

# Studium parametrů levandulového oleje

Bc. Lucie Retová

---

Diplomová práce  
2020



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická  
Ústav technologie tuků, tenzidů a kosmetiky

Akademický rok: 2019/2020

**ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE**  
(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení:	Bc. Lucie Retová
Osobní číslo:	T18363
Studijní program:	N2901 Chemie a technologie potravin
Studijní obor:	Technologie tuků, detergentů a kosmetiky
Forma studia:	Kombinovaná
Téma práce:	Studium parametrů levandulového oleje

## Zásady pro vypracování

### I. Teoretická část:

V teoretické části popište zdroje levandulového oleje. Dále se věnujte charakteristickým vlastnostem levandulového oleje. Popište hlavní konstituenty levandulového oleje. Hodnoťte parametry levandulového oleje jako hustota, otáčivost polarizovaného světla, index lomu a další.

### II. Praktická část:

V praktické části analyzujte soubor alespoň deseti levandulových olejů z různých komerčních zdrojů. Stanovte jejich složení pomocí plynové chromatografie a hodnoťte poměr hlavních konstituentů linaloolu a linalyl acetátu. Hodnoťte případně i další minoritní konstituenty. Stanovte pro vzorky jejich index lomu, hustotu, stáčívost polarizovaného světla a případně další parametry. Výsledky vzájemně diskutujte a přehledně zpracujte.

---

---

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

**Seznam doporučené literatury:**

Hashemi S.M.B., Khaneghah A.M. Santana A.S.: Essential Oils in Food Processing – Chemistry, Safety and Applications, Wiley Blackwell, 2017, ISBN: 978-1-119-14934-7.  
Attokaran M.: Natural Food Flavors and Colorants (2nd. edition), Wiley Blackwell, 2017, ISBN: 978-1-119-11476-5.  
Taylor M.: Handbook of Natural Antimicrobials for Food Safety and Quality, Woodhead Publishing, 2014, ISBN: 9781782420347.  
Winska K., Maczka W., Lyczko J., Grabarczyk M. Czubaszek A. and Szumny A.: Essential Oils as Antimicrobial Agents – Myth or Real Alternative, Molecules, (24) 2019, Art. No. 2130.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Marián Lehocký, Ph.D.**  
Ústav technologie tuků, tenzidů a kosmetiky

Datum zadání diplomové práce: **2. ledna 2020**  
Termín odevzdání diplomové práce: **15. května 2020**

L.S.

---

**prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D.**  
děkan

---

**doc. Ing. Marián Lehocký, Ph.D.**  
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 20. února 2020

## **PROHLÁŠENÍ AUTORA DIPLOMOVÉ PRÁCE**

Beru na vědomí, že:

- diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a dostupná k nahlédnutí;
- na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užit své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování diplomové práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem diplomové práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

### **Prohlašuji,**

- že jsem diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

Ve Zlíně dne:

Jméno a příjmení studenta:

.....  
podpis studenta

<sup>1)</sup> zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

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

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

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

<sup>2)</sup> zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

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

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

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

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

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

## **ABSTRAKT**

Diplomová práce se zabývá esenciálními oleji, jejich složením, biologickými účinky a je zaměřena především na levandulový olej, jeho charakteristické vlastnosti a využití.

V praktické části jsou popsány metody stanovení hustoty vybraných esenciálních olejů a indexů lomu. Dále je pak popsáno stanovení jednotlivých složek levandulového oleje pomocí plynové chromatografie.

Klíčová slova: esenciální olej, levandulový olej, biologické účinky, destilace, plynová chromatografie

## **ABSTRACT**

This thesis deals with essential oils, their composition, biological effects and is particularly focused on lavender oil, its characteristic properties and utilization.

The practical part of this thesis describes selected methods for lavender oil individual components determination as well as refractive index and density evaluation.

Keywords: essential oil, lavender oil, biological effects, distillation, gas chromatography

Touto cestou bych ráda poděkovala vedoucímu mé diplomové práce doc. Ing. Mariánovi Lehockému, Ph.D., za odborné vedení, věcné připomínky, rady a hlavně trpělivost a čas, který mi věnoval při zpracování této diplomové práce.

Dále bych chtěla poděkovat Ing. Ondřeji Rudolfovi, Ph.D., za trpělivost a čas strávený se mnou v laboratoři při praktické části mé diplomové práce.

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

<b>ÚVOD</b> .....	<b>11</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>12</b>
<b>1 ESENCIÁLNÍ OLEJE</b> .....	<b>13</b>
1.1 CHEMICKÉ SLOŽENÍ ESENCIÁLNÍCH OLEJŮ .....	14
1.1.1 Terpenoidy .....	16
1.1.2 Fenylypropanoidy .....	18
1.1.3 Aromatické sloučeniny .....	20
1.2 IZOLACE A VÝROBA ESENCIÁLNÍCH OLEJŮ .....	20
1.2.1 Hydrodestilace .....	21
1.2.2 Destilace vodní parou .....	22
1.2.3 Lisování za studena.....	23
1.2.4 Extrakce organickým rozpouštědlem.....	23
1.2.5 Enfleuráž.....	24
1.2.6 Superkritická fluidní extrakce (SFE, Supercritical Fluid Extraction).....	25
1.2.7 Mikroextrakce na pevné fázi (SPME, Solid Phase Microextraction).....	26
1.2.8 Mikrovlnná asistovaná extrakce (MAE, Microwave-Assisted Extraction).....	27
1.3 BIOLOGICKÉ ÚČINKY ESENCIÁLNÍCH OLEJŮ .....	27
1.3.1 Antimikrobiální účinky .....	28
1.3.2 Antivirové účinky .....	29
1.3.3 Antioxidační účinky.....	29
1.3.4 Antimykotické účinky.....	30
1.3.5 Analgetické účinky .....	31
1.3.6 Fototoxické účinky .....	31
<b>2 LEVANDULE</b> .....	<b>32</b>
<b>3 LEVANDULOVÝ ÉTERICKÝ OLEJ</b> .....	<b>33</b>
3.1 DEFINICE LEVANDULOVÉHO OLEJE .....	33
3.2 HISTORICKÉ VYUŽITÍ LEVANDULOVÉHO OLEJE .....	34
3.3 CHEMICKÉ SLOŽENÍ LEVANDULOVÉHO OLEJE .....	35
3.3.1 Linalool.....	35
3.3.2 Linalyl acetát.....	37



3.4	BIOLOGICKÉ ÚČINKY LEVANDULOVÉHO OLEJE .....	37
3.4.1	Antimikrobiální účinky levandulového oleje .....	37
3.4.2	Antioxidační účinky levandulového oleje .....	38
3.4.3	Analgetické a sedativní účinky levandulového oleje.....	38
3.5	VÝROBA LEVANDULOVÉHO OLEJE .....	39
3.5.1	Sběr levandule pro destilaci .....	39
3.5.2	Destilace.....	40
3.6	FALŠOVÁNÍ LEVANDULOVÉHO OLEJE .....	42
3.7	ANALÝZA ÉTERICKÝCH OLEJŮ .....	42
3.7.1.1	Analýza plynovou chromatografií a hmotnostní spektrometrie (GC / MS) 43	
3.7.1.2	Infračervená spektroskopie s Fourierovou transformací (FTIR ).....	44
3.8	DALŠÍ ZPŮSOBY VYUŽITÍ LEVANDULE.....	45
3.8.1	Přírodní dochucovadla .....	45
3.8.2	Veterinární přípravky.....	45
3.8.3	Repelentní přípravky.....	45
3.8.4	Kosmetické přípravky a parfémy.....	45
3.8.5	Aromaterapie .....	46
3.8.6	Léčivé čaje, lihové extrakty, tinktury, masti, nálevy a výluhy .....	46
3.8.7	Vonné svíčky, bylinné polštáře, vonné levandulové sáčky .....	47
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>		<b>48</b>
<b>4</b>	<b>POUŽITÉ PŘÍSTOJE, VYBAVENÍ, CHEMIKÁLIE A VZORKY .....</b>	<b>49</b>
4.1	PŘÍSTROJE A VYBAVENÍ .....	49
4.2	CHEMIKÁLIE A VZORKY .....	49
<b>5</b>	<b>METODIKA.....</b>	<b>52</b>
5.1	CHROMATOGRAFICKÁ ANALÝZA VYBRANÝCH ESENCIÁLNÍCH OLEJŮ .....	52
5.1.1	Plynová Chromatografie (GC).....	52
5.1.1.1	Vlastní chromatografická analýza vybraných esenciálních olejů .....	53
5.2	STANOVENÍ HUSTOTY VYBRANÝCH ESENCIÁLNÍCH OLEJŮ .....	55
5.3	STANOVENÍ INDEXU LOMU VYBRANÝCH ESENCIÁLNÍCH OLEJŮ.....	56
<b>6</b>	<b>VÝSLEDKY A DISKUZE .....</b>	<b>57</b>

6.1	VÝSLEDKY CHROMATOGRAFICKÉ ANALÝZY VYBRANÝCH ESENCIÁLNÍCH OLEJŮ.....	57
6.1.1	Vzorek č 1. esenciální olej Bio Levandule (Nobilis Tilia) .....	57
6.1.2	Vzorek č. 2. esenciální olej Levandule (Nobilis Tilia) .....	58
6.1.3	Vzorek č. 3. esenciální olej Levandule extra (Cosmetics Atok).....	60
6.1.4	Vzorek č.4. esenciální olej Bulgary Lavender (Bewit).....	61
6.1.5	Vzorek č.5. esenciální olej Kashmir Lavender (Bewit).....	63
6.1.6	Vzorek č.6. esenciální olej Lavender (Bewit).....	64
6.1.7	Vzorek č.7. esenciální olej Lavender Raw (CO <sub>2</sub> ), (Bewit).....	66
6.1.8	Vzorek č.8. esenciální olej Levandule (Salus).....	67
6.1.9	Vzorek č.9. esenciální olej Levandule extra (Salus).....	69
6.1.10	Vzorek č.10. Levandulová silice Bio (SynCare) .....	70
6.2	VÝSLEDKY STANOVOVANÉ HUSTOTY VYBRANÝCH ESENCIÁLNÍCH OLEJŮ .....	71
6.3	VÝSLEDKY STANOVENÍ INDEXU LOMU VYBRANÝCH ESENCIÁLNÍCH OLEJŮ.....	72
	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>73</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>74</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>83</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ.....</b>	<b>84</b>
	<b>SEZNAM TABULEK .....</b>	<b>85</b>

