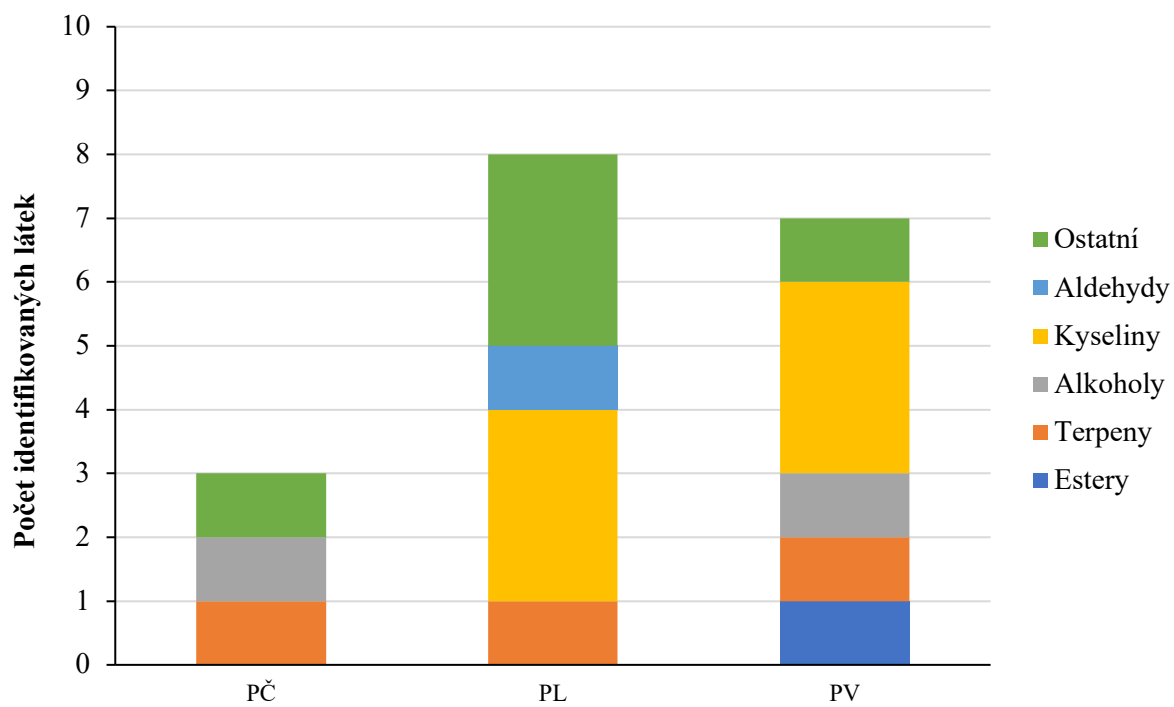
Tabulka 11: Těkavé látky identifikované ve vzorcích pitahaye; PČ – pitahaya čerstvá; PL – pitahaya lyofilizovaná; PV – pitahaya sušená;

№	Látka	Klasifikace	RT [min]	RI [-]	RI <sub>lit</sub> [-]	PČ [rel.%]	PL [rel.%]	PV [rel.%]
1	Hexanal	aldehyd	7,26	1097	1056–1106	x	14,4	x
2	Dodekan	alkan	9,9	1200	//	x	4,1	x
3	Isoamyl alkohol	alkohol	10,37	1217	1198–1217	2,3	x	x
4	Ethyl-hexanoát	ester	11,14	1256	1216–1258	x	x	4,2
5	<b>Tridekan</b>	alkan	12,6	1301	//	<b>51,8</b>	<b>60,5</b>	<b>29,1</b>
6	Kyselina octová	kyselina	17,54	1490	1408–1479	x	3,6	54,0
7	2,3-Butandiol	alkohol	19,26	1559	//	x	x	1,5
8	Levomenthol	terpen	21,46	1650	1599–1651	6,6	x	x
9	α-kurkumen	terpen	24,71	1792	1743–1788	x	2,7	1,3
10	Kyselina hexanová	kyselina	26,55	1878	1807–1873	x	11,1	2,4
11	Kyselina oktanová	kyselina	30,88	2060	2044–2075	x	2,9	0,6
12	Kaprolaktam*	laktam	33,27	2149	//	x	0,8	x

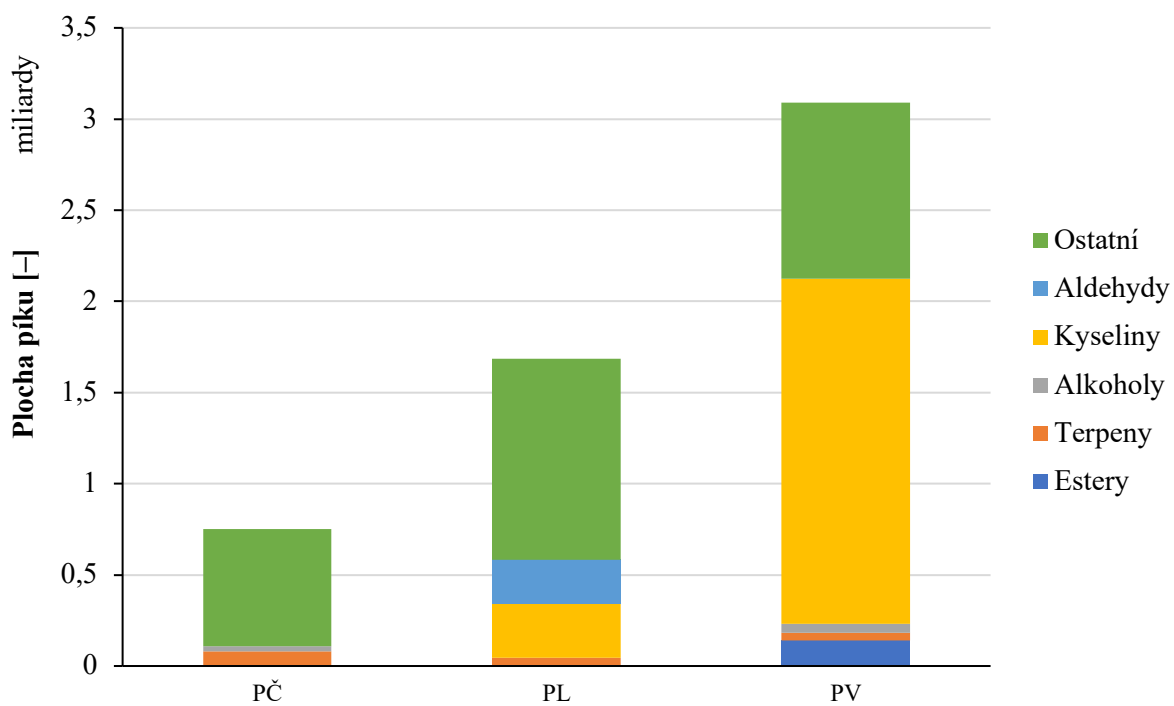
Identifikované látky lze rozdělit do 6 chemických skupin, zahrnujících kyseliny, alkoholy, terpeny, aldehydy, estery a další sloučeniny. Z tabulky je patrné, že analyzované vzorky pitahaye neobsahují velké množství látek a složení čerstvého ovoce (PČ) se velmi liší od vzorků sušeného (PV) a lyofilizovaného (PL) ovoce. Důvodem může být použití různých odrůd pitahaye. Pro analýzu čerstvého ovoce byla zakoupena pitaya s červenou dužinou a zbývající dva vzorky mohly být připravené z bílé dužiny ovoce. Na základě jednoho z článků [58] se obsah AAL může značně lišit. Pitahaya s bílou dužinou obsahuje více aromatických látek než červená. Z této tabulky lze však s určitostí uvést, že společnou látkou všech tří vzorků je alkan tridekan, který tvoří téměř polovinu obsahu. V porovnání s literaturou byla tato látka identifikována jak v bílé dužině, tak v červené dužině pitahaye.

Stejně jako v literatuře, tak ve vzorcích PL a PV byly zjištěny kyseliny jako hexanová a oktanová. Jejich procentuální zastoupení v lyofilizovaném vzorku je viditelně větší než v sušeném. Avšak v případě octové kyseliny (54%) v PV je to přesně naopak. Takže navíc v lyofilizované pitahaye jsou zastoupeny látky jako hexanal (14,4%), dodekan (4,1%), terpen α- kurkumen (2,7%) a kaprolaktam, který pravděpodobně vznikl kontaminací vzorku.

Na základě porovnání mezi samotnými vzorky a s literaturou je zřejmé, že lyofilizace se ukázala jako lepší metoda konzervace pro dračí ovoce.

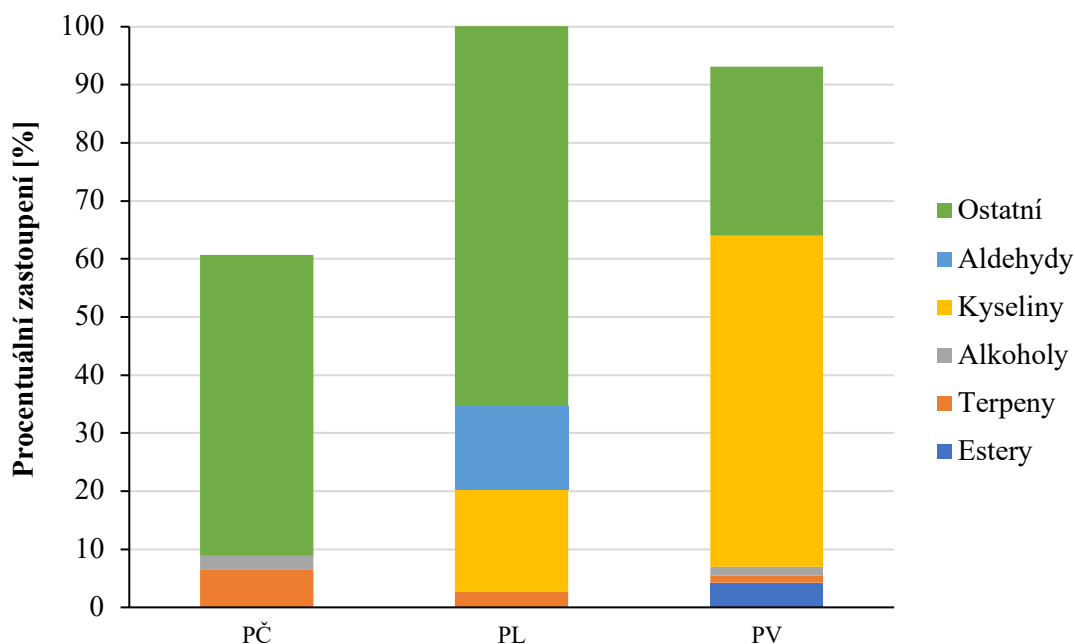


Graf 4: Srovnání počtu sloučenin ve vzorcích pitahaye



Graf 5: Srovnání plochy píků pro pitahaye





Graf 6: Srovnání % ploch píků pro pitahaye

#### 4.1.3 Aromaticky aktivní látky ve vzorcích banánu

Ve vzorcích banánů bylo identifikováno a kvantifikováno celkem 35 těkavých látek. Tyto látky jsou uvedeny podrobně v tabulce 12.

Tabulka 12: Těkavé látky identifikované ve vzorcích banánu; BČ – banán čerstvý; BL – banán lyofilizovaný; BV – banán sušený;

N <sub>o</sub>	Látka	Klasifikace	RT [min]	RI [-]	RI <sub>lit</sub> [-]	BČ [rel.%]	BL [rel.%]	BV [rel.%]
1	Isobutyl acetát	ester	5,60	1018	//	0,4	x	x
2	Ethyl-butanoát	ester	6,10	1042	1027–1043	0,1	x	x
3	1-methylbutyl acetát	ester	6,88	1079	//	9,1	x	x
4	2-hexanon	keton	7,10	1089	//	0,2	x	x
5	Hexanal	aldehyd	7,26	1097	1075–1091	x	8,0	x
6	Isobutyl butanoát	ester	9,14	1170	//	1,2	1,4	x
7	2-heptanon	keton	9,65	1190	1173–1191	1,7	1,0	x
8	<b>1-methylbutyl butanoát</b>	ester	10,36	1217	//	<b>10,5</b>	<b>7,3</b>	<b>0,9</b>
9	Banánový olej (isoamyl acetát)	ester	10,42	1219	//	0,9	x	4,6
10	Butyl-butyrát	ester	10,54	1224	//	1,2	1,2	x
11	2-hexenal	aldehyd	10,83	1235	1196–1238	x	1,1	x
12	3-methylbutyl isobutanoát	ester	11,84	1272	//	16,4	31,7	x

Tabulka 12 – pokračování: Těkavé látky identifikované ve vzorcích banánu; BČ – banán čerstvý; BL – banán lyofilizovaný; BV – banán sušený;

№	Látka	Klasifikace	RT [min]	RI [-]	RI <sub>lit</sub> [-]	BČ [rel.%]	BL [rel.%]	BV [rel.%]
13	Hexyl-acetát	ester	12,05	1280	1265–1280	7,2	2,4	x
14	Isoamyl-butanoát	ester	12,57	1300	1285–1304	1,1	x	x
15	Acetoin	keton	12,76	1307	1314	x	x	32,2
16	Hexanol	alkohol	14,27	1364	1316–1377	28,6	3,0	x
17	Isopentyl-valerát	ester	14,54	1374	//	x	1,0	x
18	3-hexen-1-ol	alkohol	14,57	1375	1364–1385	0,3	x	x
19	1-methylhexylester kyseliny butanové	ester	15,50	1410	//	x	2,1	x
20	2-hexenol acetát	ester	15,68	1417	1377–1419	6,6	0,3	x
21	Hexylester kyseliny butanové	ester	15,85	1424	1407	11,7	3,2	x
22	Hexyl n-valerát	ester	16,70	1436	//	x	x	0,7
23	Isopentyl-hexanoát	ester	17,06	1471	//	x	0,8	x
24	Kyselina octová	kyselina	17,40	1484	1408–1479	x	2,4	37,6
25	2-hexenylester kyseliny butanové	ester	17,40	1484	//	1,7	x	x
26	2,3-butandiol	alkohol	20,17	1596	//	x	x	9,5
27	Hexyl-hexanoát	ester	20,82	1623	//	x	0,3	x
28	Ethyl-dekanoát	ester	21,50	1652	1616–1660	x	0,3	x
29	Kyselina isovalerová	kyselina	21,72	1662	1636–1697	x	3,1	8,7
30	2-oktenal,2-butyl-	aldehyd	22,26	1684	//	x	1,8	x
31	α-kurkumen	terpen	24,72	1793	1743–1788	x	1,4	3,2
32	Kyselina hexanová	kyselina	26,26	1865	1807–1873	0,3	1,9	x
33	Eugenol	fenol	32,90	2134	2135	x	0,8	x
34	Kaprolaktam*	laktam	33,27	2149	//	x	0,1	x
35	Elemicin	fenol	33,79	2170	2219–2245	0,2	x	x