## ÚVOD

Levandulový olej byl po staletí používán a ceněn pro jeho nezaměnitelnou typickou vůni a nespočetné výhody. Ve starověku Egypťané a Římané levandulový olej hojně používali k dezinfekci. Ve středověku se levandule ke stejným účelům využívala v obdobích morových ran. V arabských zemích se používala zejména jako antispazmatikum, v Evropě se potom uplatňovala při hojení ran. Známe je použití levandule v šatnících pro odpuzování molů a jiného hmyzu. Levandulový olej je charakteristický širokým spektrem použití, a proto je velice univerzální. Lze ho dokonce aplikovat na kůži i sliznice neředěný, což je u esenciálních olejů výjimka. Potírání levandulovým olejem pomáhá při revmatismu, po úrazech na vykloubení, natržení svalů či zánětech nervů. Je třeba pamatovat na to, že levandule snižuje výrazně krevní tlak. Levandulový olej působí analgeticky, antibakteriálně, antiinfekčně, protizánětlivě, protirevmaticky i protiplísňově, ulevuje při bolestech hlavy. Může být inhalován při dýchacích potížích, bronchitidě nebo krčních infekcích. Levandulová silice má také blahodárné účinky na nervové vyčerpání, napětí, odstraňuje hysterii, depresi, ale také nespavost. Pravý levandulový olej se skládá převážně z linaloolu a linalyl acetátu. Levandulový olej je součástí mnoha kosmetických, léčivých, dekorativních a jiných produktů.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 ESENCIÁLNÍ OLEJE

Esenciální oleje (EO) jsou někdy též známé jako silice, esence, nebo éterické oleje. Jedná se o komplexní směsi těkavých sloučenin, produkovaných živými organismy [1]. V přírodě, éterické oleje hrají důležitou roli v ochraně rostlin, působí jako antibakteriální látky, antivirotika, antimykotika, insekticidy a proti býložravcům tím, že snižují jejich chuť k těmto rostlinám. Také mohou přitahovat některé druhy hmyzu, aby upřednostňovaly rozptylování pylu a semen, nebo naopak odradily nežádoucí hmyz [2]. Esenciální oleje jsou produkovány rostlinami také jako součást jejich sekundárního metabolismu, během kterého dochází k rozkladu látek metabolismu primárního, tedy sacharidů, lipidů a proteinů. V důsledku toho éterické oleje představují důležitý biologický zdroj pro obnovitelné přírodní produkty [1,3,4]. Tvorba éterického oleje v rostlinách je vysoce závislá na klimatických podmínkách. Mezi nejdůležitější proměnné patří teplota, délka slunečního záření, frekvence a velikost srážek. Zmíněná teplota má významný vliv na výnos a kvalitu esenciálního oleje. Důležitým parametrem je také vztah mezi teplotou a vlhkostí. Vlhkost spojená se zvýšenými teplotami vytváří příznivé podmínky pro proliferaci hmyzích parazitů a hlavně mikroorganismů. To někdy přiměje rostliny ke zvýšení produkce éterického oleje pro vlastní ochranu [1]. Esenciální oleje mohou být izolovány z celé rostliny, nebo její části pomocí hydrodestilace, parní destilace, nebo mechanickým lisováním, které se týká zejména citrusových plodů [3,4].

Esenciální oleje jsou při pokojové teplotě tekuté. Nesmí se zaměňovat s pevnými nebo mastnými oleji, které jsou složeny z přirozeně se vyskytující směsi lipidů. Obecně lze éterické oleje fyzicky odlišit od ostatních sloučenin, protože kapka těkavého oleje na papíře se na rozdíl od mastných olejů úplně vypaří. Esenciální oleje se proto zcela liší jak chemickými, tak fyzikálními vlastnostmi od mastných olejů [3,5].

Esenciální oleje se staly nedílnou součástí každodenního života, používají se pro své již pozorované vlastnosti, tj. pro jejich antibakteriální, antimykotické a insekticidní účinky. V současné době je známo přibližně 3 000 éterických olejů, z nichž 300 je komerčně důležitých zejména pro farmaceutický, agronomický, potravinářský, hygienický, kosmetický a parfémový průmysl. Esenciální oleje nebo některé z jejich složek se používají v parfémové a kosmetické přípravcích, v hygienických výrobcích, ve stomatologii, v zemědělství, jako konzervační látky a přísady do potravin, nebo jako přísady do cigaret v tabákovém průmyslu. Dále se používají například v osvěžovačích vzduchu a deodorizátorech a jako přírodní léčiva. Důležitost éterických olejů představuje také jejich využití jako biocidů a repelentů proti

hmyzu. Esenciální oleje se pak používají samostatně, nebo ve zředěných formách ve specializovanějších oblastech, jakou je aromaterapie a aromachologie [1,2,3].

Například d-limonen, geranylacetát nebo d-karvon se používají v parfémtech, krémech, mýdlech, jako příchuti do potravin, jako vonné látky do čisticích prostředků pro domácnost a jako průmyslová rozpouštědla. Navíc se éterické oleje používají při masáži, jako směsi společně s rostlinným olejem nebo v lázních, nejčastěji však v aromaterapii. Zdá se, že některé éterické oleje vykazují zvláštní léčivé vlastnosti, o nichž se tvrdí, že léčí jednu nebo jinou orgánovou dysfunkci nebo systémovou poruchu [2].

## 1.1 Chemické složení esenciálních olejů

Esenciální oleje představují komplexní směsi sloučenin s nízkou molekulovou hmotností (obvykle méně než 500 daltonů), jsou nemísitelné s vodou, rozpouští se v alkoholu, rostlinných olejích a většinou organických rozpouštědlech. Jejich hustota je obvykle menší než hustota vody, vyznačují se vysokým indexem lomu a převážná část je opticky aktivní. Většina z nich je bezbarvá nebo světle žlutá, s výjimkou modrého éterického oleje heřmánku (*Matricaria chamomilla*). Kvůli jejich molekulárním strukturám (přítomnosti olefenických dvojných vazeb a funkčních skupin, jako jsou hydroxyl, aldehyd, ester); jsou éterické oleje snadno oxidovatelné světlem, teplem a vzduchem [4,5].

Esenciální oleje se pak získávají z různých částí rostlin, jakou jsou: listy, květy, poupata, ovoce, stonky, semena, kořeny, oddenky, kůra a dřevo. Nacházejí se také v rostlinných exsudátech, jako jsou pryskyřice a balzámy. Některé rostliny produkují éterické oleje v různých botanických částech. Tyto oleje mohou mít podobné složení (např. kořen a semeno angeliky, pupeny a listy hřebíčku) nebo jsou zcela odlišné (např. hořká pomerančová kůra, květiny a listy, koriandr, nezralé listy a semena, skořicová kůra a listy) [4].

Esenciální oleje jsou biosyntetizovány a hromadí se speciálně v rostlinných orgánech: olejových buňkách, sekrečních kanálech a dutinách umístěných uvnitř různých rostlinných tkání, nebo v trichomech (žlázových chloupkách) rostlin [4,6].

Existují dva typy sekrečních žláz: ty, které se nacházejí na povrchu rostlin s exogenní sekrecí, a ty, které jsou umístěny uvnitř rostliny ve vnitřních orgánech s endogenní sekrecí. Jsou také lokalizovány v cytoplasmě některých sekrečních buněk v jednom nebo více rostlinných orgánech [7].

*Externí sekreční tkáň*, je taková tkáň, která je umístěna mimo rostlinu a představuje:

- Epidermální papily: jsou to kuželové epidermální buňky, které vylučují esence, s nimiž se obvykle setkáváme v okvětních lístcích (např. *Rosa* sp.).
- Žlázové trichomy (sekreční žlázy nebo štětiny): vyvíjejí se z epidermálních buněk. Jsou biosyntézou a místem akumulace EO a jsou charakteristické pro čeleď hluchavkovitých (*Lamiaceae*), jako je například oregano, máta, levandule, atd. Syntetizovaný éterický olej se hromadí v kapse mezi sekrečními buňkami a běžnou kutikulou.
- Nonglandulární trichomy: jsou to štětiny, které mají podobnou strukturu jako glandulární trichomy nalezené také v některých rodech *Lamiaceae* [7].

*Vnitřní sekreční tkáň*, je umístěna uvnitř rostliny. Rozlišujeme:

- Sekreční kanály: jsou to malé kanály, které se někdy rozprostírají po celé délce rostliny a jejichž stěny jsou tvořeny usazenými sekrečními buňkami, typické pro čeleď miříkovité (*Apiaceae*).
- Schizogenní kapsy (nebo sekreční kapsy): je to mezibuněčný prostor, často sférický, který je vyplněn kapkami EO syntetizovanými buňkami, které jej ohraničují.
- Buňky s intracelulární sekrecí: jsou to izolované buňky specializované na akumulaci a sekreci EO uvnitř jejich vakuol. Když koncentrace EO dosáhne vysokých hladin, tyto buňky odumírají (např. buňky skořice, vavřínové listy, oddenky *Acorus calamus*) [7].

Látky obsažené v silicích vznikají dvěma biogenetickými pochody. Hlavním je tzv. mevalonátová cesta, kdy se tvoří látky terpenické. Dalším pochodem je tzv. šikimátová cesta, kdy jsou tvořeny například kumariny, furokumariny a fenolické látky [3].

Esenciální oleje obsahují 20 až 60 jednotlivých sloučenin, i když některé mohou obsahovat více než 100 různých komponent rostlinných sekundárních metabolitů, patřících do různých chemických tříd [5,6].

Hlavními těkavými složkami esenciálních olejů jsou:

- uhlovodíky (např. pinen, limonen, bisabolen),
- alkoholy (např. linalol, santalol),
- kyseliny (např. kyselina benzoová, geranová),
- aldehydy (např. citral),
- cyklické aldehydy (např. kuminální),
- ketony (např. kafr),
- laktony (např. bergapten),
- fenoly (např. eugenol),
- fenolické ethery (např. anethol),
- oxidy (např. 1,8 cineol) a
- estery (např. geranyl acetát).