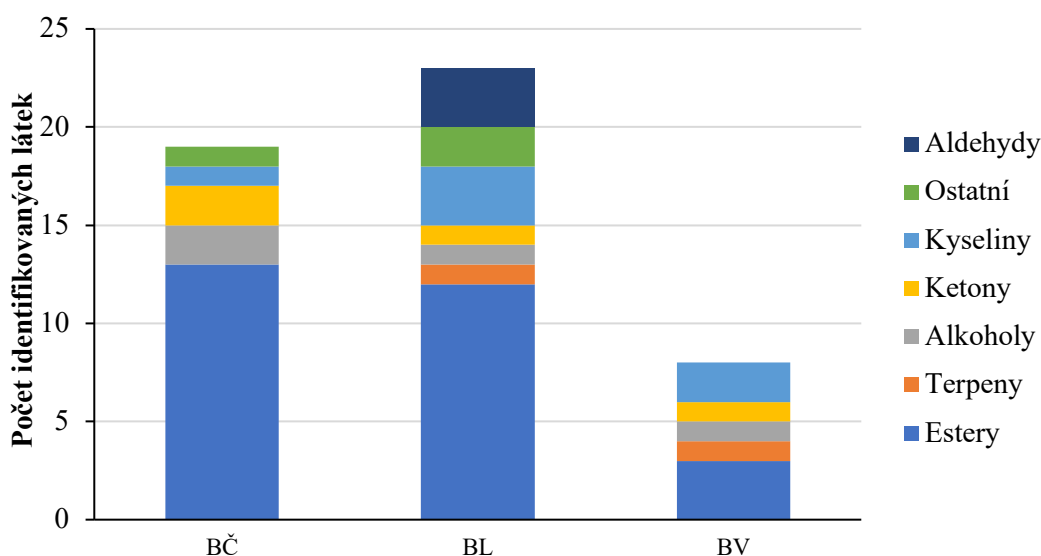
Banán je velmi bohaté ovoce na AAL . Z tabulky je patrné, že největší zastoupení v aromatickém profilu banánu tvoří alifatické estery. Dále se vyskytují ketony, alkoholy, aldehydy, kyseliny, terpeny a několik dalších sloučenin. Jak je uvedeno v kapitole 2.4.3, většina AAL jsou vytvářeny z mastných kyselin s vysokým počtem uhlíků, které jsou produkovány během metabolismu lipidů rostlin. Celková aromatická charakteristika banánu se neustále mění během zrání a je ovlivněna různými faktory v prostředí. V obou vzorcích BL a BV byl nalezen

ester 1-methyl butanoát , který je jednou z klíčových složek přispívající k charakteristické vůni a chuti banánu. Při porovnání procentuálního obsahu mezi vzorky BL a BV je rozdíl jasně patrný. Lyofilizovaný vzorek obsahuje 7,3 %, zatímco sušený vzorek jen 0,9 % AAL.

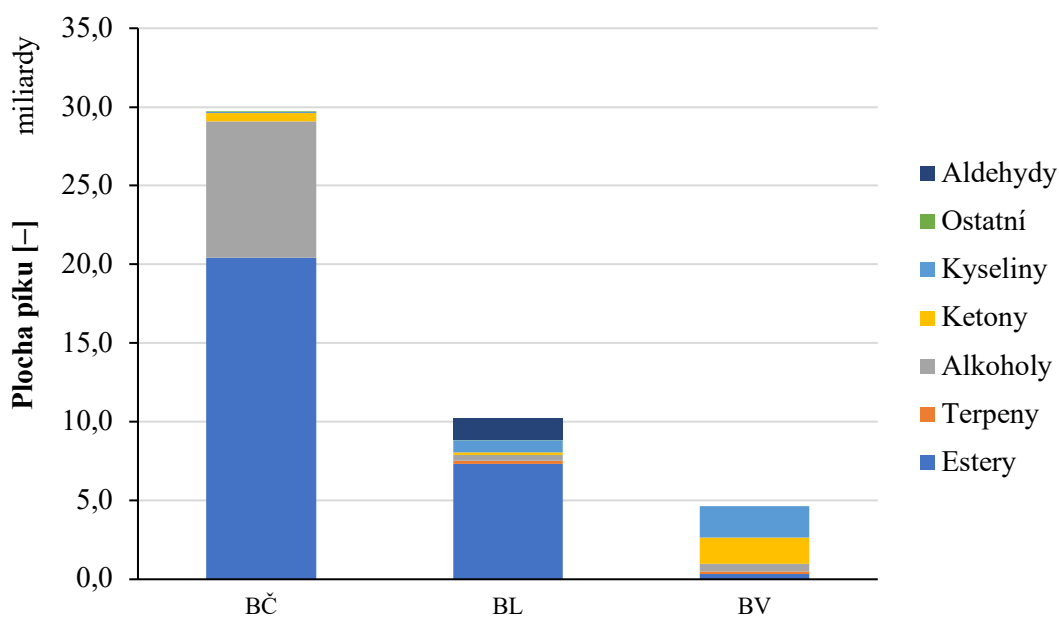
Celkově bylo ve vzorku lyofilizovaného banánu nalezeno 23 látek, z nichž jedna, laktam kaprolaktam, pravděpodobně vznikla kontaminací vzorku a byla označena hvězdičkou "\*". Nejvíce zastoupené sloučeniny byly 3-methylbutyl isobutanoát (31,7 %), 1- methyl butanoát (7,3 %) a hexanal (8 %). Ostatní objevené látky se vyskytovaly v rozmezí 1–3,5 %.

V sušeném banánu bylo nalezeno 8 těkavých látek, přičemž nejvíce zastoupené byly acetoin (32,2 %), kyselina octová (37,6 %), 2,3-butandiol (9,5 %) a kyselina isovalerová (8,7 %). Ostatní sloučeniny byly zastoupeny v rozmezí 0,5–5 %.

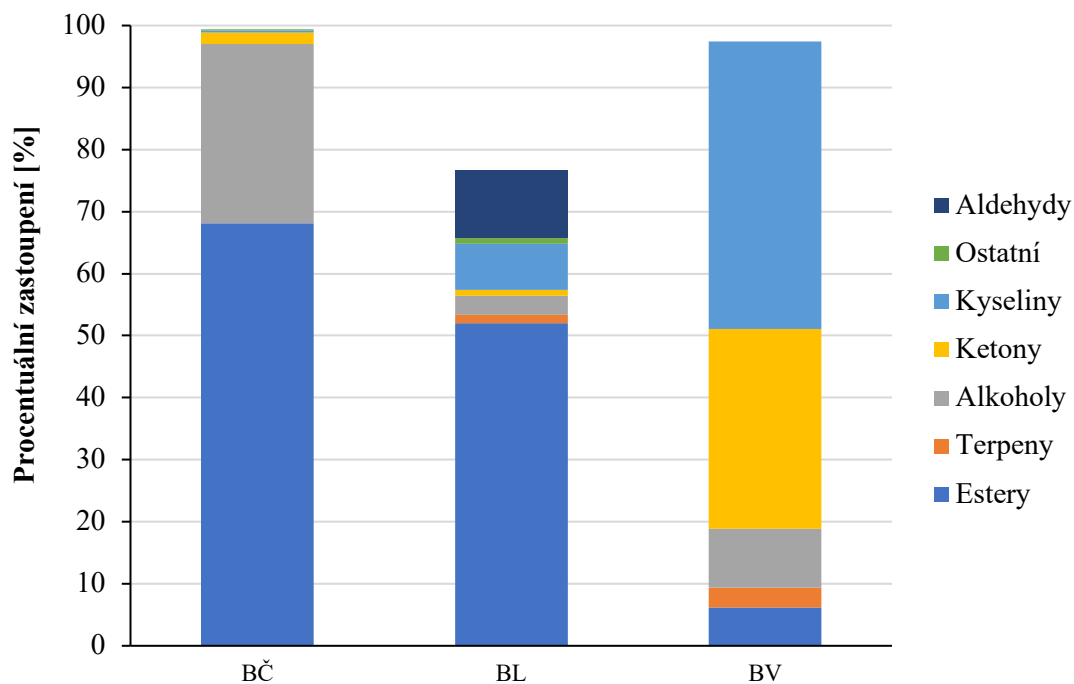
U vzorku čerstvého banánu lze pozorovat, že některé významné těkavé látky jsou v nízkých koncentracích nebo zcela chybí. To může signalizovat nedostatečné zrání ovoce.



Graf 7: Srovnání počtu sloučenin ve vzorcích banánu



Graf 8: Srovnání plochy píků pro banán



Graf 9: Srovnání % ploch píků pro banán

#### 4.1.4 Aromaticky aktivní látky ve vzorcích ananasu

Ve vzorcích ananasu bylo celkem identifikováno a kvantifikováno 36 těkavých látek. Tyto látky jsou podrobně uvedeny v tabulce 13.

Tabulka 13: Těkavé látky identifikované ve vzorcích ananasu; AČ – ananas čerstvý; AL – ananas lyofilizovaný; AV – ananas sušený;

№	Látka	Klasifikace	RT [min]	RI [-]	RI <sub>lit</sub> [-]	AČ [rel.%]	AL [rel.%]	AV [rel.%]
1	Methyl $\alpha$ -methylbutanoát	ester	5,58	1017	//	5,3	12,4	x
2	Ethyl-butanoát	ester	6,1	1042	1027–1043	10,5	x	x
3	Ethyl 2-methylbutanoát	ester	6,44	1058	//	26,5	x	3,3
4	Isobutanol	alkohol	7,6	1111	1057–1113	1,5	x	x
5	Banánový olej (isoamyl acetát)	ester	7,98	1126	//	4,9	x	x
6	2-heptanon	keton	9,65	1190	1173–1191	0,8	x	x
7	Methyl-hexanoát	ester	9,93	1201	1172–1202	x	14,0	1,2
8	Isoamyl alkohol	alkohol	10,45	1221	1179–1236	6,0	x	1,1

Tabulka 13 – pokračování: Těkavé látky identifikované ve vzorcích ananasu; AČ – ananas čerstvý;

AL – ananas lyofilizovaný; AV – ananas sušený;

№	Látka	Klasifikace	RT [min]	RI [-]	RI <sub>lit</sub> [-]	AČ [rel.%]	AL [rel.%]	AV [rel.%]
9	<b>Ethyl hexanoát</b>	ester	11,14	1246	1216–1258	<b>3,7</b>	<b>4,4</b>	<b>7,9</b>
10	Styren	uhlovodík	11,75	1269	1251–1270	10,2	x	x
11	Isopentyl 2-methylbutanoát	ester	12,05	1280	//	2,4	x	x
12	Acetoin	keton	12,72	1305	1314	0,9	x	21,3
13	Ethyl 3-hexenoát	ester	12,93	1313	//	0,5	x	x
14	2-heptanol	alkohol	13,32	1328	1284–1335	3,1	x	x
15	2-nonanon	keton	15,2	1399	1374–1415	4,4	x	x
16	Methyl-octanoát	ester	15,34	1404	//	x	1,8	3,0
17	Aristolen	terpen	15,79	1421	//	1,4	x	x
18	<b>Kyselina octová</b>	kyselina	17,44	1486	1408–1479	<b>1,2</b>	<b>3,2</b>	<b>6,1</b>
19	<b>α-kopaen</b>	terpen	17,95	1506	1462–1522	<b>1,7</b>	<b>18,8</b>	<b>12,3</b>
20	2-nonanol	alkohol	18,47	1527	1511–1532	3,5	x	x
21	Dimethyl-malonát	ester	18,62	1533	//	x	7,3	1,6
22	<b>Methyl 3-(methylthio)propionát</b>	ester	18,84	1542	//	<b>1,9</b>	<b>14,1</b>	<b>1,1</b>
23	Kyselina pentanová, 3-hydroxy-2-methyl-,methyl ester	ester	19,23	1558	//	x	x	12,1
24	Mesifuran	furan	20,65	1616	//	x	x	7,3
25	Formyl-benzoát	ester	22,31	1686	//	2,1	x	x
26	Ethyl 3-hydroxyhexanoát	ester	22,63	1700	//	x	1,5	x
27	γ-kaprolakton	lakton	23,35	1732	//	x	8,2	7,4
28	Methyl 4-acetylbutyrát	ester	24,54	1785	//	0,4	x	x
29	α-kurkumen	terpen	24,72	1793	1766–1786	x	2,9	10,3
30	δ-kaprolakton	lakton	25,4	1824	//	x	3,7	x
31	2-fenylethyl acetát	ester	25,65	1836	1784–1851	0,5	x	x
32	Ethyl dodekanoát	ester	26,01	1853	1820–1866	0,3	x	x
33	<b>Kyselina hexanová</b>	kyselina	26,56	1879	1807–1873	<b>0,6</b>	<b>1,2</b>	<b>0,8</b>
34	2-fenylethyl alkohol	alkohol	27,69	1933	1859–1944	2,3	x	x
35	Guaiakol, 4-ethyl-	fenol	30,12	2035	2020–2039	0,8	x	x

Tabulka 13 – pokračování: Těkavé látky identifikované ve vzorcích ananasu; AČ – ananas čerstvý;

AL – ananas lyofilizovaný; AV – ananas sušený;

№	Látka	Klasifikace	RT [min]	RI [-]	RI <sub>lit</sub> [-]	AČ [rel.%]	AL [rel.%]	AV [rel.%]
36	Furaneol	furan	30,34	2042	2020–2041	x	1,0	x

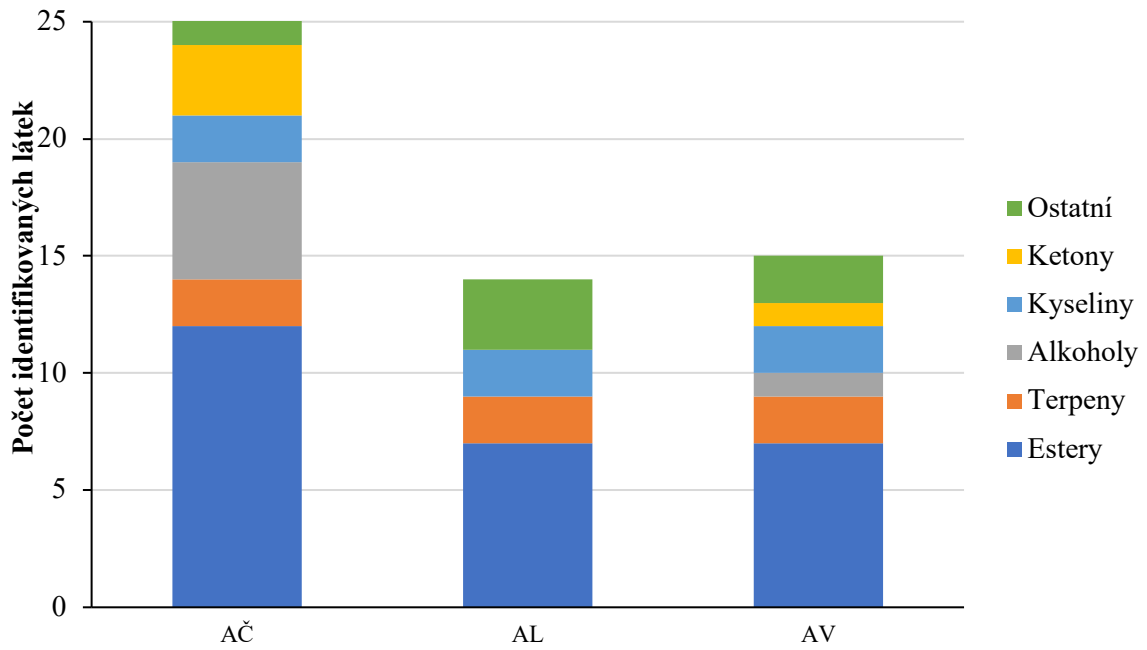
Estery jsou dominantní složkou ananasové vůně, ve vzorcích jich bylo zastoupeno nejvíce. Mezi dalšími identifikovanými látkami byly alkoholy, ketony, terpeny, kyseliny, laktony a furany. Tyto chemické skupiny byly nalezeny i v jiných studiích (viz kapitola 2.7.3).