Všechny tyto sloučeniny lze klasifikovat do dvou hlavních kategorií: terpenoidy a fenypropenoidy, které tvoří hlavní složky éterických olejů [5]. Kromě toho je také přítomno malé množství aromatických a alifatických složek. Monoterpeny, seskviterpeny a okysličené deriváty těchto dvou látek jsou největší skupinou chemických entit v esenciálních olejích.

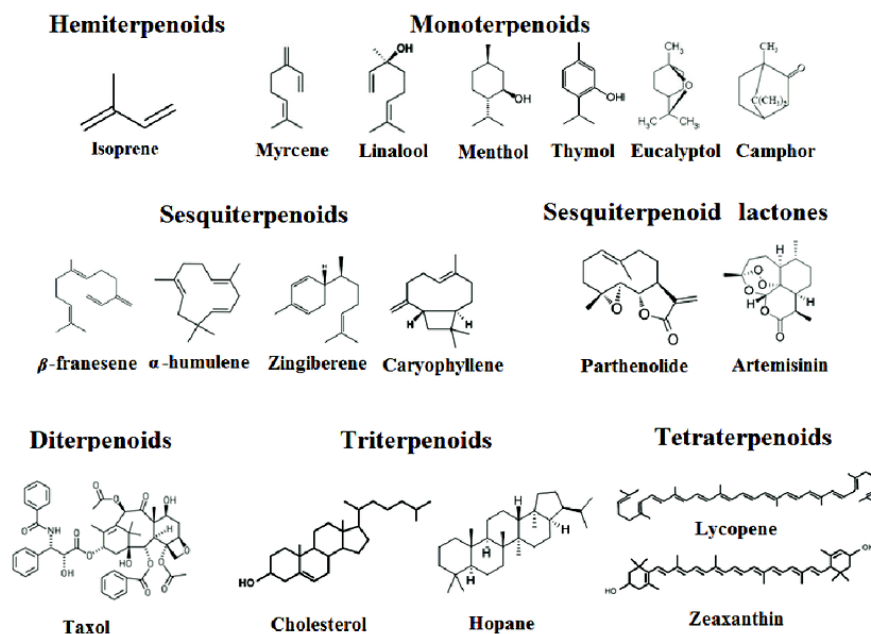
O biologické aktivitě konkrétního esenciálního oleje se většinou rozhoduje prostřednictvím jedné nebo dvou jeho hlavních složek. Ale někdy nelze celkovou aktivitu připisat žádné z hlavních složek a přítomnost kombinace molekul modifikuje aktivitu tak, aby měla významný účinek [6].

### 1.1.1 Terpenoidy

Terpenoidy představují nejdůležitější součást éterických olejů. Jsou to deriváty terpenových uhlovodíků, které jsou kombinací pěti uhlíkových isoprenových jednotek ( $C_5$ ). Terpenoidy jsou přítomny ve všech živých organismech a pocházejí tedy z rozvětvené uhlíkové kostry  $C_5$  isoprenu [9]. Byly klasifikovány podle počtu izoprenových jednotek na monoterpenoidy, seskviterpenoidy, diterpenoidy, sesterterpenoidy, triterpenoidy, tetraterpenoidy a polyterpenoidy [1,8]. Jedna isoprenová jednotka je hemiterpen, když se dvě isoprenové jednotky spojí dohromady, vytvoří se monoterpen, tři tvoří seskviterpen, čtyři tvoří diterpen a tak dále [10].



První studované terpenoidy, vytvořené ze dvou molekul isoprenu, obsahovaly 10 atomů uhlíku a byly nazvány monoterpenoidy (dvě isoprenové jednotky;  $C_{10}H_{16}$ ). Tato nomenklatura nám zůstala, a tak terpenoidy s 5 atomy uhlíku se nazývají hemiterpenoidy ( $C_5H_8$ ), ti s 15, seskviterpenoidy (tři isoprenové jednotky;  $C_{15}H_{24}$ ) a ty s 20 atomy uhlíku, diterpenoidy (čtyři isoprenové jednotky;  $C_{20}H_{32}$ ) atd. Obecně jen hemiterpenoidy, monoterpenoidy, a seskviterpenoidy jsou dostatečně těkavé, aby mohly být součástí éterických olejů. Těžší terpeny jako diterpeny se obvykle v éterických olejích nenacházejí [1,3]. Terpenoidy můžeme označit za funkčně modifikované terpeny. Za jejich různorodé funkční role je zodpovědná obrovská rozmanitost struktur. Základní terpenové struktury podléhají různým enzymatickým úpravám, jako je hydroxylace, dehydrogenace, acylace nebo glykosylace, což vede k nesčetným množstvím chemicky rozmanitých terpenoidních sloučenin [9]. Bylo izolováno více než 80 000 terpenů a toto číslo se v každém desetiletí téměř zdvojnásobilo. Různé funkční role některých z terpenoidů jsou charakterizovány jako hormony (gibereliny), fotosyntetické pigmenty (fytol, karotenoidy), nosiče elektronů (ubichinon, plastochinon) a mediátory polysacharidů, jakož i komunikační a obranné mechanismy. Zatímco předchozí třídy terpenů často působí přímo v organismu, několik specializovaných terpenoidů poskytuje rostlinám celkovou kondici prostřednictvím jejich rolí v interakci rostlin s prostředím. Hrají důležitou roli při přímé a nepřímé obraně rostlin proti býložravcům a patogenům, působí mezi organismy jako toxiny, repelenty nebo atraktanty a hrají v existenci organismu obrannou roli. Nízkomolekulární lipofilní povaha četných monoterpenů a seskviterpenů, kombinovaná s obrovskou strukturální rozmanitostí a vysokými tlaky par při běžné teplotě, odpovídá za její roli chemického dopravce informací. Mnoho dalších nemusí mít zjevnou funkci v základních procesech růstu a vývoje organismu; má však zásadní ekologické role související s existencí organismu [9,11].



Obr. 1. Příklady různých tříd terpenoidů [12].

### 1.1.2 Fenylypropanoidy

Fenylypropanoidy jsou rozmanitou skupinou sloučenin odvozených od uhlíkové kostry fenylyalaninu, které se podílejí na obraně rostlin, strukturální podpoře a přežití.

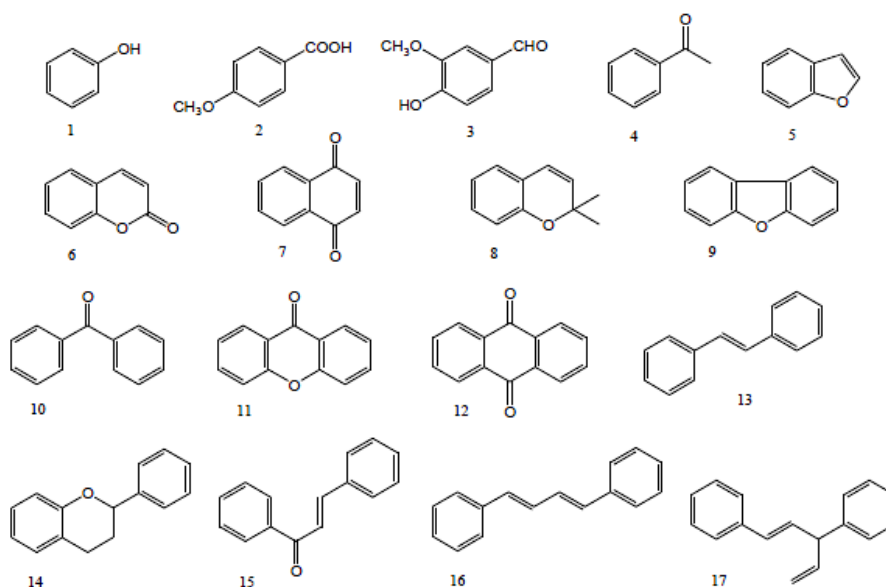
Metabolismus fenylypropanoidů je na rozhraní primárního a sekundárního metabolismu. Polymery na bázi fenylypropanoidů, jako je lignin nebo kondenzované taniny, podstatně přispívají ke stabilitě a robustnosti nahosemenných i krytosemenných rostlin vůči mechanickému nebo environmentálnímu poškození, jako je sucho nebo zranění [13].

Z hlediska biogeneze je vznik fenylypropanoidů odvozen od kyseliny šikimové. Základním klíčovým meziproduktem biosyntézy je kyselina skořicová nebo její biogenetické ekvivalenty, t.j. hydroxy (i methoxy) deriváty: k. kumarová, kávová, ferulová a sinapová). Z těchto klíčových látek pak dále vznikají další klíčové meziprodukty druhého stupně čtyřmi mechanismy: prodloužením propanového řetězce substitucí, prodloužením a cyklizací, zkrácením řetězce a redukcí dvojnásobné vazby řetězce. Tyto druhoplánové metabolity se pak dále diverzifikují specifickými hydroxylacemi, metoxylacemi, dehydrogenacemi, fenoloxidacemi, esterifikacemi, glykosylacemi, radikálovými oligomeracemi apod.

V případě jen jediné skupiny fenylypropanových derivátů tak narůstá jejich počet i do stovek (např. u lignanů) nebo i do tisíců (např. u flavonoidů). Nejběžnější typy rostlinných fenolických látek lze přehledně klasifikovat například podle počtu uhlíků a jejich vzájemných vazeb (Tab. 1.) V tabulce jsou zvýrazněným písmem vyznačeny fenylypropanoidy, které mají důležitou roli jak z hlediska chemoekologického, tak i farmakologického, a doposud přitahují pozornost mnoha badatelů [14].