Ve všech třech testovaných vzorcích byly nalezeny složky jako ethyl hexanoát, octová kyselina,  $\alpha$ -kopaen, methyl 3-(methylthio)propionát a kyselina hexanová, které společně tvoří charakteristickou vůni a chuť ananasu.

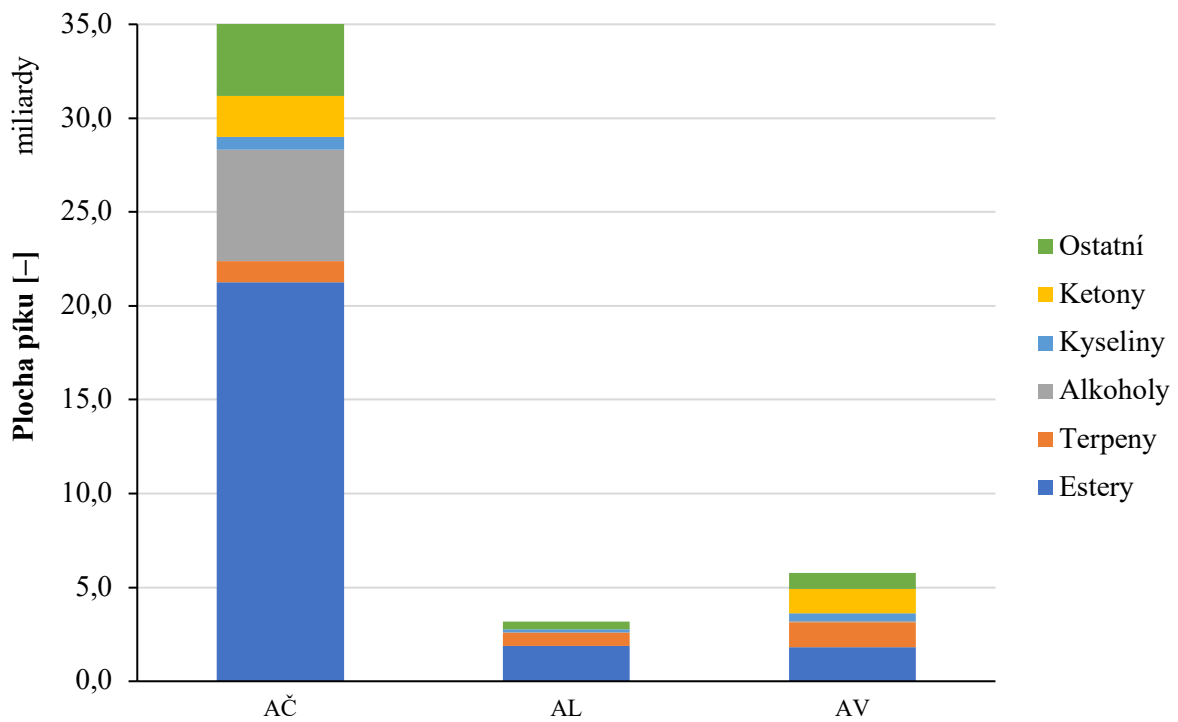
Vzorek lyofilizovaného ananasu obsahoval celkem 14 látek: 7 esterů, 2 kyseliny, 2 terpeny, 2 laktony a 1 furan. Nejvíce zastoupeny byly sloučeniny jako methyl  $\alpha$ -methylbutanoát (12,4 %), methyl hexanoát (14 %),  $\alpha$ -kopaen (18,8 %), methyl 3-(methylthio)propionát (14,1 %) a  $\gamma$ -kapolakton (8,2 %). Ostatní identifikované složky byly nalezeny v rozmezí 1–8,5 %.

V případě sušeného vzorku ananasu bylo nalezeno 15 látek: 7 esterů, 1 alkohol, 1 keton, 2 kyseliny, 2 terpeny, 1 furan a 1 lakton. Největší zastoupení měly sloučeniny ethyl hexanoát (7,9 %), acetoin (21,3 %),  $\alpha$ -kopaen (12,3 %),  $\alpha$ -kurkumen (10,3 %) a kyselina pentanová, 3-hydroxy-2-methyl-,methyl ester (12,1 %). Ostatní látky ve vzorku byly přítomny v menším množství, od 0,5 do 7,5 %.

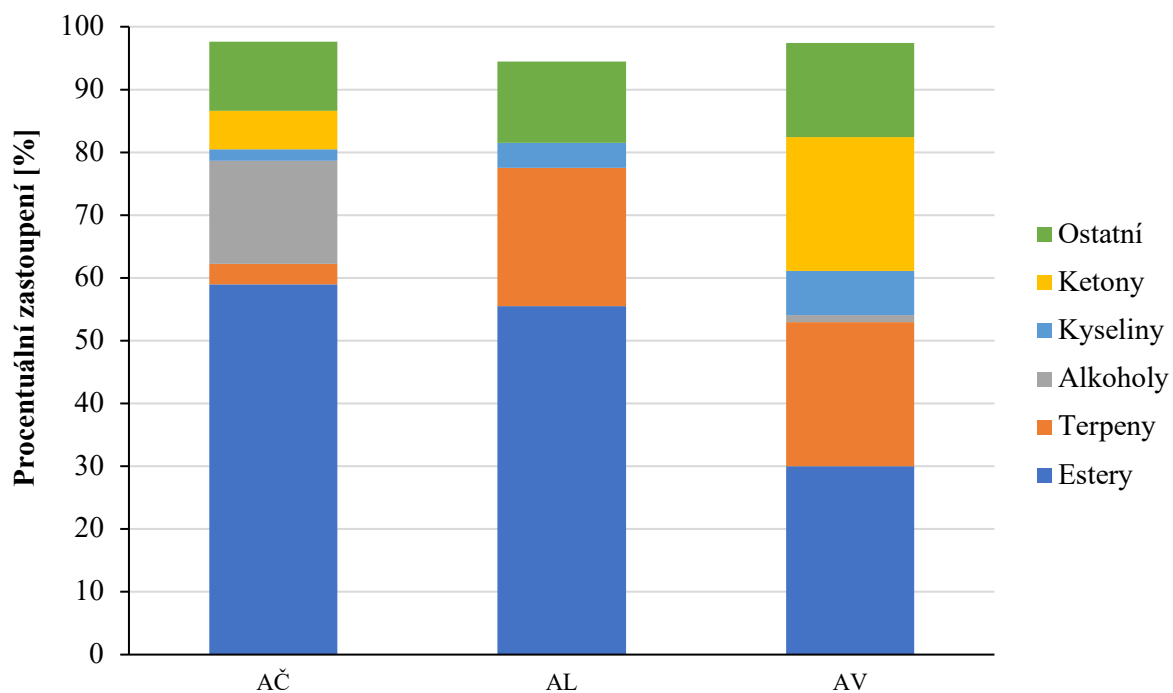
V obou vzorcích jsou nejvíce zastoupeny estery a terpeny, přičemž se v obou vzorcích vyskytuje  $\alpha$ -kopaen ve velkém zastoupení. Také oba vzorky obsahují furany. V sušeném vzorku byl nalezen mesifuran (7,3 %), v lyofilizovaném – furaneol (1 %). Při sušení horkým vzduchem dochází k vystavení ananasu vysokým teplotám, což může podporovat chemické reakce. V sušeném vzorku byla aplikována nejvyšší teplota, výrazně se zvýšil především obsah mesifuranu. Nicméně se liší zastoupení dalších látek, kdy v sušeném ananasu byl navíc zastoupen keton, který v lyofilizovaném vzorku ani nebyl identifikován. Ostatní identifikované složky lyofilizovaného vzorku byly nalezeny v rozmezí 1–8,5 %, zatímco v sušeném ananasu byly ostatní látky přítomny v menším množství 0,5–7,5 %.



Graf 10: Srovnání počtu sloučenin ve vzorcích ananasu



Graf 11: Srovnání plochy píků pro ananas



Graf 12: Srovnání % ploch píků pro ananas

#### 4.1.5 Aromaticky aktivní látky ve vzorcích kiwi

Ve vzorcích kiwi bylo celkem identifikováno a kvantifikováno 22 těkavých látek. Tyto látky jsou podrobně popsány v tabulce 14.

Tabulka 14: Těkavé látky identifikované ve vzorcích kiwi; KČ – kiwi čerstvé; KL – kiwi lyofilizované; KV – kiwi sušené;

N <sup>o</sup>	Látka	Klasifikace	RT [min]	RI [-]	RI <sub>lit</sub> [-]	KČ [rel.%]	KL [rel.%]	KV [rel.%]
1	<b>Ethyl-butanoát</b>	ester	6,16	1044	1027–1043	<b>87,2</b>	<b>13,3</b>	<b>17,1</b>
2	Propyl-butanoát	ester	8,01	1127	//	1,6	x	x
3	Thuja-2,4(10)-dien	terpen	8,24	1136	1109–1137	x	x	3,7
4	Ethyl-pentanoát	ester	8,34	1140	1127–1141	0,6	x	x
5	Isoamyl alkohol	alkohol	10,4	1219	1179–1236	4,1	x	x
6	Ethyl-hexanoát	ester	10,97	1240	1224–1241	2,9	x	5,8
7	1-pentanol	alkohol	11,52	1260	1217–1271	0,4	x	x
8	Acetoin	keton	12,76	1307	1314	x	x	13,7
9	1-hexanol	alkohol	14,23	1362	1316–1377	0,7	12,5	x



Tabulka 14 – pokračování: Těkavé látky identifikované ve vzorcích kiwi; KČ – kiwi čerstvé; KL – kiwi lyofilizované; KV – kiwi sušené;

N <sub>o</sub>	Látka	Klasifikace	RT [min]	RI [-]	RI <sub>lit</sub> [-]	KČ [rel.%]	KL [rel.%]	KV [rel.%]
10	3-hexen-1-ol (E-)	alkohol	14,56	1374	1364–1385	0,7	x	x
11	Nonanal	aldehyd	15,48	1409	1370–1414	x	x	0,8
12	Ethyl-oktanoát	ester	16,47	1448	1416–1458	x	x	3,8
13	Kyselina octová	kyselina	17,13	1474	1408–1479	<b>0,1</b>	<b>17,2</b>	<b>17,7</b>
14	Furfural	furan	17,54	1490	1432–1490	x	x	5,7
15	Dekanal	aldehyd	18,18	1515	1471–1516	x	x	1,5
16	2-undekanon	keton	20,54	1611	1579–1617	0,1	x	x
17	Ethyl-dekanoát	ester	21,49	1652	1616–1660	x	0,5	1,5
18	Kyselina $\gamma$ -hydroxymáselná	kyselina	21,71	1661	//	x	x	22,3
19	Verbenon	terpen	23,34	1732	1742	x	0,5	2,8
20	$\alpha$ -kurkumen	terpen	24,71	1792	1743–1788	x	5,9	3,7
21	2-fenylethyl alkohol	alkohol	27,7	1933	1859–1944	0,5	x	x
22	Guaiacol, 4-ethyl-	fenol	30,14	2036	2020–2039	0,1	x	x

Z výše uvedené tabulky je patrné, že obsah aromatických látek se mírně liší mezi jednotlivými vzorky kiwi. V čerstvém ovoci bylo nalezeno 14 látek, v lyofilizovaném 6 a v sušeném 13. V obou sušených vzorcích (lyofilizovaném a sušeném) byl zaznamenán vyšší obsah kyseliny octové ve srovnání s čerstvým kiwi. Čerstvé kiwi obsahuje významné množství ethyl butanoátu (až 87,2 %) ve srovnání se sušenými vzorky. Celkově lze pozorovat rozdíly v obsahu a složení aromatických látek mezi jednotlivými vzorky kiwi, což může ovlivnit jejich charakteristickou vůni a chuť. Z kapitoly 2.6.3 je známo, že ethyl butanoát je jednou z nejvýznamnějších aromatických složek v kiwi, což odpovídá zjištěnému obsahu v čerstvém vzorku.