Tab. 1. Nejběžnější typy rostlinných fenolických látek (seřazeny dle počtu uhlíků)

C <sub>6</sub>	[ 6 ]	jednoduché fenoly ( <b>1</b> )
C <sub>6</sub> -C <sub>1</sub>	[ 7 ]	fenolické kyseliny ( <b>2</b> ) / aldehydy ( <b>3</b> )
C <sub>6</sub> -C <sub>2</sub>	[ 8 ]	acetofenony ( <b>4</b> ), benzofurany ( <b>5</b> ), isobenzofurany
C <sub>6</sub> -C <sub>3</sub>	[ 9 ]	<b>fenylypropanoidy</b> , <b>benzopyranoidy (kumariny (6))</b> , chromeny)
C <sub>6</sub> -C <sub>4</sub>	[10]	naftochinony ( <b>7</b> )
C <sub>6</sub> -C <sub>5</sub>	[11]	<b>ageratochromeny (prekoceny (8))</b>
(C <sub>6</sub> ) <sub>2</sub>	[12]	dibenzofurany ( <b>9</b> )
C <sub>6</sub> -C <sub>1</sub> -C <sub>6</sub>	[13]	benzofenony ( <b>10</b> ), dibenzopyrany ( <b>11</b> )
C <sub>6</sub> -C <sub>2</sub> -C <sub>6</sub>	[14]	antrachinony ( <b>12</b> ), <b>stilbeny (13)</b>
C <sub>6</sub> -C <sub>3</sub> -C <sub>6</sub>	[15]	<b>flavonoidy (14)</b> , <b>chalkony (15)</b>
C <sub>6</sub> -C <sub>4</sub> -C <sub>6</sub>	[16]	<b>norlignany (difenylybutadieny (16))</b>
C <sub>6</sub> -C <sub>5</sub> -C <sub>6</sub>	[17]	<b>norlignany (conioidy (17))</b>
(C <sub>6</sub> -C <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	[18]	<b>lignany, neolignany</b>
(C <sub>6</sub> -C <sub>3</sub> -C <sub>6</sub> ) <sub>2</sub>	[30]	<b>biflavonoidy</b>
(C <sub>6</sub> -C <sub>3</sub> -C <sub>6</sub> ) <sub>n</sub>	[ n ]	kondenzované taniny
(C <sub>6</sub> -C <sub>3</sub> ) <sub>n</sub>	[ n ]	<b>lignin</b>
(C <sub>6</sub> ) <sub>n</sub>	[ n ]	katecholmelaniny



Obr. 2. Chemické vzorce nejběžnějších fenolických látek [14].

### 1.1.3 Aromatické sloučeniny

Aromatické sloučeniny pocházejí z fenylypropanu a vyskytují se méně často než terpeny. Biosyntetické cesty terpenů a fenylypropanových derivátů jsou obecně v rostlinách oddělené, ale v některých mohou koexistovat. Aromatické sloučeniny zahrnují:

- Aldehyd: cinnamaldehyd
- Alkohol: skořicový alkohol
- Fenoly: chavikol, eugenol
- Methoxy deriváty: anethol, elemicin, estragol, methyleugenoly
- Methylen dioxy sloučeniny: apiole, myristicin, safrole

Hlavními rostlinnými zdroji těchto sloučenin jsou anýz, skořice, hřebíček, fenykl, muškátový oříšek, petržel, sassafras (Kaš'a bělavá), badyán, estragon a některé botanické čeledi (Apiaceae, Lamiaceae, Myrtaceae, Rutaceae) [2].

## 1.2 Izolace a výroba esenciálních olejů

Esenciální oleje mohou být extrahovány z rostlinných materiálů pomocí různých technik klasifikovaných jako klasické/konvenční (které používají například destilaci vodní páry jako prostředek k extrakci celého těkavého materiálu) a inovativní/pokročilé (které se zaměřují na zlepšení selektivity a účinnosti). Nové techniky extrakce musí také zkrátit dobu extrakce, spotřebu energie, použití rozpouštědel a emise CO<sub>2</sub> [15]. Existuje celá řada metod pro extrakci těkavých složek z rostlin, jako například hydrodestilace, destilace vodní parou, lisování za studena, extrakce organickým rozpouštědlem, enfleuráž, superkritická fluidní extrakce, mikroextrakce tuhou fází, nebo mikrovlákná destilace parou [16]. Chemické složení a výtěžek extraktu se bude velmi lišit podle zvolené metody extrakce. Výběr metody extrakce pak bude záviset na povaze materiálu, stabilitě chemické složky a specifikace cílového produktu [1].

Pravým éterickým olejům, resp. éterickým olejům určeným k terapeutickým účelům, nebo olejům potravinářské kvality, odpovídají jen ty, které byly extrahovány různými destilačními metodami, nebo mechanickým lisováním. Výsledkem extrakce a enfleurage jsou pak esence pro parfumérský průmysl [10,17].

### 1.2.1 Hydrodestilace

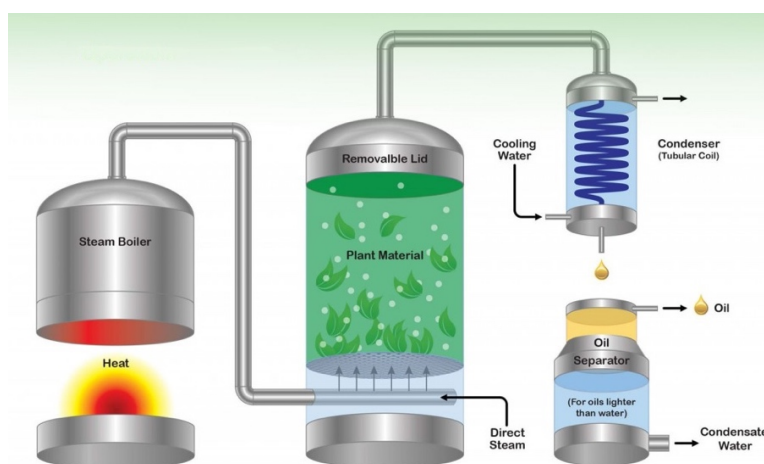
Hydrodestilace představuje hlavní historickou metodu izolace éterických olejů, při které se rostlinný materiál vaří ve vodě. Při destilaci vody je rostlinný materiál vždy v přímém kontaktu s vodou. Hydrodestilace je pravděpodobně nejjednodušší a nejlevnější metoda extrakce éterických olejů [18]. Při izolaci éterických olejů pomocí hydrodestilace je aromatický rostlinný materiál ponořen do dostatečného množství vody a přiveden k varu. Vlivem horké vody a páry je esenciální olej uvolněn z olejových žláz v rostlinné tkáni. Parní směs vody a oleje kondenzuje nepřímým chlazením vodou. Z kondenzátoru proudí destilát do separátoru, kde se olej automaticky oddělí od destilované vody [19,20].

Tato metoda je vhodná pro extrakci okvětních lístků a květů (tj. okvětních lístků růže), protože zabraňuje zhutňování a shlukování rostlinného materiálu během extrakce.

Hydrodestilace má bohužel také několik nevýhod. Po dobu destilace je nutné zajistit dostatečné množství vody, jinak by se rostlinný materiál mohl přehřát a spálit. Rostlinný materiál musí být také neustále míchán, jinak se může usadit na dně destilační baňky a poškodit se zahřátím. Sekání nebo mletí materiálu na jemné částice může pomoci udržet materiál rozptýlený ve vodě. Některé rostlinné materiály, jako je skořicová kůra, obsahují vysoké hladiny slizů, a protože jsou vyluhovány, zvyšuje se viskozita vody a existuje tak vysoké riziko spálení. Další nevýhodou této metody je také dlouhá doba (3–6 h; 24 h u růží), získané výťažky esence bývají malé, a proto bude trvat hodně dlouho, než se nashromáždí velké množství oleje. Navíc každá šarže může být vysoce variabilní a obsahuje například kvalitnější olej ve směsi se špatnou kvalitou. Oleje destilované vodou jsou obvykle tmavší barvy a mají mnohem silnější tóny než oleje produkované jinými metodami. Tato metoda se stále hojně používá pro její selektivitu, jednoduchou instalaci (nevyžaduje drahé vybavení) a snadnou realizaci [7,18]. Moderní variantou této metody, je destilace vodní parou, kdy pára prochází skrz rostlinný materiál a je nyní preferována pro většinu éterických olejů [21].

### 1.2.2 Destilace vodní parou

Destilace vodní parou je jednou z nejoblíbenějších metod používanou k extrakci a izolaci éterických olejů z rostlin. Tento proces zahrnuje probublávání páry zahřátou směsí suroviny, kdy pára odpařuje těkavé sloučeniny rostlinného materiálu, které nakonec procházejí procesem kondenzace a sběru [4,22]. Destilace vodní parou je proces destilace rostlinného materiálu parou generovanou mimo destilační jednotku v satelitním parním generátoru, obecně označovaném jako kotel. Stejně jako při destilaci páry a vody je rostlinný materiál nesen na perforované mřížce nad vstupem páry. Skutečnou výhodou při vytváření satelitní páry je to, že množství páry lze snadno řídit a regulovat. Příklad moderní jednotky pro destilaci páry lze vidět na obrázku 3. Protože se v satelitním kotli vytváří pára, nebude tepelný kontakt rostlinného materiálu vyšší než 100 °C. V důsledku toho je množství tepla, s nímž bude rostlinný materiál přicházet do styku, přijatelné a nemělo by jej způsobovat žádnou tepelnou degradaci. Proces destilace párou je nejrozšířenějším způsobem výroby éterického oleje ve velkém měřítku [18,20]. Destilace páry by měla probíhat v ideálním případě při nízkém nebo středním tlaku, bez použití chemických rozpouštědel. Výrobci se bohužel někdy častěji zajímají více o zisk než o správné zacházení s rostlinami. Vysoký tlak páry a rychlá destilace jsou nákladově efektivnější, ale zřídka vytvářejí jemný a vzácný produkt. Proto ekologičtí farmáři, kteří vytvářejí organické éterické oleje destilují své rostliny velmi opatrně a pomalejší metodou nízkotlaké destilace páry. Mnoho rostlin vyžaduje delší destilaci, aby bylo možné extrahovat celé spektrum účinných látek (zejména pomalu vroucí seskviterpeny) v éterickém oleji od hlavy k ocasu. Tyto metody pomalého nízkého tlaku poskytují bohatší, terapeuticky účinnější éterický olej. Zjevnou nevýhodou destilace vodní parou jsou mnohem vyšší náklady potřebné k vybudování takového zařízení [3,4,20].