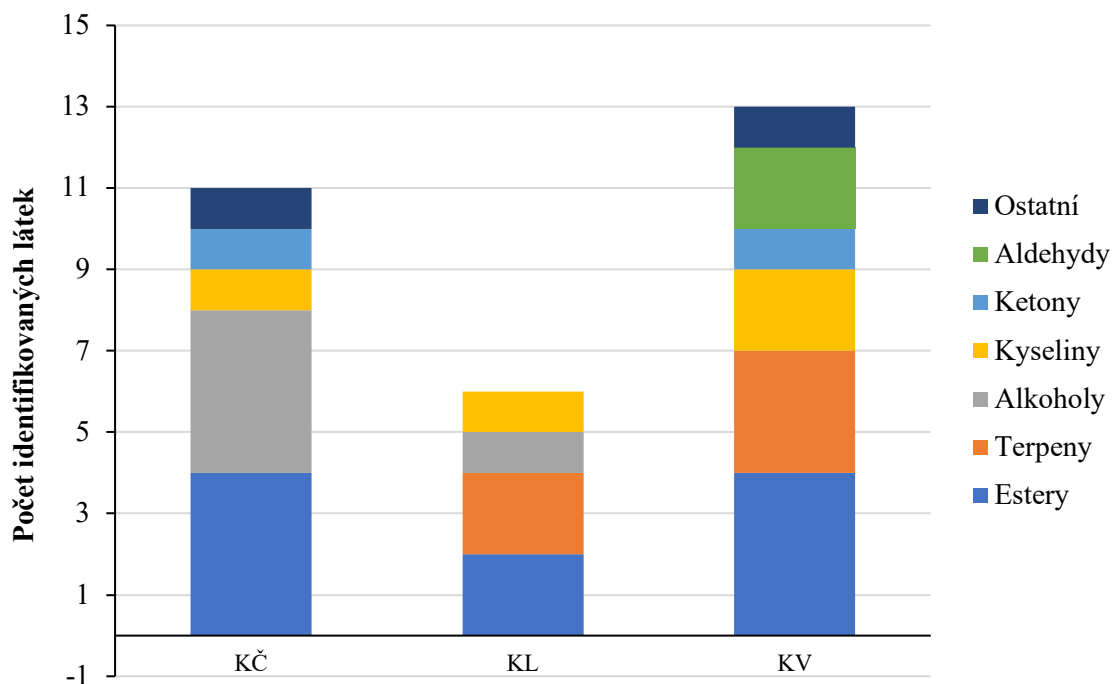
Lyofilizovaný vzorek obsahoval 2 estery, 1 alkoholy, 2 terpeny a 1 kyselinu. Z nich nejvíce zastoupeny byly ethyl butanoát (13,3 %), 1-hexanol (12,5 %) a kyselina octová (17,2 %). Ostatní sloučeniny byly přítomny v rozmezí 0,5–3 %.

Sušený vzorek se skládal z 4 esterů, 3 terpenů, 3 aldehydů, 2 kyselin a 1 ketonu. Největší obsah mají ethyl butanoát (17,1 %), acetoin (13,7%), kyselina octová (17,7 %) a  $\gamma$ -hydroxybutanová kyselina (22,3 %). Zbývající látky byly v rozmezí 0,5–6 %.

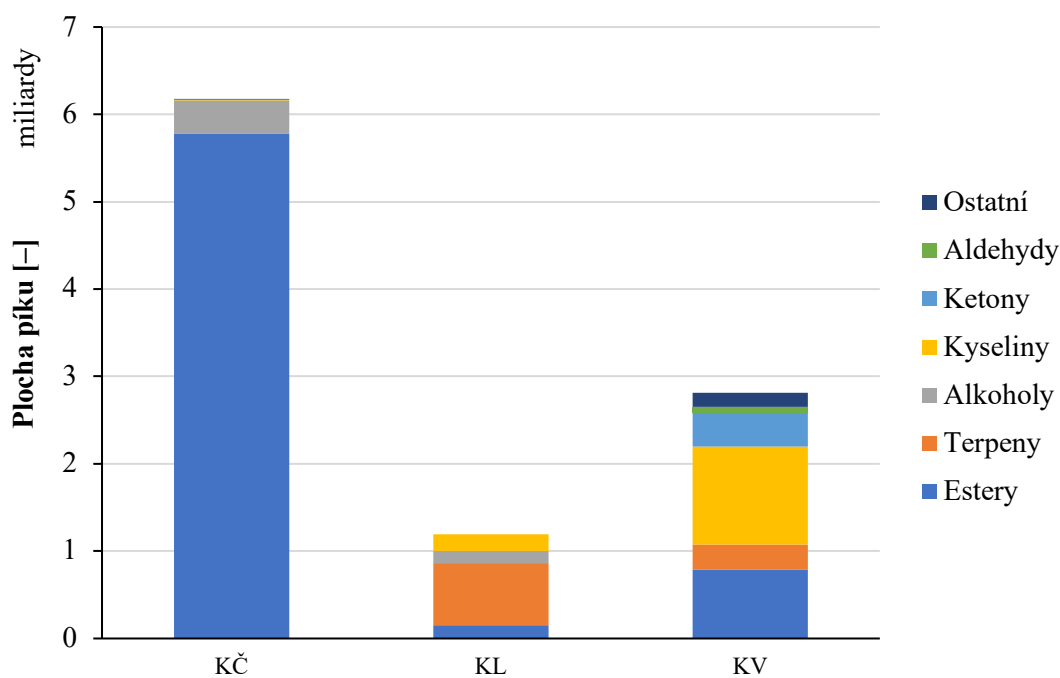
Porovnání lyofilizovaného a sušeného kiwi ukazuje rozdílné složení aromatických látek. V lyofilizovaném kiwi, podle procentuálního zastoupení, dominují nejvíce kyselina octová a estery, zatímco v sušeném kiwi se vyskytují vyšší koncentrace esterů a terpenů. Některé látky, jako například 1-hexanol, jsou přítomny pouze v lyofilizovaném kiwi, zatímco další látky, jako například thuja-2,4(10)-dien, ethyl hexanoát, acetoin, nonanal, ethyl oktanoát, furfural, dekanal a  $\gamma$ -hydroxybutanová kyselina, jsou přítomny pouze v sušeném kiwi.

Navíc je třeba zdůraznit, že sušený vzorek obsahuje furfural, který pravděpodobně vznikl během záhřevu v důsledku chemické reakce mezi sacharidy a aminokyselinami obsaženými ve zralém ovoci.

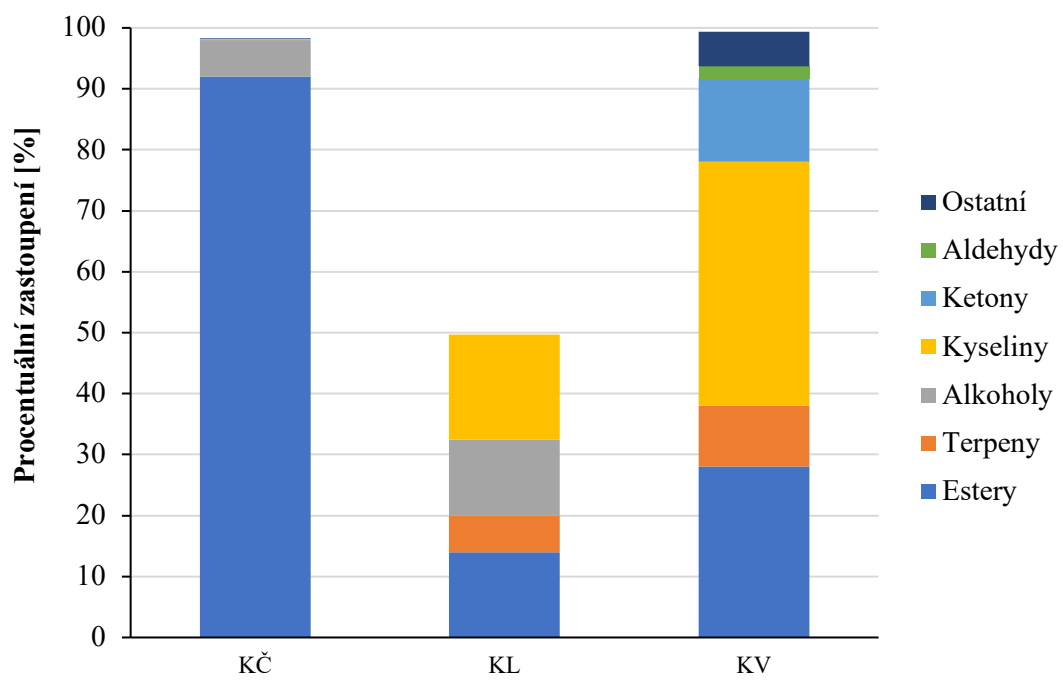
Celkově lze z tohoto porovnání říci, že sušené kiwi má komplexnější a bohatší aromatický profil než lyofilizované kiwi.



Graf 13: Srovnání počtu sloučenin ve vzorcích kiwi



Graf 14: Srovnání plochy píků pro kiwi



Graf 15: Srovnání % ploch píků pro kiwi

## 5 ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo zkoumat, zda různé metody konzervace ovlivňují profil a obsah těkavých (aromatických) látek ve vzorcích vybraných druhů tropického ovoce (banán, mango, kiwi, ananas a pitahaya). Experimentální část práce se zaměřila na analýzu a porovnání vzorků konzervovaných lyofilizací, klasickým sušením horkým vzduchem a vzorků čerstvého ovoce. Pro stanovení těkavých látek byla využita metoda HS-SPME-GC-MS.

Pomocí analýzy retenčních časů, retenčních indexů a hmotnostních spekter byly identifikovány a kvantifikovány těkavé látky ve všech vzorcích. K ověření jejich identifikace byly použity knihovny spekter NIST/EPA/NIH a dostupná literatura.

Na základě získaných dat, bylo zjištěno, že způsob konzervace má na sledované druhy ovoce, resp. na jejich profil těkavých látek, různý vliv. V některých případech se konzervačním zákrokem zvyšuje počet/obsah identifikovaných sloučenin, v některých naopak dochází ke snížení. Je to pravděpodobně způsobeno tím, že především v důsledku záhřevu může dojít ke ztrátám některých sloučenin, některé nové se ale mohou vytvořit například tepelným rozkladem sacharidů.

Předpoklad, že vzorky konzervované lyofilizací by měly mít podobný profil těkavých látek jako vzorky čerstvé, se nepotvrdil. Navzdory šetrným podmínkám zřejmě i tady dochází k určitým změnám ve složení těkavých látek.

Lze říct, že metoda lyofilizace je pro banán, mango, ananas a pitahaye vhodnější, zatímco pro kiwi se jeví jako vhodnější metoda klasického sušení horkým vzduchem.

Výsledky naznačují, že lyofilizace u banánu, mango, ananasu a pitahaye zachovává lepší profil hlavních těkavých látek ve srovnání s klasickým sušením horkým vzduchem. Lyofilizace je šetrnější metoda, která umožňuje zachování většího množství bioaktivních sloučenin, aromatických látek a nutričních hodnot. Co se týče pitahaye, bylo těžko jednoznačně určit, která metoda je vhodnější. Po porovnání výsledků s dostupnou literaturou můžeme říct, že lyofilizace pro dračí ovoce se ukázala jako lepší metoda konzervaci. Lyofilizace zachovává vyšší podíl charakteristické těkavé látky (tridekan) ve vzorku pitahaye ve srovnání s klasickým sušením horkým vzduchem. Avšak je třeba dále studovat a vyhodnotit vliv použitých odrůd a dalších faktorů na složení a kvalitu ovoce.

Naopak, u kiwi bylo zjištěno, že klasické sušení horkým vzduchem může vést k lepšímu zachování aromatických látek a profilu těkavých látek ve srovnání s lyofilizací. To může být způsobeno specifickými vlastnostmi kiwi a jeho složením.

Tyto poznatky mají praktický význam pro průmyslovou výrobu lyofilizovaného a sušeného ovoce, kde je důležité zachovat co největší aromatickou hodnotu a kvalitu výsledného produktu.

Dále by bylo užitečné provést studie zaměřené na senzoričné hodnocení sušeného ovoce z různých metod konzervace, aby se získala komplexnější představa o jejich organoleptických vlastnostech a přijatelnosti pro spotřebitele. Tyto informace by mohly přispět k vývoji nových produktů a zlepšení kvality dehydratovaných ovocných potravin.

## 6 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] YE, Q, YH WU, Y GAO, ZH LI, WJ GU a CG ZHANG. A histological study of mouse tissues and water loss following lyophilization. *Biotechnic & Histochemistry* [online]. 2020, **95**(5), 325-332. ISSN 1052-0295. Dostupné z: doi:10.1080/10520295.2019.1695945
- [2] PANDE, Anjali, Pallavi DHEKALE a Vikas THORAT. Lyophilization – a process of optimization of dosage forms. *Internation journal of pharmaceutical sciences and research* [online]. 4833-4845. ISSN 0975-8232. Dostupné z: doi:10.13040/IJPSR.0975-8232.11(10).4833-45
- [3] PISANO, Roberto, Antonello A. BARRESI a Davide FISSORE. Innovation in Monitoring Food Freeze Drying. *Drying Technology* [online]. 2011, **29**(16), 1920-1931. ISSN 0737-3937. Dostupné z: doi:10.1080/07373937.2011.596299
- [4] What is Lyophilization?. In: *Millrocktech.com* [online]. Dostupné z: <https://www.millrocktech.com/lyosight/lyobrary/what-is-lyophilization/>
- [5] SOUZA, Danilo Santos, Luanda Gimeno MARQUES, Edelvio de Barros GOMES a Narendra NARAIN. Lyophilization of Avocado ( *Persea americana* Mill.): Effect of Freezing and Lyophilization Pressure on Antioxidant Activity, Texture, and Browning of Pulp. *Drying Technology*. 2014, **33**(2), 194-204. ISSN 0737-3937. Dostupné z: doi:10.1080/07373937.2014.943766
- [6] BHATTA, Sagar, Tatjana STEVANOVIC JANEZIC a Cristina RATTI. Freeze- Drying of Plant-Based Foods. *Foods*. 2020, **9**(1). ISSN 2304-8158. Dostupné z: doi:10.3390/foods9010087
- [7] PETRÁŠ, David. *Aplikační možnosti lyofilizace a příklady současné instrumentace* [online]. 25. 1. 2021. Dostupné z: <https://www.pragolab.cz/aplikacni-moznosti-lyofilizace-a-priklady-soucasne-instrumentace>
- [8] SEARLES, James A., John F. CARPENTER a Theodore W. RANDOLPH. The ice nucleation temperature determines the primary drying rate of lyophilization for samples frozen on a temperature-controlled shelf. *Journal of Pharmaceutical Sciences*. 2001, **90**(7), 860–871. ISSN 0022-3549, 1520-6017.
- [9] NOWAK, Dorota, Ewa JAKUBCZYK a Cristina RATTI. The Freeze-Drying of Foods—The Characteristic of the Process Course and the Effect of Its Parameters on the Physical Properties of Food Materials. *Foods*. 2020, **9**(10). ISSN 2304-8158. Dostupné z: doi:10.3390/foods9101488
- [10] MORAIS, Andreza Rochelle do Vale, Éverton do Nascimento ALENCAR, Francisco Humberto XAVIER JÚNIOR. Freeze-drying of emulsified systems: A review. *International Journal of Pharmaceutics*. 2016, **503**(1-2), 102-114. ISSN 03785173. Dostupné z: doi:10.1016/j.ijpharm.2016.02.047

- [11] BANSAL, ArvindK, Shantanuv LALE, Monu GOYAL. Development of lyophilization cycle and effect of excipients on the stability of catalase during lyophilization: A review. *International Journal of Pharmaceutical Investigation*. 2011, **1**(4), 102-114. ISSN 2230-973X. Dostupné z: doi:10.4103/2230-973X.93007
- [12] OJEDIRAN, John O., Clinton E. OKONKWO, Abiola F. OLANIRAN, et al. Hot air convective drying of hog plum fruit (*Spondias mombin*): effects of physical and edible-oil-aided chemical pretreatments on drying and quality characteristics. *Heliyon*. 2021, **7**(11), 102-114. ISSN 24058440. Dostupné z: doi:10.1016/j.heliyon.2021.e08312
- [13] TARASENKO, T.A., V.V. YEVLASH, O. V. NEMIRICH, O. M. VASHAKA, A. V. HAVRYSH a O. I. KRAVCHENKO. Theoretical study of methods of drying vegetables and fruits. *Scientific Bulletin of LNUIVMBT named after S.Z. Hzhyskyi*. 2015, **64**(4),s. 148-158.
- [14] TOĞRUL, İnci Türk, Dursun PEHLIVAN, Abiola F. OLANIRAN, et al. Modelling of thin layer drying kinetics of some fruits under open-air sun drying process: effects of physical and edible-oil-aided chemical pretreatments on drying and quality characteristics. *Journal of Food Engineering*. 2004, **65**(3), 413-425. ISSN 02608774. Dostupné z: doi:10.1016/j.jfoodeng.2004.02.001
- [15] GOLIÁŠ, Jan. *Skladování a zpracování ovoce a zeleniny*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, Fakulta agronomická ,2014. ISBN 978-80-7509-195-6.
- [16] RAČEK, Jakub, Boris DOSKOČIL, Jan ŠEVČÍK, Tomáš CHORAZY a Petr HLAVÍNEK. Sušení čistírenského kalu pro podmínky České republiky. *Vodovod.info - vodárenský informační portál* [online]. 2018. ISSN 1804-7157. Dostupné z: <http://vodovod.info>
- [17] WONGS-AREE, Chalermchai a Sompoch NOICHINDA. Postharvest quality properties of potential tropical fruits related to their unique structural characters. In: *Postharvest Handling* [online]. Elsevier, 2022, s. 277-316. ISBN 9780128228456. Dostupné z: doi:10.1016/B978-0-12-822845-6.00009-9
- [18] PAULL, Robert E. a Odilo DUARTE. *Tropical fruits*. 2nd edition. Wallingford: CABI, 2012. Crop production science in horticulture series. ISBN 978-184-5936-723.
- [19] SIDHU, Jiwan S a Tasleem A ZAFAR. Bioactive compounds in banana fruits and their health benefits. *Food Quality and Safety* [online]. 2018, **2**(4), 183-188. ISSN 2399-1399. Dostupné z: <https://academic.oup.com/fqs/article/2/4/183/5164297>
- [20] KARAMURA, E. B. a D. A. KARAMURA. Banana morphology — part II: the aerial shoot. In: GOWEN, S., ed. *Bananas and Plantains* [online]. Dordrecht: Springer Netherlands, 1995, s. 190-205. ISBN 978-94-010-4317-5. Dostupné z: doi:10.1007/978-94-011-0737-2\_8
- [21] SURYA PRABHA, D. a J. SATHEESH KUMAR. Assessment of banana fruit maturity by image processing technique. *Journal of Food Science and Technology* [online]. 2015, **52**(3), 1316-1327. ISSN 0022-1155. Dostupné z: doi:10.1007/s13197-013-1188-3

- [22] Green bananas on the plant: photo. In: *Freepik* [online]. Dostupné z: [https://ru.freepik.com/premium-photo/bunch-of-green-bananas-on-plant\\_1383810.htm#from\\_view=detail\\_alsolike](https://ru.freepik.com/premium-photo/bunch-of-green-bananas-on-plant_1383810.htm#from_view=detail_alsolike)
- [23] GUO, Jie, Han FU, Zhou YANG, Jun LI, Yinlong JIANG, Tingting JIANG, Enxiu LIU a Jieli DUAN. Research on the Physical Characteristic Parameters of Banana Bunches for the Design and Development of Postharvesting Machinery and Equipment. *Agriculture* [online]. 2021, **11**(4). ISSN 2077-0472. Dostupné z: doi:10.3390/agriculture11040362
- [24] ISRAELI, Y. a E. LAHAV. Banana. In: *Encyclopedia of Applied Plant Sciences* [online]. Elsevier, 2017, s. 363-381 [cit. 2023-04-03]. ISBN 9780123948083. Dostupné z: doi:10.1016/B978-0-12-394807-6.00072-1
- [25] AMINI KHOOZANI, Amir, John BIRCH a Alaa El-Din Ahmed BEKHIT. Production, application and health effects of banana pulp and peel flour in the food industry. *Journal of Food Science and Technology* [online]. 2019, **56**(2), 548-559. ISSN 0022-1155. Dostupné z: doi:10.1007/s13197-018-03562-z
- [26] Banán. *Kalorické tabulky*. [online]. Dostupné z: <https://www.kaloricketabulky.cz/potravinu/banan>
- [27] VERMEIR, S., M.L.A.T.M. HERTOOG, K. VANKERSCHAUER, R. SWENNEN, B.M. NICOLAÏ a J. LAMMERTYN. Instrumental based flavour characterisation of banana fruit. *LWT - Food Science and Technology* [online]. 2009, **42**(10), 1647-1653. ISSN 00236438. Dostupné z: doi:10.1016/j.lwt.2009.05.024
- [28] SALMON, B., MARTIN, G.J., REMAUD, G. and FOUREL, F. Compositional and Isotopic Studies of Fruit Flavours. Part I. The Banana Aroma. *Flavour Fragr. J.* 1996, 353-359. ISSN 0882-5734. Dostupné z: [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-1026\(199611\)11:6<353::AID-FFJ596>3.0.CO;2-9](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-1026(199611)11:6<353::AID-FFJ596>3.0.CO;2-9)
- [29] Isoamyl acetate. *The National Center for Biotechnology Information: PubChem*. [databáze online]. Dostupné z: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Isoamyl-acetate>.
- [30] AZIM, M. Kamran, Ishtaiq A. KHAN a Yong ZHANG. Characterization of mango (*Mangifera indica* L.) transcriptome and chloroplast genome. *Plant Molecular Biology* [online]. 2014, **85**(1-2), 193-208. ISSN 0167-4412. Dostupné z: doi:10.1007/s11103-014-0179-8
- [31] How to Grow Mango Trees. In: *The Spruce.com* [online]. Dostupné z: <https://www.thespruce.com/grow-mango-seeds-1902625>
- [32] MORTON, J. *Fruits of warm climates* [online]. USA, 1987. ISBN 978-0-9610184-1-2. Dostupné z: [https://www.hort.purdue.edu/newcrop/morton/mango\\_ars.html](https://www.hort.purdue.edu/newcrop/morton/mango_ars.html)

- [33] THARANATHAN, R.N., H.M. YASHODA a T.N. PRABHA. Mango (*Mangifera indica* L.) , “The King of Fruits”—An Overview. *Food Reviews International* [online]. 2006, **22**(2), 95-123. ISSN 8755-9129. Dostupné z: doi:10.1080/87559120600574493
- [34] YAHIA, Elhadi M., José de Jesús ORNELAS-PAZ, Jeffrey K. BRECHT, Pablo GARCÍA-SOLÍS a Maria Elena MALDONADO CELIS. The contribution of mango fruit (*Mangifera indica* L.) to human nutrition and health. *Arabian Journal of Chemistry*[online]. 2023, **16**(7). ISSN 18785352. Dostupné z: doi:10.1016/j.arabjc.2023.104860
- [35] Mango. *Kalorické tabulky*. [online]. Dostupné z: <https://www.kaloricketabulky.cz/potravin/mango>
- [36] MACLEOD, Alexander J. a Nola Gonzalez DE TROCONIS. Volatile flavour components of mango fruit. *Phytochemistry*[online]. 1982, **21**(10), 2523-2526. ISSN 00319422. Dostupné z: doi:10.1016/0031-9422(82)85249-7
- [37] BONNEAU, Adeline, Renaud BOULANGER, Marc LEBRUN, Isabelle MARAVAL a Ziya GUNATA. Aroma compounds in fresh and dried mango fruit ( *Mangifera indica* L. cv. Kent): impact of drying on volatile composition. *International Journal of Food Science & Technology* [online]. 2016, **51**(3), 789-800. ISSN 09505423. Dostupné z: doi:10.1111/ijfs.13038
- [38] WANG, Sunan, Yi QIU a Fan ZHU. Kiwifruit (*Actinidia* spp.): A review of chemical diversity and biological activities. *Food Chemistry* [online]. 2021, **350**. ISSN 03088146. Dostupné z: doi:10.1016/j.foodchem.2020.128469
- [39] PINTO, T. Kiwifruit, a botany, chemical and sensory approach a review. *Advances in Plants & Agriculture Research*[online]. 2018, **8**(6). ISSN 23736402. Dostupné z: doi:10.15406/apar.2018.08.00355
- [40] SOQUETTA, Marcela Bromberger, Flávia Santi STEFANELLO, Katira da Mota HUERTA, Sabrina Sauthier MONTEIRO, Claudia Severo DA ROSA a Nelcindo Nascimento TERRA. Characterization of physiochemical and microbiological properties, and bioactive compounds, of flour made from the skin and bagasse of kiwi fruit ( *Actinidia deliciosa* ). *Food Chemistry* [online]. 2016, **199**, 471-478. ISSN 03088146. Dostupné z: doi:10.1016/j.foodchem.2015.12.022
- [41] Kiwi. *Kalorické tabulky*. [online]. Dostupné z: <https://www.kaloricketabulky.cz/potravin/kiwi>
- [42] DRUMMOND, Lynley. The Composition and Nutritional Value of Kiwifruit. In: *Nutritional Benefits of Kiwifruit* [online]. Elsevier, 2013, s. 33-57. Advances in Food and Nutrition Research. ISBN 9780123942944. Dostupné z: doi:10.1016/B978-0-12-394294-4.00003-1



- [43] WEI, Liu a Hui GUOHUA. Kiwi fruit ( *Actinidia chinensis* ) quality determination based on surface acoustic wave resonator combined with electronic nose. *Bioengineered* [online]. 2015, **6**(1), 53-61. ISSN 2165-5979. Dostupné z: doi:10.1080/21655979.2014.996430
- [44] WANG, Mindy Y., Elspeth MACRAE, Mark WOHLERS a Ken MARSH. Changes in volatile production and sensory quality of kiwifruit during fruit maturation in *Actinidia deliciosa* ‘Hayward’ and *A. chinensis* ‘Hort16A’. *Postharvest Biology and Technology* [online]. 2011, **59**(1), 16-24. ISSN 09255214. Dostupné z: doi:10.1016/j.postharvbio.2010.08.010
- [45] TEWODROS M, MESFIN S, GETACHEW W, ASHENAFI A, NEIM S. Effect of inorganic N and P fertilizers on fruit yield and yield components of pineapple (*Ananas comosus* Merr L. Var. Smooth cayenne) at Jimma, Southwest Ethiopia. *Agrotechnology* [online]. 2018;**7**(1),1-6. Dostupné z: <https://www.walshmedicalmedia.com/open-access/physicochemical-and-sensory-characterization-of-pineapple-ananascomosus-l-merr-varieties-in-southwest-ethiopia.pdf>
- [46] HOSSAIN, Farid. World pineapple production: An overview. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development* [online]. 2016, **16**(4), 11443-11456. ISSN 16845374. Dostupné z: doi:10.18697/ajfand.76.15620
- [47] Ananas – popis. *Exotické ovoce, co a jak* [online]. 2007. Dostupné z: <https://exoticke-ovoce.coajak.cz/home/ananas/ananas-popis.htm>
- [48] MOHD ALI, Maimunah, Norhashila HASHIM, Samsuzana ABD AZIZ a Ola LASEKAN. Pineapple (*Ananas comosus*): A comprehensive review of nutritional values, volatile compounds, health benefits, and potential food products. *Food Research International* [online]. 2020, **137**. ISSN 09639969. Dostupné z: doi:10.1016/j.foodres.2020.109675
- [49] Ananas. *Kalorické tabulky*. [online]. Dostupné z: <https://www.kaloricketabulky.cz/potravin/ananas>
- [50] STEINGASS, Christof Björn, Reinhold CARLE a Hans-Georg SCHMARR. Ripening-dependent metabolic changes in the volatiles of pineapple (*Ananas comosus* (L.) Merr.) fruit: I. Characterization of pineapple aroma compounds by comprehensive two-dimensional gas chromatography-mass spectrometry. *Analytical and Bioanalytical Chemistry* [online]. 2015, **407**(9), 2591-2608. ISSN 1618-2642. Dostupné z: doi:10.1007/s00216-015-8474-z
- [51] WEI, Chang-Bin, Sheng-Hui LIU, Yu-Ge LIU, Ling-Ling LV, Wen-Xiu YANG a Guang-Ming SUN. Characteristic Aroma Compounds from Different Pineapple Parts. *Molecules* [online]. 2011, **16**(6), 5104-5112. ISSN 1420-3049. Dostupné z: doi:10.3390/molecules16065104
- [52] Characteristics of dragon fruit plant. *Botanical-online* [online]. 2021. Dostupné z: [https://www.botanical-online.com/en/botany/dragon-fruit-plant#What\\_is\\_a\\_dragon\\_fruit\\_Hylocereus\\_undatus](https://www.botanical-online.com/en/botany/dragon-fruit-plant#What_is_a_dragon_fruit_Hylocereus_undatus)