Obr. 3. Schématické znázornění parní destilační jednotky [23].

Kvalitu esenciálního oleje ovlivňuje sběr výchozího materiálu. Materiál určený pro destilaci nesmí být kontaminován jinými druhy či částmi rostlin, které daný olej neobsahují. Technika sběru výchozí suroviny se může značně lišit podle její povahy, místa sběru. V některých případech je nutno zabránit působení přímého slunečního záření na výchozí materiál a destilaci provést co nejdříve po sběru (například u jasmínových a pomerančových květů). U jiných rostlinných materiálů (např. u levandulového oleje) i několikahodinové působení přímého slunečního světla není na závadu [24].

### 1.2.3 Lisování za studena

Další způsob získání éterických olejů může být pomocí exprese, nebo také skarifikace, neboli lisování za studena. Používá se k získání olejů z citrusových plodů, jako je bergamot, grapefruit, citron, limetka, pomeranč a mandarinka. Oleje se získávají ze slupek a tedy jako vedlejší produkt integrovaného, nákladného a náročného procesu. Nikdy by nebylo výhodné zpracovávat samotné citrusové plody pouze na jejich olej.

V tomto procesu se ovoce převalí přes koryto s ostrými výstupky, které pronikají kůrou. To propíchne malé váčky obsahující éterický olej. Poté se celé ovoce lisuje, aby vytlačilo šťávu z buničiny a uvolnilo éterický olej z váček. Esenciální olej stoupá na povrch šťávy a je oddělen od šťávy odstředěním [10,18].

Expresa se používá výhradně pro extrakci citrusového oleje z ovocné kůry, protože chemické složky oleje jsou snadno poškozeny teplem. Výroba citrusového oleje je hlavním vedlejším produktem v odvětví výroby džusů [18].

### 1.2.4 Extrakce organickým rozpouštědlem

Dalším způsobem extrakce používaným v jemných rostlinách je extrakce rozpouštědlem, která poskytuje vyšší množství éterického oleje při nižších nákladech. V tomto procesu se k nasycení rostlinného materiálu a vytažení aromatických sloučenin použije chemické rozpouštědlo, jako je například hexan, pentan, benzen, éter a petroléter. Díky tomu se látka nazývá konkret, který se liší nejenom s druhem rostliny, ale také podle použití rozpouštědla. Konkret pak může být rozpuštěn v alkoholu, aby se odstranilo rozpouštědlo. Když se alkohol vypaří, zůstává nejčistší a nejkonzentrovější forma esenciálního oleje nazývaná absolue. Extrakce rozpouštědlem má také nevýhody. Zbytky rozpouštědla mohou zůstat v absolue a

mohou pak způsobovat nežádoucí vedlejší účinky. Tato metoda extrakce je nejvhodnější pro rostlinné materiály, produkující nízká množství esenciálních olejů, které jsou do značné míry pryskyřičné nebo, které obsahují jemné aromatické látky (ty nejsou schopné odolat tlaku destilace párou). Tato metoda produkuje jemnější vůně, než jakýkoli typ destilační metody. Takto získané oleje se pak většinou používají v parfémtech, nebo pro aromaterapeutické účely [7,16,25].

### 1.2.5 Enfleuráž

Tento proces získávání esenciálních olejů byl a stále je využíván v Jižní Francii v oblasti Grasse, které je považováno za hlavní město parfémů. Tato metoda se využívala ještě před příchodem extrakce rozpouštědlem pro použití ve vysoce kvalitní kosmetice. Produkty vyrobené touto metodou stále nabízí několik výrobců pro aromaterapeutické aplikace [10].

Vysoce čištěný rostlinný nebo živočišný tuk bez zápachu, je rozprostřen na skleněné desky v rámu zvaném *šasi* a nechá se ztuhnout. Čerstvé okvětní lístky nebo čerstvé celé květiny se poté umístí na vrstvu tuku a stlačí se. V závislosti na použitých květinách se nechá ztuhnout po dobu 1–3 dnů nebo po dobu několika týdnů. Během této doby jejich vůně proniká do tuku. Vyčerpané plátky jsou nahrazeny čerstvými a proces se opakuje, dokud tuk nedosáhne požadované nasycení. Tento proces by měl probíhat v chladné místnosti bez nadměrné vlhkosti. Když směs dosáhne bodu nasycení, květiny se odstraní a enfleurage pomáda: tuk a vonný olej se pak promyje alkoholem, aby se extrakt oddělil od zbývajících tuku, který se potom použije k výrobě mýdla. Jakmile se alkohol ze směsi vypaří, zůstane nám absolutní éterický olej. Jedná se o velmi těžkopádný a nákladný způsob extrakce. Dnes se používá pouze k extrakci éterického oleje z tuberóz (bělokvětu hlíznatého) a jasmínu [10,19,20].



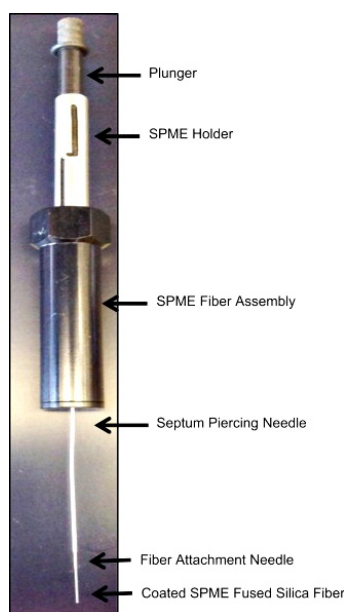
### 1.2.6 Superkritická fluidní extrakce (SFE, Supercritical Fluid Extraction)

Tato metoda slouží k extrakci éterických olejů pomocí oxidu uhličitého (CO<sub>2</sub>) v superkritickém stavu. Obecně je oxid uhličitý znám ve formě plynu a v pevném skupenství ve formě suchého ledu. Tekuté skupenství v normálním atmosférickém tlaku neexistuje. Extrakce superkritickým oxidem uhličitým je tedy separační proces, který využívá skutečnosti, že nad teplotu 31 °C (kritickou teplotu) nelze oxid uhličitý dalším zvyšováním tlaku zkapalnit. Vysoce stlačený plyn pak v superkritickém stavu vykazuje mimořádné vlastnosti – s rostoucí hustotou vrůstá totiž schopnost rozpouštět látky. Jde o fyzikální proces, při kterém nedochází k žádné chemické reakci ani k uvolňování tepla [26].

Extrakce éterických olejů pomocí CO<sub>2</sub> probíhá za extrémně vysokého tlaku. Rostliny se umístí do nerezové nádrže a jakmile se do nádrže vstříkne oxid uhličitý, vytváří se uvnitř nádrže tlak. Při vysokém tlaku se oxid uhličitý mění na kapalinu a působí jako rozpouštědlo k extrakci éterických olejů z rostlin. Když se tlak sníží, oxid uhličitý se vrátí do plynného stavu a nezůstanou žádné zbytky. Takto získané éterické oleje mají svěžší a čistší vůni, než éterické oleje destilované vodní parou a voní podobně jako živé rostliny. Vědecké studie ukazují, že extrakce oxidem uhličitým produkuje éterické oleje, které mají velké biologické vlastnosti a terapeutické výhody. Při extrakci CO<sub>2</sub> se používají nižší teploty (extrakce se provádí většinou mezi 31–60 °C), než u destilace vodní parou, takže se zachovávají i látky citlivé na teplo. Nedochází k problémům se zbytky rozpouštědel v extrahované látce. Konečný extrakt obsahuje pouze to, co bylo v původním vzorku a nedochází k dalším chemickým reakcím. Tato extrakce je netoxická, nehořlavá, fyziologicky nezávadná, šetrná k životnímu prostředí, při níž nevznikají škodlivé emise. Látky takto extrahované si ponechávají své původní aroma a získají se vyšší výnosy. Mnoho éterických olejů, které nelze extrahovat destilací parou, lze získat extrakcí oxidem uhličitým. Je to však nákladná metoda, která vyžaduje speciální vybavení [16,19,22,25,26].

### 1.2.7 Mikroextrakce na pevné fázi (SPME, Solid Phase Microextraction)

Mikroextrakce na pevné fázi (SPME) je inovativní, bezrozpouštědlová izolační metoda, která je rychlá, ekonomická a univerzální. SPME používá vlákno potažené tekutinou (polymer), pevnou látkou (sorbent) nebo kombinací obou. Principem této metody je sorbce složky vzorku na stacionární fázi pokrývající křemenné vlákno, které se nachází uvnitř kovové jehly. Sestava vestavěného vlákna uvnitř jehly vypadá, jako upravená stříkačka, kterou lze pohybovat, mezi dvěma polohami uvnitř a vně jehly (obr. 4). Vlákno o délce 1 cm pokryté polymerem je nejdůležitější součástí zařízení. Jehla slouží k ochraně vlákna před mechanickým poškozením a k propíchnutí septa v zátce vialky, ve které se nachází matrice. Jehla s vláknem se zasune do vzorku, vlákno se z jehly při procesu vzorkování vysune pomocí pístu a po dosažení sorpční rovnováhy se zase zasune zpět do jehly. Po dosažení rovnováhy (individuální; 2 – 90 min) se vlákno zatáhne a celá jehla se ze vzorkované matrice vytáhne a vloží se do nástřikového prostoru chromatografu (plynového nebo kapalinového) a vlákno se opět vysune. Metoda SPME může probíhat dvěma způsoby, a to buď jako headspace (HS-SPME) kdy dochází k sorpci analytů na vlákno z plynné fáze prostoru nad vzorkem, nebo jako přímé ponoření vlákna do vzorku (DI-SPME). K výhodám této metody patří rychlost stanovení, omezení použití toxických organických rozpouštědel, citlivost a také vysoká přesnost [27,28,29].



Obr. 4. Zařízení pro vzorkování pomocí SPME [30].