- [53] Dragon Fruit. *Life beyond tourism* [online]. 2019. Dostupné z: <https://www.lifebeyondtourism.org/dragon-fruit/>
- [54] How to train your dragon fruit. *Gardening Australia* [online]. 2023. Dostupné z: <https://www.abc.net.au/gardening/how-to/how-to-train-your-dragon-fruit/101958222>
- [55] Dragon Fruit Magenta. *The Diggers club* [online]. Dostupné z: <https://www.diggers.com.au/products/dragon-fruit-magenta>
- [56] JALGAONKAR, Kirti, Manoj Kumar MAHAWAR, Bhushan BIBWE a Pankaj KANNAUJIA. Postharvest Profile, Processing and Waste Utilization of Dragon Fruit (Hylocereus Spp.): A Review. *Food Reviews International* [online]. 2022, **38**(4), 733-759. ISSN 8755-9129. Dostupné z: doi:10.1080/87559129.2020.1742152
- [57] Dragon Fruit Health Benefits & Nutrition. *WebMD – Better information, better health.* [online]. 2020. Dostupné z: <https://www.webmd.com/food-recipes/benefits-dragon-fruit>
- [58] ATTAR, Şule Hilal, Muhammet Ali GÜNDEŞLI, Ipek URÜN, et al. Nutritional Analysis of Red-Purple and White-Fleshed Pitaya (Hylocereus) Species. *Molecules* [online]. 2022, **27**(3). ISSN 1420-3049. Dostupné z: doi:10.3390/molecules27030808
- [59] BALASUBRAMANIAN, Sundar a Suranjan PANIGRAHI. Solid-Phase Microextraction (SPME) Techniques for Quality Characterization of Food Products: A Review. *Food and Bioprocess Technology* [online]. 2011, **4**(1), 1-26. ISSN 1935-5130. Dostupné z: doi:10.1007/s11947-009-0299-3
- [60] SOBOTNÍKOVÁ, JANA, Zuzana BOSÁKOVÁ, Radomír ČABALA, Pavel COUFAL, Věra PACÁKOVÁ a Karel ŠTULÍK. Historie, současnost a perspektivy analytických separačních metod na Katedře analytické chemie Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy v Praze. *Chem.listy* [online]. 2010, **104**, 1226-1231. Dostupné z: [https://lcms.cz/labrulez-bucket-strapi-h3hsga3/paper/2010\\_12\\_1226-1231.pdf](https://lcms.cz/labrulez-bucket-strapi-h3hsga3/paper/2010_12_1226-1231.pdf)
- [61] Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS) Information. *ThermoFisher Scientific.* [online]. Dostupné z: <https://www.thermofisher.com/cz/en/home/industrial/mass-spectrometry/mass-spectrometry-learning-center/gas-chromatography-mass-spectrometry-gc-ms-information.html>
- [62] HEDDEN, P. The Use of Combined Gas Chromatography-Mass Spectrometry in the Analysis of Plant Growth Substances. In: LINSKENS, Hans Ferdinand a John F. JACKSON, ed. *Gas Chromatography/Mass Spectrometry* [online]. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 1986, 1986, s. 1-22. Modern Methods of Plant Analysis. ISBN 978-3-642-82614-6. Dostupné z: doi:10.1007/978-3-642-82612-2\_1
- [63] BABUSHOK, V. I., P. J. LINSTROM a I. G. ZENKEVICH. Retention Indices for Frequently Reported Compounds of Plant Essential Oils. *Journal of Physical and Chemical Reference Data* [online]. 2011, **40**(4). ISSN 0047-2689. Dostupné z: doi:10.1063/1.3653552

[64] *National Institute of standards and technology. NIST WebBook* [online]. Dostupné z: <https://webbook.nist.gov/chemistry/name-ser/>

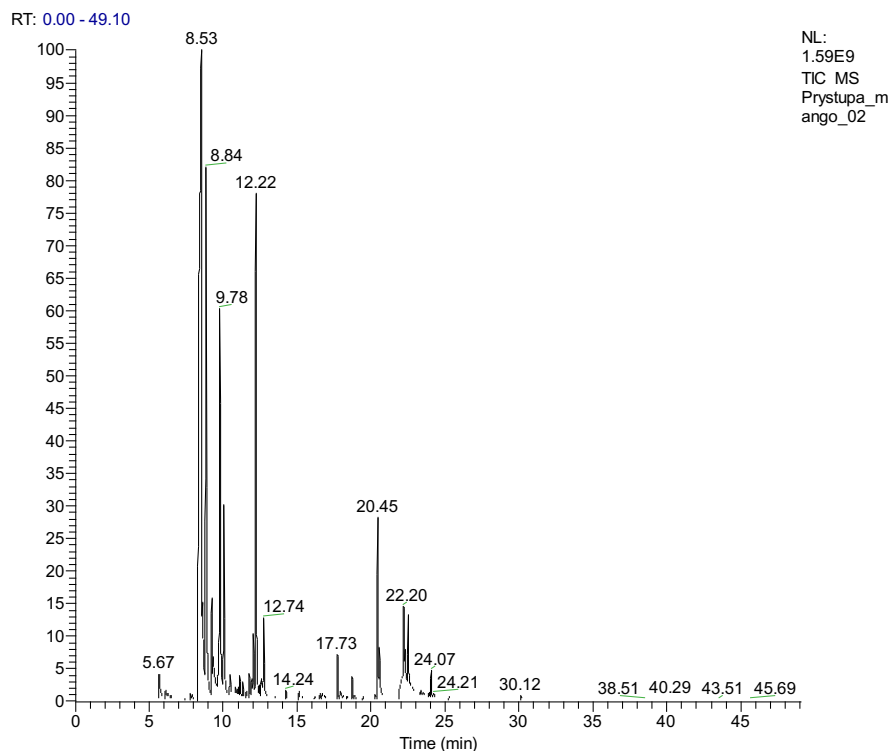
## 7 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

AAL	aromaticky aktivní látka
ROS	reaktivní formy kyslíku (Reactive Oxygen Species)
RNS	reaktivní formy dusíku (Reactive Nitrogen Species)
SPME	mikroextrakce tuhou fází
HS-SPME	(head-space) mikroextrakce tuhou fází
DI-SPME	(direct immersion) mikroextrakce tuhou fází
GC-MS	plynová chromatografie s hmotnostní spektrometrií
SIM	řezím monitorování vybraných iontů
HS-SPME-GC-MS	head-space mikroextrakce tuhou fází s plynovou chromatografií s hmotnostní spektrometrií
S/N	signal to noise
RT	retenční čas
RI	retenční index
RI <sub>lit</sub>	retenční index z literatury
M-Č/L/V	mango čerstvé/lyofilizované/sušené
P-Č/L/V	pitahaya čerstvá/lyofilizovaná/sušená
B-Č/L/V	banán čerstvý/lyofilizovaný/sušený
A-Č/L/V	ananas čerstvý/lyofilizovaný/sušený
K-Č/L/V	kiwi čerstvé/lyofilizované/sušené

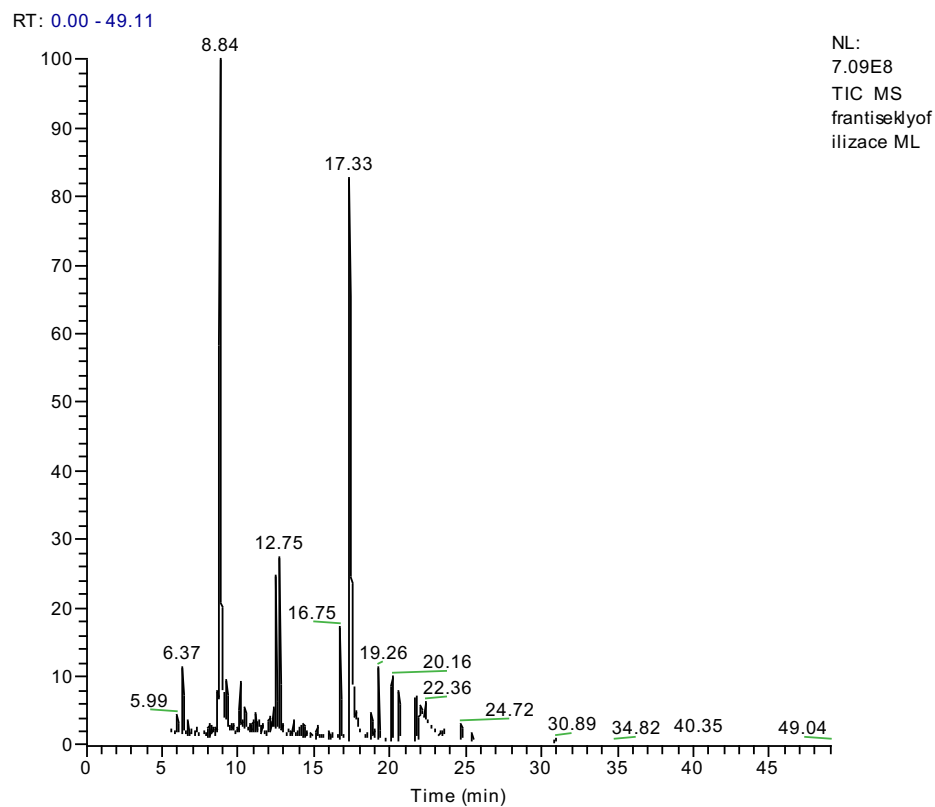
## 8 PŘÍLOHY

- Příloha 1 Ukázka chromatogramu aromaticky aktivních látek identifikovaných v čerstvém vzorku manga
- Příloha 2 Ukázka chromatogramu aromaticky aktivních látek identifikovaných v lyofilizovaném vzorku manga
- Příloha 3 Ukázka chromatogramu aromaticky aktivních látek identifikovaných v sušeném vzorku manga
- Příloha 4 Ukázka chromatogramu aromaticky aktivních látek identifikovaných v čerstvém vzorku pitahaye
- Příloha 5 Ukázka chromatogramu aromaticky aktivních látek identifikovaných v lyofilizovaném vzorku pitahaye
- Příloha 6 Ukázka chromatogramu aromaticky aktivních látek identifikovaných v sušeném vzorku pitahaye
- Příloha 7 Ukázka chromatogramu aromaticky aktivních látek identifikovaných v čerstvém vzorku banánu
- Příloha 8 Ukázka chromatogramu aromaticky aktivních látek identifikovaných v lyofilizovaném vzorku banánu
- Příloha 9 Ukázka chromatogramu aromaticky aktivních látek identifikovaných v sušeném vzorku banánu
- Příloha 10 Ukázka chromatogramu aromaticky aktivních látek identifikovaných v čerstvém vzorku ananasu
- Příloha 11 Ukázka chromatogramu aromaticky aktivních látek identifikovaných v lyofilizovaném vzorku ananasu
- Příloha 12 Ukázka chromatogramu aromaticky aktivních látek identifikovaných v sušeném vzorku ananasu
- Příloha 13 Ukázka chromatogramu aromaticky aktivních látek identifikovaných v čerstvém vzorku kiwi
- Příloha 14 Ukázka chromatogramu aromaticky aktivních látek identifikovaných v lyofilizovaném vzorku kiwi
- Příloha 15 Ukázka chromatogramu aromaticky aktivních látek identifikovaných v sušeném vzorku kiwi

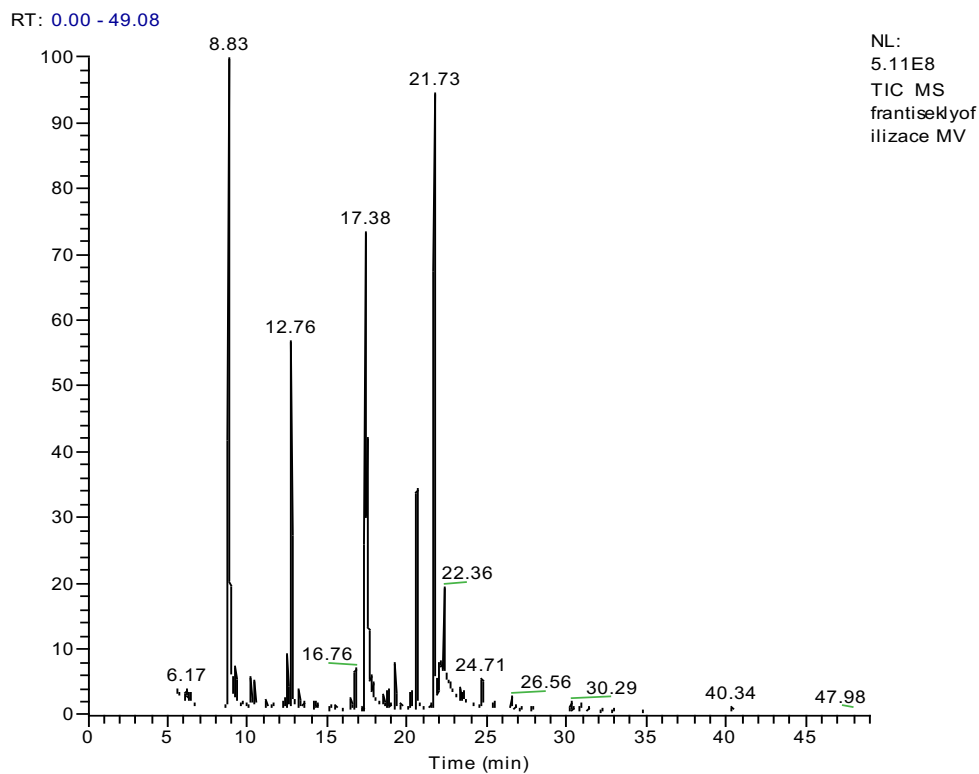
*Příloha 1: Ukázka chromatogramu aromaticky aktivních látek identifikovaných v čerstvém vzorku manga; identifikace sloučenin viz Tabulka 10*



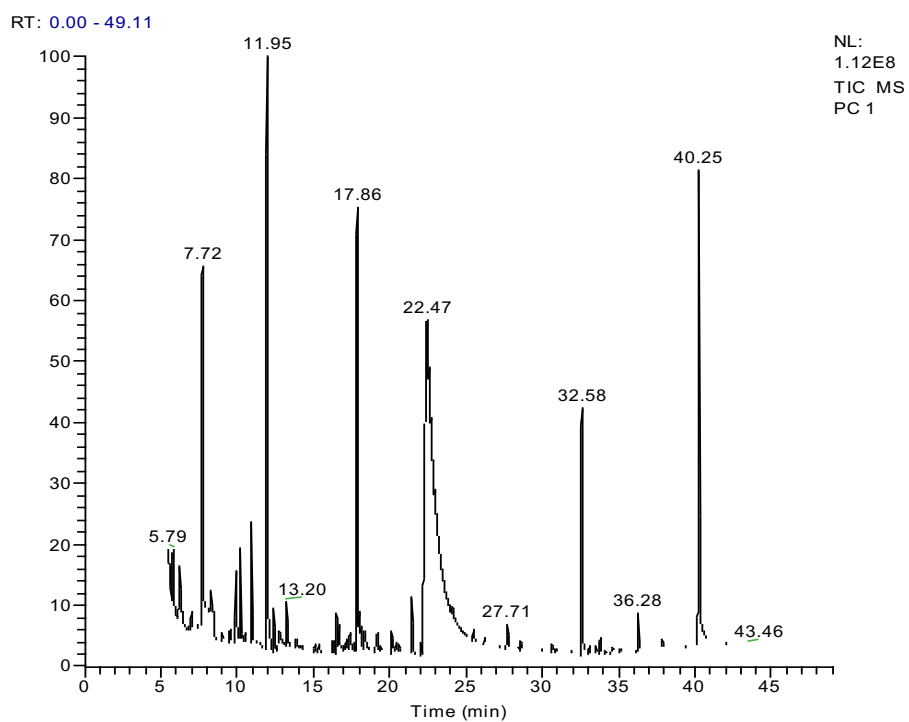
*Příloha 2: Ukázka chromatogramu aromaticky aktivních látek identifikovaných v lyofilizovaném vzorku manga; identifikace sloučenin viz Tabulka 10*



Příloha 3: Ukázka chromatogramu aromaticky aktivních látek identifikovaných v sušeném vzorku manga; identifikace sloučenin viz Tabulka 10

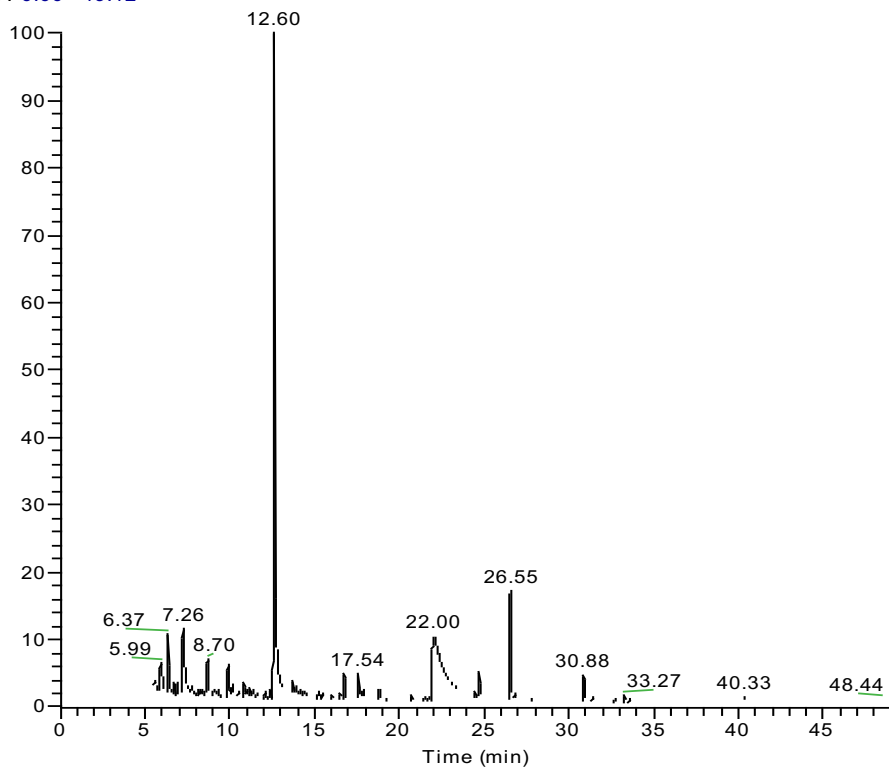


Příloha 4: Ukázka chromatogramu aromaticky aktivních látek identifikovaných v čerstvém vzorku pitahaye; identifikace sloučenin viz Tabulka 11



Příloha 5: Ukázka chromatogramu aromaticky aktivních látek identifikovaných v lyofilizovaném vzorku pitahaye; identifikace sloučenin viz Tabulka 11

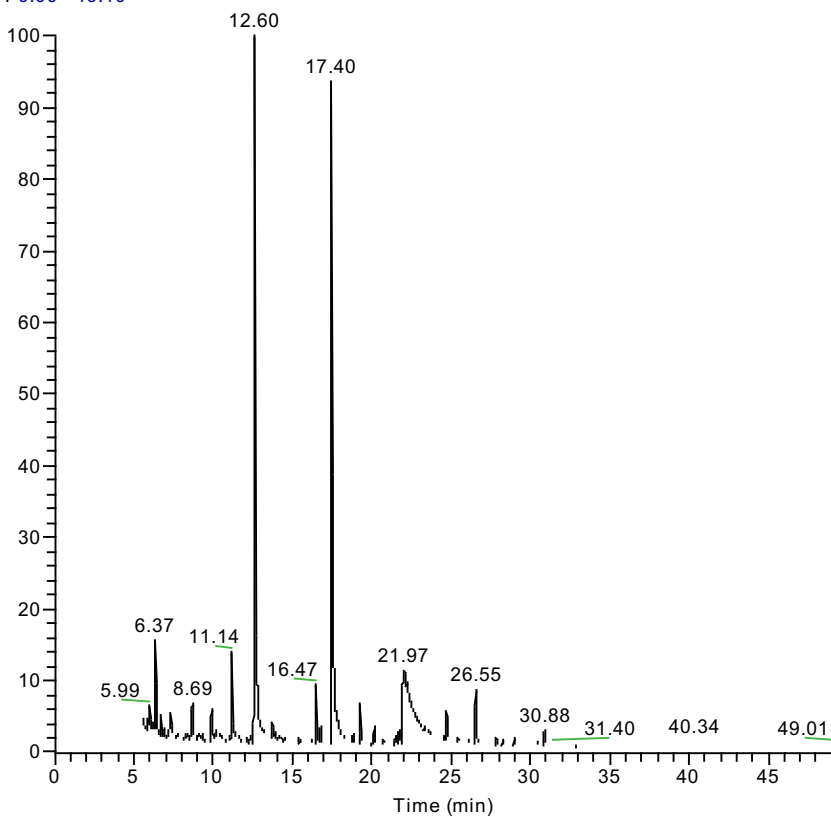
RT: 0.00 - 49.12



NL:  
3.34E8  
TIC MS  
frantisekyof  
ilizace PL

Příloha 6: Ukázka chromatogramu aromaticky aktivních látek identifikovaných v sušeném vzorku pitahaye; identifikace sloučenin viz Tabulka 11

RT: 0.00 - 49.10

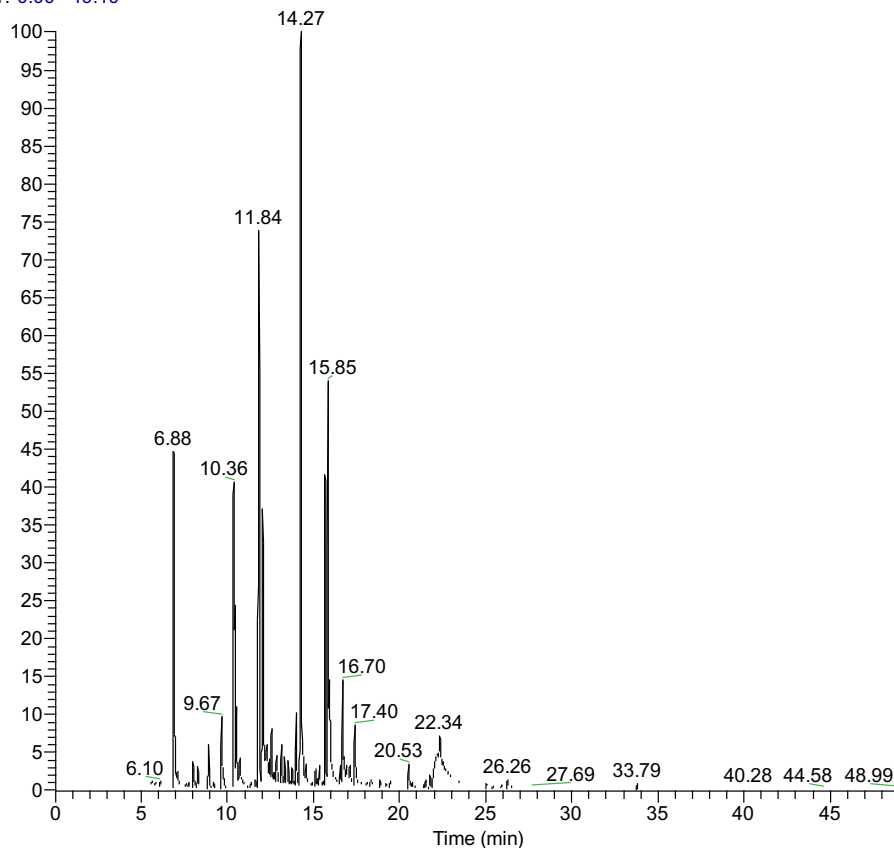


NL:  
3.10E8  
TIC MS  
frantisekyof  
ilizace PV



Příloha 7: Ukázka chromatogramu aromaticky aktivních látek identifikovaných v čerstvém vzorku banánu; identifikace sloučenin viz Tabulka 12

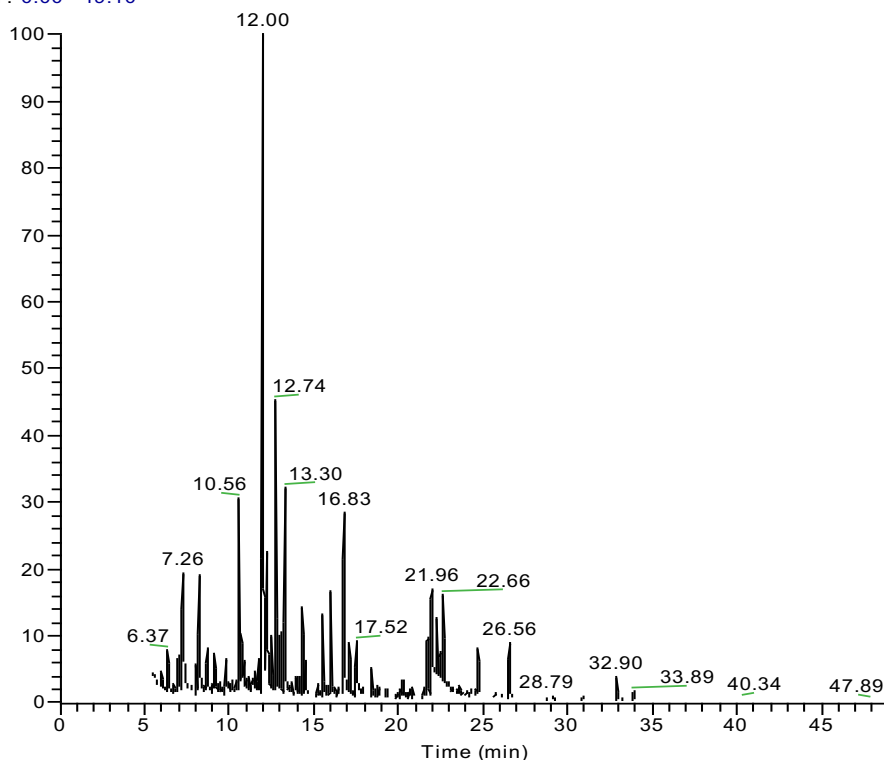
RT: 0.00 - 49.10



NL:  
1.56E9  
TIC MS  
Prystupa\_b  
anan\_01

Příloha 8: Ukázka chromatogramu aromaticky aktivních látek identifikovaných v lyofilizovaném vzorku banánu; identifikace sloučenin viz Tabulka 12

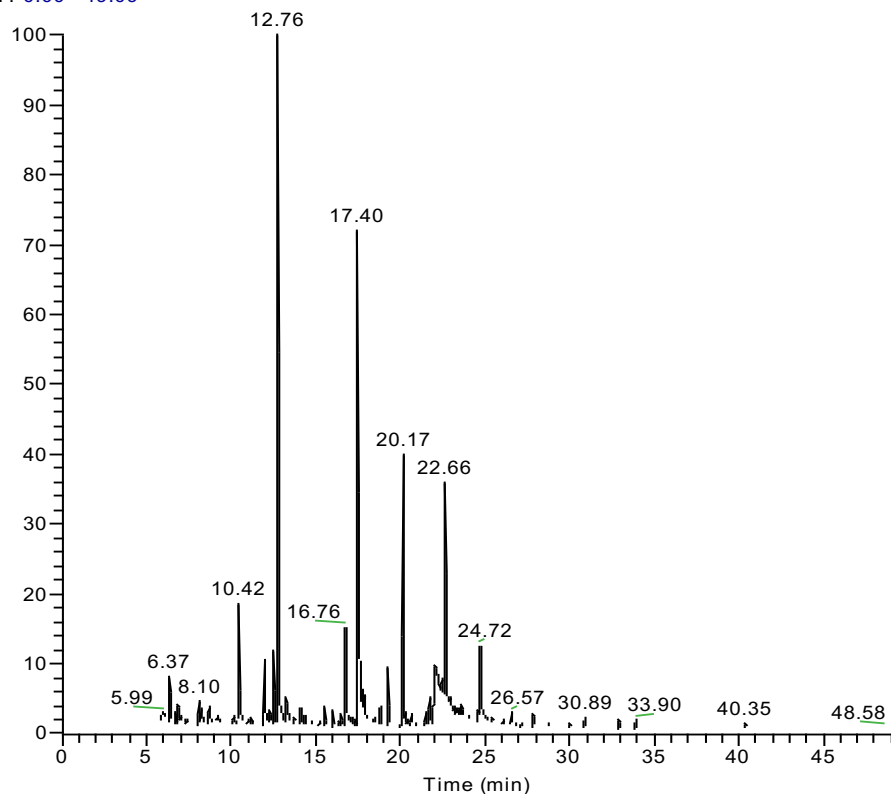
RT: 0.00 - 49.10



NL:  
9.30E8  
TIC MS  
frantisekyof  
ilizace BL

Příloha 9: Ukázka chromatogramu aromaticky aktivních látek identifikovaných v sušeném vzorku banánu; identifikace sloučenin viz Tabulka 12