### 1.2.8 Mikrovlnná asistovaná extrakce (MAE, Microwave-Assisted Extraction)

Schopnost mikrovlnn účinně zahřívát pevný materiál je další způsob získání éterických olejů. Rostlina se umístí do mikrovlnné dutiny a ozáří se mikrovlnami. Tento proces přináší éterické oleje sestávající z relativně nízkých těkavých frakcí ve srovnání např. s hydrodestilací [19]. Mikrovlny jsou elektromagnetické vlny s frekvencí mezi 300 MHz a 300 GHz a vlnovou délkou mezi 1 cm a 1 m. Běžně používaná frekvence je 2,45 GHz, což odpovídá vlnové délce 12,2 cm [7].

Pro mikrovlnnou extrakci se používá mnoho různých metod, které používají buď rozpouštědlo, nebo neobsahují rozpouštědla. Mikrovlnná extrakce pomocí rozpouštědla zahrnuje ponoření předem ošetřeného rostlinného materiálu uvnitř skleněné nádoby, která je připojena ke kondenzátoru. Prostřednictvím zahřívání rozpouštědla se buněčná struktura rostlinného materiálu zhroutí a uvolní aromatické složky. Odpařením rozpouštědla se získá extrakt. Jiný způsob bez rozpouštědel je založen na principu existující vlhkosti uvnitř rostlinného materiálu, který stačí k roztržení rostlinných buněk při zahřátí v mikrovlnné troubě. Volný olej kombinovaný s rostlinnou vlhkostí bude shromažďován a kondenzován venku trouby. Přebytková vlhkost se nepřetržitě refluxuje zpět do pece, aby se napomohlo uvolnění aromatického materiálu z rostliny. Použití MAE se vyvinulo s vývojem koncepce zelené extrakce a potřeby nových metod extrakce s úsporou energie. Mikrovlnná asistovaná extrakce (MAE) vedla k vývoji velkého počtu variant, jako je mikrovlnná asistovaná hydrodestilace, mikrovlnná extrakce bez rozpouštědla (SFME), mikrovlnná destilace s urychlenou párou (MASD), mikrovlnná hydrodifúze a gravitace a přenosná mikrovlnná extrakce (PMAE) [7]. MAE se rychle stala jednou z nejúčinnějších metod extrakce esenciálních olejů a jednou z připravovaných a slibných technik, díky zjednodušené manipulaci a nižší spotřebě energie. Nabízí účinné extrakční výtěžky v kratším čase a bez degradace extrahovaných bioaktivních sloučenin [10,31].

## 1.3 Biologické účinky esenciálních olejů

Biologická aktivita esenciálních olejů je dána aktivitou jejich jednotlivých složek, které působí buď synergicky nebo antagonisticky. Hlavní aktivní složky jsou především monoterpenoidy, seskviterpenoidy, benzenoidy a fenylypropanoidy, které vykazují určitý druh biologické aktivity na lidi, zvířata a rostliny [32].

Složení každého esenciálního oleje se může lišit v závislosti na určitých podmínkách jako je odrůda rostliny, část rostliny, růstová oblast, klimatické vlivy, čas sklizně, způsob skladování apod. Esenciální oleje mají mnoho biologických účinků, jako jsou: antimikrobiální, antivirové, antioxidační, antimykotické, analgetické [32].

### 1.3.1 Antimikrobiální účinky

Je známo, že celá řada esenciálních olejů má antimikrobiální vlastnosti a v mnoha případech je tato aktivita způsobena přítomností aktivních složek, zejména isoprenů, jako jsou monoterpeny, seskviterpeny a příbuzné alkoholy, ostatní uhlovodíky a fenoly. Tyto látky vykazují potenciální antimikrobiální aktivity a silně inhibují mikrobiální patogeny. Lipofilní charakter jejich uhlovodíkové kostry a hydrofilní charakter jejich funkčních skupin má v antimikrobiální látce hlavní význam. Aktivita těchto látek klesá v následujícím pořadí: fenoly > aldehydy > ketony > alkoholy > estery > uhlovodíky. Některé esenciální oleje obsahující fenolické struktury, jako je karvakrol a thymol, jsou vysoce aktivní proti širokému spektru mikroorganismů, včetně *Shigella* sp. [3,32,33].

Esenciální oleje vykazují inhibiční aktivity širokého spektra proti různým Gram pozitivním a Gram negativním bakteriálním patogenům. Antibakteriální účinnost se může lišit jak u olejů, tak u různých bakterií. Například santalové dřevo (*album Santalum*), olej z manuky (*Leptospermum Scoparium*) a oleje vetiver (*C. zizanioides*) jsou vysoce aktivní proti Gram pozitivním bakteriím, ale nemají aktivitu proti Gram negativním bakteriím [6].

Je zajímavé, že oleje rostlinného původu vykazují potenciál proti biofilmům, které jsou odolné vůči bakteriálním antibiotikům. Primárním působením esenciálních olejů dochází k destabilizaci membrány. Esenciální oleje jsou lipofilní povahy a jsou proto snadno propustné buněčnou stěnou a buněčnou membránou. Interakce esenciálních olejů a jejich složek s polysacharidy, mastnými kyselinami a fosfolipidy učinit bakteriální membrány propustnějšími, takže ztráta iontů a buněčného obsahu vede k buněčné smrti. Podobně interference v činnosti protonové pumpy, ztráta integrity membrány, únik buněčného obsahu může vést ke ztrátě životaschopnosti. Mezi další důležité mechanismy působení patří denaturace cytoplazmatických proteinů a inaktivace buněčných enzymů vedoucí k smrti bakteriálních buněk [6].

### 1.3.2 Antivirové účinky

Kromě antimikrobiálních aktivit je prokázáno, že rostliny mají významné antivirové vlastnosti. Předpokládá se, že inhibice replikace virů je způsobena přítomností monoterpenových, seskviterpenových a fnylpropanoidních složek esenciálních olejů. Inhibiční aktivita proti viru herpes vykazuje olej eukalyptu a tymiánu. Zjistilo se, že olej *M. alternifolia* vykazuje významnou účinnost při léčbě recidivujících infekcí herpes virem. Tato aktivita byla omezena na schopnost interferovat se strukturami virových obalů, takže je zabráněno adsorpci nebo vstupu viru do hostitelských buněk. Například oreganový olej způsobuje, že rozpuštění obalu herpes viru zeslabí jeho infekční schopnost. Je také známo, že oreganový olej vykazuje antivirovou aktivitu proti viru žluté zimnice [5,6].

### 1.3.3 Antioxidační účinky

Antioxidanty jsou látky, které jsou schopné chránit organismy před oxidačním stresem. Rozlišují se tři typy antioxidantů: enzymatické antioxidanty, neenzymatické antioxidanty a opravující enzymy. Dobře známý přirozeně se vyskytující antioxidant je vitamin C (kyselina askorbová), která je obsažena v mnoha citrusových plodech a také vitamin E, který se objevuje například v ořechách a slunečnicových semenech. Také b-karoten a lykopen, které také patří do rodiny karotenoidů, jsou další příklady přírodních antioxidantů. Na druhé straně existuje mnoho syntetických materiálů [1]. Hledání přírodních antioxidantů s ohledem na to, že jsou netoxické, vedlo k velkému počtu studií antioxidačního potenciálu esenciálních olejů. To je zvláště důležité, protože existuje podezření, že většina běžných syntetických antioxidantů, jako je butylhydroxyanisol (BHA) nebo butylhydroxytoluen (BHT) je potenciálně škodlivá pro lidské zdraví. Antioxidační aktivita může přispět k uchování potravin a krmiv. Esenciální oleje mohou zlepšit nutriční hodnotu a vést k lepší oxidační stabilitě a delší trvanlivosti tuků, masa a vajec [34, 35]. Antioxidanty působí jako „molekuly schopné reagovat s radikály“ nebo poskytnout redukční sílu, aby působily proti oxidačnímu stresu způsobenému radikály. Oxidační stres způsobený tvorbou volných radikálů a reaktivních druhů kyslíku (ROS) způsobuje poškození buněčných makromolekul. Oxidační poškození je spojeno s různými zdravotními problémy, jako jsou stárnutí, arterioskleróza, rakovina, Alzheimerova choroba, Parkinsonova choroba, diabetes a astma.

Buněčná rovnováha volných radikálů je udržována různými antioxidanty. V esenciálních olejích významné antioxidační účinky vykazují flavonoidy, terpenoidy a fenolické složky. Celkově lze říci, že pořadí účinnosti esenciálních olejů s dobrými antioxidačními vlastnostmi jsou v pořadí: hřebíček > skořice > muškátový oříšek > bazalka > oregano > tymián [34, 3,6].

#### 1.3.4 Antimykotické účinky

Plísňové infekce jsou způsobeny eukaryotickými organismy, a proto je obtížnější zjistit jejich přítomnost a použít odpovídající terapeutickou léčbu ve srovnání s bakteriálními infekcemi. Buněčná stěna hub může být považována za hlavní cíl pro selektivně toxická antimykotika z důvodu její chitinové struktury, která v lidských buňkách chybí. Esenciální oleje mohou představovat jeden z nejslibnějších přírodních produktů pro inhibici plísní. Mnoho druhů esenciálních olejů získaných z různých rostlin nebo bylin vykazují intenzivní protiplísňové vlastnosti. Antimykotická aktivita éterických olejů může být způsobena vlastnostmi terpenoidů, které– díky své vysoce lipofilní povaze a nízké molekulové hmotnosti jsou schopny narušit buněčnou membránu, způsobit buněčnou smrt nebo inhibovat sporulaci a klíčení houby kazící potraviny [36].

Bylo zjištěno, že různé rostlinné a lidské patogenní houby, včetně kvasinek, jsou citlivé na esenciální oleje. Účinnost inhibice se liší podle cílových organismů a testovaného oleje. Například tři zástupci rodu *apiaceae* vykazují variabilní aktivitu proti *Candida albicans* s trendem koriandr > anýz > fenykl; s MIC 0,25%, 0,5% a 1%, v tomto pořadí. Obecně *Cymbopogon* sp. vykazuje slibné aktivity proti patogenním kvasinkám. Z různých esenciálních olejů byly jako nejslibnější proti *C. albicans* pozorovány skořice, citronová tráva, japonská máta, zázvorová tráva, pelargonie a hřebíček. Účinné koncentrace se pohybují od 0,01 do 0,15 % [6]. Bylo prokázáno, že patogeny jsou in vitro esenciálními oleji inhibovány, což zvyšuje zájem o jejich terapeutické nebo průmyslové použití [33]. Významnou antimykotickou aktivitu proti velké rozmanitosti patogenní flóry vykazují extrakty z éterických olejů z několika rostlin, jako je *bazalka*, *citrus*, *fenykl*, *citronová tráva*, *oregano*, *rozmarýn* a *tymián*. V poslední době se ukázalo, že *Eugenol* (těkavá olejová sloučenina z hřebíčku) způsobuje trvalé poškození buněk *C. albicans* a je považován za ekonomický fungicid [37].