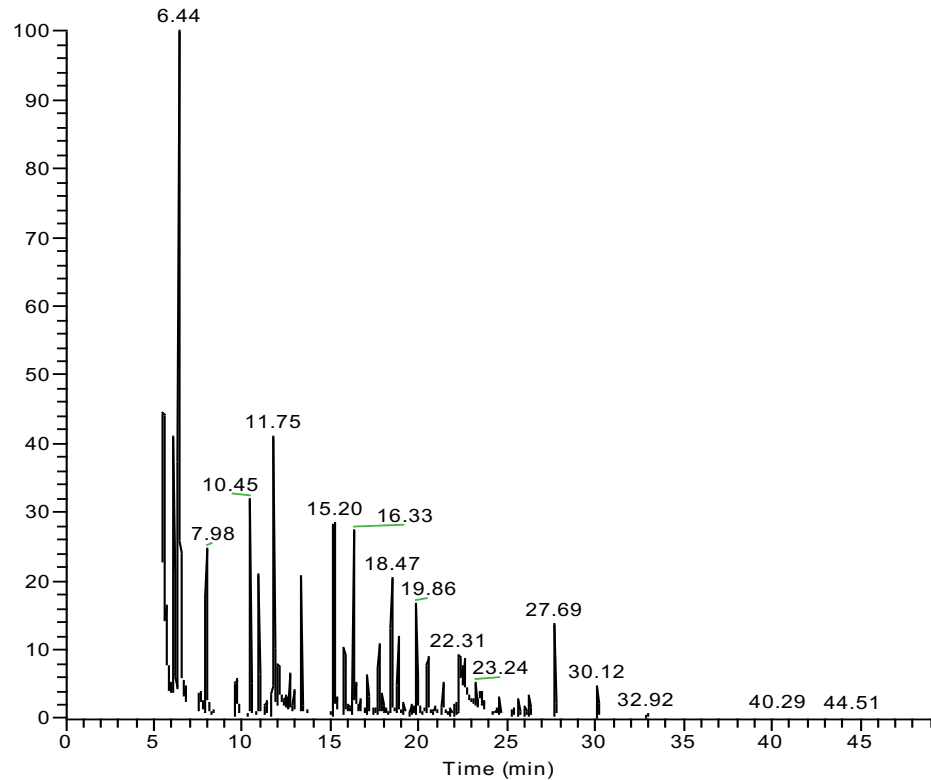
RT: 0.00 - 49.09



NL:  
4.57E8  
TIC MS  
frantiseklyof  
ilizace BV

Příloha 10: Ukázka chromatogramu aromaticky aktivních látek identifikovaných v čerstvém vzorku ananasu; identifikace sloučenin viz Tabulka 13

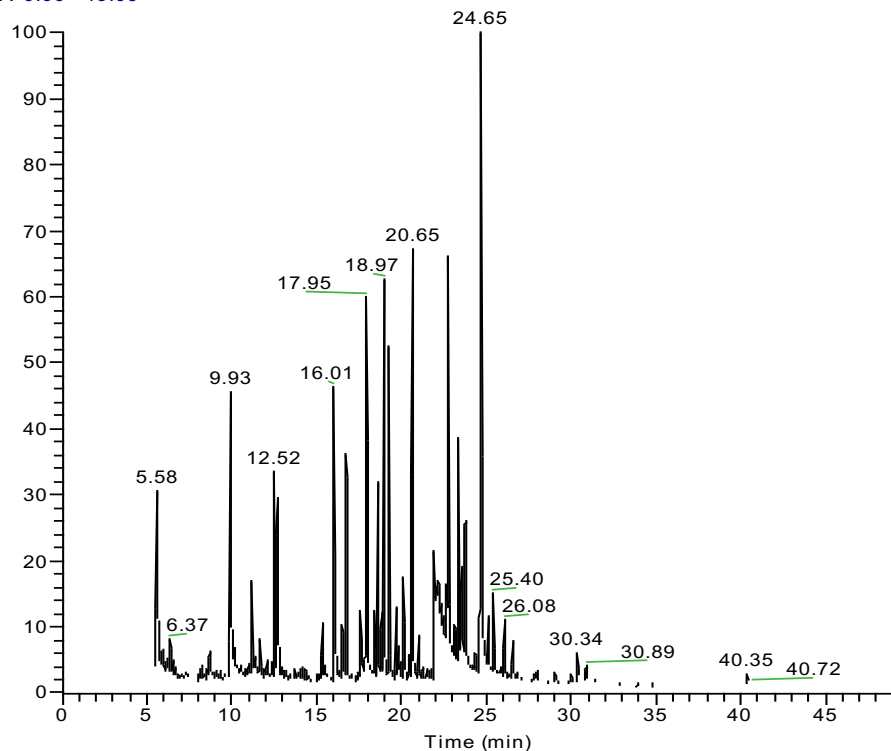
RT: 0.00 - 49.09



NL:  
1.83E9  
TIC MS  
AC1

*Příloha 11: Ukázka chromatogramu aromaticky aktivních látek identifikovaných v lyofilizovaném vzorku ananasu; identifikace sloučenin viz Tabulka 13*

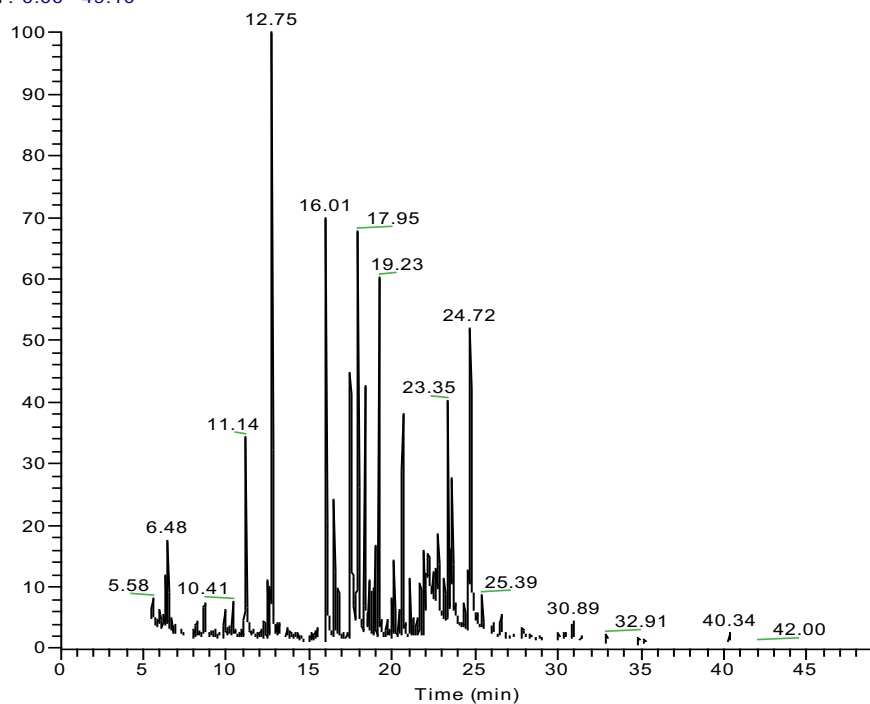
RT: 0.00 - 49.09



NL:  
2.83E8  
TIC MS  
frantiseklyof  
ilizace AL

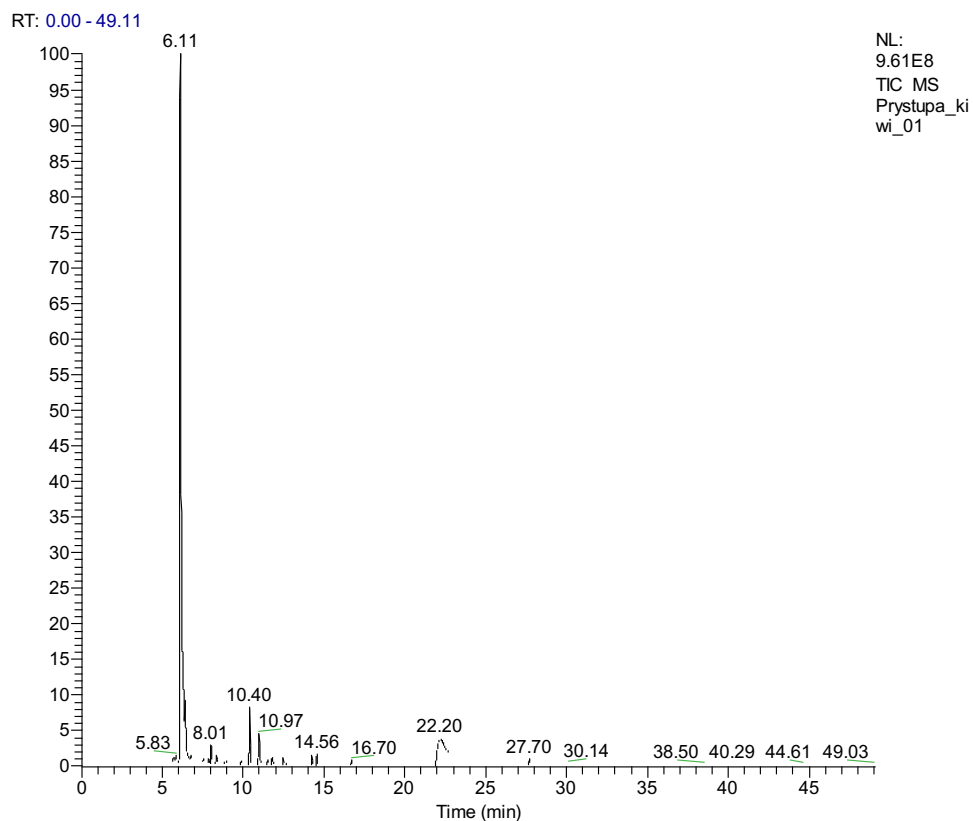
*Příloha 12: Ukázka chromatogramu aromaticky aktivních látek identifikovaných v sušeném vzorku ananasu; identifikace sloučenin viz Tabulka 13*

RT: 0.00 - 49.10

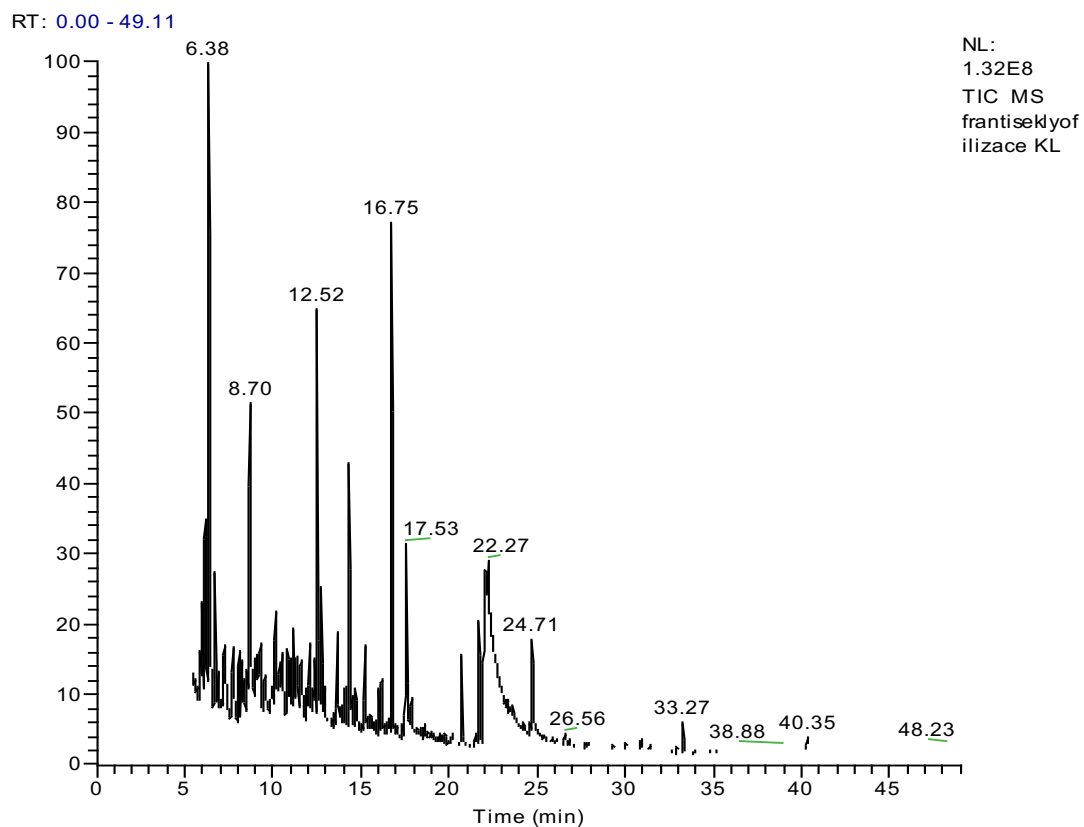


NL:  
4.09E8  
TIC MS  
frantiseklyof  
ilizace AV

Příloha 13: Ukázka chromatogramu aromaticky aktivních látek identifikovaných v čerstvém vzorku kiwi; identifikace sloučenin viz Tabulka 14

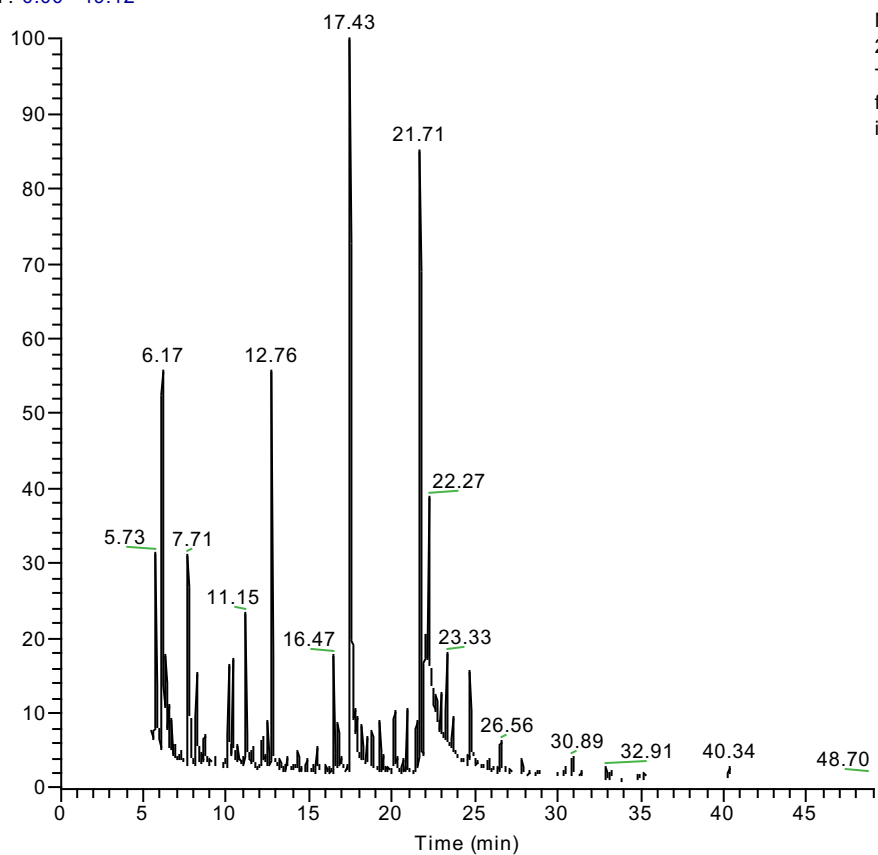


Příloha 14: Ukázka chromatogramu aromaticky aktivních látek identifikovaných v lyofilizovaném vzorku kiwi; identifikace sloučenin viz Tabulka 14



Příloha 15: Ukázka chromatogramu aromaticky aktivních látek identifikovaných v sušeném vzorku kiwi; identifikace sloučenin viz Tabulka 14

RT: 0.00 - 49.12



NL:  
2.14E8  
TIC MS  
frantisekyof  
ilizace KV