### 1.3.5 Analgetické účinky

Bolest je nepříjemný pocit obvykle způsobený intenzivními nebo škodlivými podněty. Je to také definované jako nepříjemný smyslový nebo emoční zážitek spojený se skutečnou nebo potenciálně poškozenou tkání. Bolest je popisována jako vícerozměrná zkušenost s mnoha zúčastněnými složkami a má motivační, emoční, smyslově diskriminační, afektivní a kognitivní aspekty [38]. Jako lokální analgetikum působí například Mentol, který je přirozeně se vyskytující složka rostlinného původu a dává rostlinám typickou mátovou vůni a chuť. Menthol je přítomen v esenciálních olejích několika druhů rostlin máty, jako je máta peprná a je klasifikován jako lokální analgetikum, stejně tak působí například olej z hřebíčku, nebo rozmarýnový olej [3].

### 1.3.6 Fototoxické účinky

Fotosensitivita, nebo také fototoxicita, je citlivost na slunečné záření, bývá nazývána i jako fotokontaktní dermatitida. Fototoxicita je proces, ve kterém ultrafialové záření v kombinaci s konkrétní látkou způsobuje chemické anebo biologické změny. Některé éterické oleje obsahují furokumariny, speciální třídu složek, které mohou způsobit fototoxickou reakci kůže. Nejčastěji nalezený furokumarin (přírodní chemická složka vyvolávající fototoxicitu) v esenciálních olejích je bergapten a oxypeucedanin. Chemická struktura těchto molekul (a jejich metabolity), umožňuje vytvářet příčné vazby s DNA kožních buněk a činí naši kůži zvláště citlivou na UV záření. Během tohoto procesu se také vytvářejí volné radikály a singletový kyslík, které mohou poškodit buněčné membrány, organely a proteiny. Při vystavení slunečnímu světlu (které vyzařuje UV záření) může po lokální aplikaci např. světlicového oleje a citrusových éterických olejů pokožka dočasně ztmavnout, zčervenat anebo vykazovat jiné podráždění [39].

Fototoxické éterické oleje zahrnují řebříček a Angeliku, Neroli (pomerančový květ), Petit-grain (pomerančové listí), cedrové dřevo, rozmarýn, Kasie (skořice čínská), calamus (puškovec obecný), cade (jalovec), eukalyptus, pomeranč, citron, bergamont, anýz, hořké mandle a ylang ylang. Také byly nalezeny malé fototoxické účinky u kmínu, ale ty nejsou považovány za významné [1,21].

## 2 LEVANDULE

Levandule je kvetoucí, silně aromatický stálezelený keř s kopinatými listy, který roste až do výšky 1 m. Kvete fialově, růžově, purpurově nebo bíle (závisí na druhu).

Esenciální olej (asi 3 %) se nachází uvnitř olejové žlázy umístěné na povrchu květu kalichu. Fit chemická analýza levandule ukazuje na přítomnost četných monoterpů (cyneol, borneol, geraniol) a také organických kyselin, kumarinů, minerálních solí a taninů, které jsou zodpovědné za farmakologickou aktivitu levandule [40]. Levandule je díky svým vlastnostem jednou z nejčastěji pěstovaných rostlin na světě. Hlavní pěstitelské oblasti levandule jsou v Evropě, na Středním východě, v Asii a severní Africe. Taxonomie levandule je složitá kvůli rozmanitosti druhů. Levandule (lat. *Lavandula*) je aromatická léčivá rostlina z čeledi hluchavkovitých (*Lamiaceae*, dříve též *Labiatae* neboli pyskaté). Rod *Lavandula* zahrnuje asi 40 různých druhů a stovky odrůd a jejich kříženců. Tři nejčastěji pěstované druhy levandule jsou: *L. angustifolia* (levandule lékařská, s úzkými listy), *L. stoechas* (francouzská levandule), *L. latifolia* (levandule širokolistá). *Lavandula angustifolia* Mill. (dříve *L. officinalis*, nebo také *L. vera* DC.) je druh s nejvýznamnějším průmyslovým významem, protože z něj pochází esenciální olej. Esenciální olej levandule má jedinečnou biologickou aktivitu a výborné antimikrobiální vlastnosti [41]. Levandule nevykazuje žádné kontraindikace, kromě toho, že si na ni musí dát pozor osoby s nízkým tlakem, protože ho ještě více snižuje. V těhotenství, ani u malých dětí nevádí, je-li dodrženo poloviční dávkování, ale přesto je lepší používat jemnější lavandin, případně levandulový hydrolát. Levandule jinak nevykazuje ani toxické, ani dráždivé účinky. Je jedním z éterických olejů, které se mohou aplikovat přímo na kůži i do ran. U citlivých osob je doporučeno míchat éterický olej s nosným olejem [42,43].



Obr. 5. *Lavandula stoechas* Anouk



### 3 LEVANDULOVÝ ÉTERICKÝ OLEJ

Esenciální olej levandule (*Lavandula angustifolia*) se používá v celé řadě produktů v potravinářském, aromaterapeutickém, parfumérském a farmaceutickém průmyslu, díky svému jedinečnému chemickému složení, které propůjčuje jak aromatickou, tak biologickou aktivitu. Levandulový olej obsahuje více než sto složek, přičemž převládají linalool, linalyl acetát, lavandulyl acetát, kafr a 1,8-cineol (Eukalyptol). Půvabná vůně levandulového oleje je vhodná pro použití v parfémeh, kolínských přípravcích, mýdlech, sprchových gelech, šamponech, nebo také v tělovém mléku, pleťovém mléku a dalších kosmetických prostředcích. Používá se také při výrobě potravin jako přírodní aromatická látka pro nápoje, bonbóny a žvýkačky. Aromaterapie a alternativní medicína v poslední době často zahrnují použití levandulového éterického oleje, protože má klinický přínos pro centrální nervový systém. Levandulový éterický olej má navíc ve farmaceutických aplikacích komerční význam pro své terapeutické vlastnosti, jako je antikonvulzivní, antiseptická, protizánětlivá, antidepressivní, antivirová a antibakteriální aktivita [41,44].

#### 3.1 Definice levandulového oleje

Mezinárodní organizace pro standardizaci (ISO) definuje esenciální olej z francouzské levandule jako: „Olej získaný destilací vodní parou z čerstvě nasbíraných levandulových květů rostliny *Lavandula angustifolia* vypěstované nebo kultivované na území Francie.“ (ISO 3515). Požadavky na složení jsou shrnuty v tabulce (Tab. 2.). Dále pak musí být splněna hodnota optické otáčivosti v rozmezí od  $-11^\circ$  do  $-7^\circ$  [43].

Tab. 2. Požadavky na procentuální složení levandulového esenciálního oleje dle normy ISO 3515:2001 [45]

Složka	Min. (%)	Max. (%)
Linalyl acetát	25,0	47,0
Linalool	–	45,0
Cis- $\beta$ -Ocimen	–	10,0
Lavandulyl acetát	–	8,0
Terpinen-4-ol	–	8,0
Trans- $\beta$ -Ocimen	–	6,0
3-Octanone	–	5,0
Eukalyptol	–	3,0
Lavandulol	–	3,0
$\alpha$ -Terpineol	–	2,0
Kafr	–	1,5
Limonen	–	1,0
$\beta$ -Phellandrene	–	1,0

### 3.2 Historické využití levandulového oleje

Obecný název „levandule“ pochází z dávných dob a vychází z latinského slovesa „lavare“ což znamená umývat se, koupat se. Levandule a její terapeutické vlastnosti jsou využívány již po více než 2500 let v kulinářství, kosmetice i lidové medicíně. Měli ji v úctě staří Řekové, Římané, Egypťané, Arabové a najdeme ji také v receptech ajurvedy. Podle Římanů nejenom aromatické, ale také antiseptické vlastnosti byly důležité. Římané totiž levanduli používali v lázních k parfemování jejich koupelí a také k dezinfekci vody. Ve středověku se levandule rozsypávala v domech a kostelích, vycpávaly se jí polštáře a používala se pro výrobu vonných sáčků, což se prakticky dělá dodnes. Během morových epidemií v Anglii lidé nosili levandulové snítky na zápěstích a kotnících, aby se chránili před nákazou. Levandule totiž odpuzuje blechy, které tuto nemoc přenášely. Levandule čistí vzduch v domě, mírní bolesti hlavy a navozuje klidný spánek. Používala se také proti textilním škůdcům. Analgetické účinky levandule ověřil roku 1910 při výbuchu ve své laboratoři francouzský chemik Dr. René-Maurice Gattefossé. Při incidentu utrpěl vážné popáleniny a použil na ně levanduli. Konstatoval, že výrazně snižuje bolest a zlepšuje hojení, které vede k eliminaci viditelnosti jizev. Levandule se používala také za války, aby se zmírnila a znečitlivěla zranění vojáků. Dnes se jako konzervační a regenerační prostředek pokožky v kosmetickém průmyslu stále hojně používá [41,42,43].

### 3.3 Chemické složení levandulového oleje

Levandulový olej je bezbarvá, nebo světle žlutá kapalina s charakteristickým zápachem. Levandulový olej má velmi svěží, lehce kafrovou, bylinnou vůni. Obvykle se získává pomocí destilace čerstvých nebo sušených špiček kvetoucích rostlin vodní parou. Hlavními aktivními složky levandulového oleje jsou: **linalool (0–45 %)** a **linalyl acetát (25 až 47 %)**. Vysoký obsah těchto složek určuje kvalitu oleje. Obsah dalších složek by měl být v následujícím rozsahu: *limonen* (<1 %), *eukalyptol* (<3 %), *kafr* (<1,5 %), *terpinen-4-ol* (<8 %), *lavandulol* (<3 %), *lavandulyl acetát* (<8 %) a *α-Terpineol* (<2 %). Další složky nalezené v levanduli zahrnují: *cis-β-ocimen*, *β-karyofylen*, *eukalyptol* a malá množství *geraniolu*, *β-pinenu*, *geranylacetátu* a *neryl acetátu* [40,46,47].

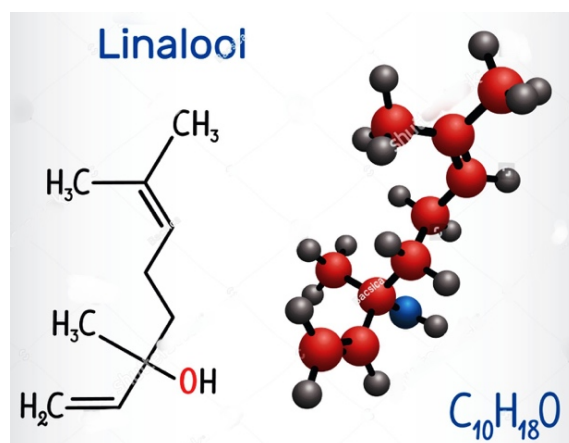
Kvůli nevyčíslitelnému vlivu na vůni by levandulový olej neměl obsahovat příliš mnoho ocimenů, cineolů, kafrů nebo terpin-4-olů [46]. Levandulový éterický olej se získává především destilací parou z kvetoucích vrcholů *Lavandula angustifolia*. Moderní analytické metody, jako je kapilární plynová chromatografie, prokázaly, že levandulový olej obsahuje více než 160 složek, z nichž mnohé interagují synergicky a přispívají tak k jeho hojivým účinkům. Relativní množství bioaktivních složek se může výrazně lišit od oleje levandule k druhému. Evropský lékopis zahrnuje limity nebo rozmezí obsahu převládajících složek. Konkrétně oleje s vysokými koncentracemi esterů a nízkými koncentracemi cineolu a dalších minoritních složek se obecně považují za vysoce kvalitní, protože tyto parametry naznačují, že byl použit šetrný a pečlivý výrobní proces a že byly použity vysoce kvalitní suroviny. Vysoce kvalitní levandulový extrakt by v ideálním případě přesahoval specifikace se zvýšeným obsahem linalyl acetátu (ideálně 33–45 %) a lavandulyl acetátu ( $\geq 1,5$  %) a nižší mezí obsahu cineolu (< 2 %) [45,46,47].

#### 3.3.1 Linalool

Linalool (3,7-Dimethyl-1,6-octadien-3-ol) je nenasycený monoterpenový alkohol se specifickým zápachem. Je to lehce viskózní bezbarvá kapalina s teplotou varu 195 až 199 °C. Je přítomný v éterických olejích různých aromatických rostlin, jako je především levandule, palisandr a bergamot. Linalool je jedním z nejběžnějších vonných materiálů nachází se v přírodě a vyskytuje se ve více než 200 rostlinnými druhy, hlavně z čeledi hluchavkovitých (máty, vonné byliny), vavřínovité (vavříny, skořice, růžové dřevo) a routovité (citrusy), ale

také břízami a dalšími rostlinami [10,21,48,49]. Linalool vykazuje několik farmakologických aktivit včetně protizánětlivých, anxiolytických, antikonvulzivních a antinociceptivních. Linalool je přírodní látka, která se široce používá v kosmetice, zejména v parfumérském, jakož i ve farmaceutickém a potravinářském průmyslu [48,49].

Linalool existuje ve dvou enantiomerních formách, S - (+) – a R - (–) - linalool, které se liší svou hodnotou čichových a fyziologických vlastností. R - (–) - Linalool (Licareol) má vůni připomínající levanduli, zatímco S - (+) - linalool (Coriandrol) má spíše petitgrainovou vůni. Linalool může být izolován z éterických olejů biosyntézou linaloolu rostlin. Lze jej průmyslově vyrábět hemisyntézou z přírodního pinenu nebo celkovou chemickou syntézou. Izolace linaloolu jako jediné sloučeniny ze směsi éterických olejů může být dosaženo pomocí různých chromatografických technik, jako je například sloupcová chromatografie nebo frakční destilace. Aplikace linaloolu se neomezují na pouhé přidání nebo zvýšení specifické vůně do výrobků pro domácnosti, jako jsou mýdla, detergenty a šampony. Linalool také hraje důležitou roli v přírodě jako klíčová sloučenina v opylení různých druhů rostlin, k zajištění reprodukce a přežití. Linalool představuje také významnou sloučeninu pro průmyslovou výrobu různých vonných chemikálií, jako je geraniol, nerol, citral a jeho deriváty [49].



Obr. 6. Strukturální chemický vzorec a model molekuly linaloolu [50].

### 3.3.2 Linalyl acetát

Linalyl acetát, nebo také linalool acetát, linalylester kyseliny octové. Systematický název: 2,6-Dimethyl-2,7-oktadien-6-ylethanoát. Je to bezbarvá kapalina s bodem varu 220 °C. Představuje také jednu z hlavních složek éterických olejů z bergamontu a levandule, dále také jasmínu, pomeranče, Neroli (Pomerančovník čínský) a petitgrainového oleje. Zápach linalyl acetátu je popsán jako květinový, sladký, ovocný, připomínající bergamotový olej. Linalyl acetát vykazuje narkotický účinek a hraje také důležitou roli v protizánětlivé aktivitě [10,21].

## 3.4 Biologické účinky levandulového oleje

Levandulový olej je známý především pro jeho antibakteriální, antimykotické, keratinizační, antiplatulenční a sedativní vlastnosti. Používá se k dezinfekci kůže a pokožky hlavy, k léčbě popálenin, kousnutí hmyzem a mnoho dalších. Kromě jeho různých aktivních účinků, byla prokázána i jeho antimikrobiální aktivita, zejména v situacích, kdy infekce jsou rezistentní na antibiotika a další léky. Bylo také prokázáno, že jak olej, tak i olejové páry mají antimykotickou aktivitu. Aromaterapeutická role levandulového oleje aplikovaného v kosmetice je nepopiratelná [40].

### 3.4.1 Antimikrobiální účinky levandulového oleje

Levandulový olej vykazuje značnou antibakteriální aktivitu. Obsahuje několik antimikrobiálních látek, jako je eukalyptol, linalool, terpinen-4-ol a -terpineol. Mezi nimi byl prokázán, že linalool je nejsilnější aktivní složkou proti široké škále mikroorganismů [41].

V dermatologii lze levandulový olej použít k léčbě vředů, popálenin a zjizvení, které je obtížné léčit. Stojí za zmínku, že esenciální olej *Lavandule angustifolia* Mill. má silný antiseptický účinek proti kmenům rezistentním na antibiotika, např. *Staphylococcus aureus* (MRSA), rezistentním na kmeny *Enterococcus* sp. rezistentní na methicilin nebo vancomycin. (VRE). Levandulový esenciální olej je také aktivní proti kmeni *E. coli* J53 R1 rezistentnímu na piperacilin. Esenciální olej způsobil citlivost kmene na toto antibiotikum

změnou propustnosti vnější membrány, jak bylo prokázáno sníženou bioluminiscencí. Rovněž byla testována aktivita levandulového oleje proti 24 kmenům *L. monocytogenes*.

Levandule také má antifungální vlastnosti, např. proti *Aspergillus niger*, *A. ochraceus* a *Fusarium culmorum* [46,51].

### 3.4.2 Antioxidační účinky levandulového oleje

Jednou z nejdůležitějších vlastností levandulového éterického oleje je jeho antioxidační aktivita, která přitahuje zájem mnoha vědců. Levandulový olej se používá při zpracování potravin nejen jako aromatická složka, ale také jako antioxidant k ochraně potravinářských výrobků před oxidačním žluknutím, ztrátou labilních sloučenin a tvorbou nežádoucích příchutí. Aktivní antioxidační složky levandule představují: 1,8-cineol, limonen, kyselina ferulová, kyselina rosmarinová, kyselina *p*-kumarová, kyselina kávová, kvercetin a apigenin. V současné době je většina antioxidantů používaných v potravinářských výrobcích syntetického původu. S rostoucím skepticismem spotřebitelů vůči umělým potravinářským přídatným látkám vzrůstá poptávka potravinářského průmyslu po přírodních antioxidantech [44].

### 3.4.3 Analgetické a sedativní účinky levandulového oleje

Levandulový olej je známý jako jeden z nejúčinnějších éterických olejů pro zmírnění úzkostných poruch a je považován za dostupnou a bezpečnou alternativu ve srovnání s antipsychotickými léčivy (např. alprazolam, lorazepam a diazepam). Bylo zjištěno, že jedna ze složek levandulového oleje, linalool, má inhibiční účinek na limbický systém a autonomní neurotransmise, což nakonec vede ke snížení krevního tlaku. Tento systémový účinek je spojen s receptory kyseliny gama-aminomáselné (GABA-A), o kterých je známo, že hrají důležitou roli při snižování hladin úzkosti [52]. Hlavní terpenoidní složky levandulového oleje linalool a linanyl acetát, jsou lipofilní a podobné terpeny potlačují akční potenciál buněk, možnou přímou stérickou interakcí s buněčnými membránami, čímž se zvyšuje jejich objem a tím se zpomaluje přítok iontů vápníku a snížení propustnosti iontů sodíku. Takové potlačení elektrické aktivity buněk naznačuje možnost mírného sedativního nebo anestetického účinku. Výše uvedené sedativní účinky levandule naznačují, že by mohla nabídnout méně invazivní, a úspornější, prostředky ke zlepšení spánku a snížení stresu a úzkosti než současné léky a bez jejich vedlejších účinků [43].

### 3.5 Výroba levandulového oleje

V rodu *Lavandula* existují dva druhy rostlin a jeden hybrid, který produkuje aromatické oleje zajímavé pro parfumérský průmysl. Ve všech třech skupinách je mnoho tisíc různých genotypů poskytující jednotlivé oleje, které se velmi liší komerční hodnotou. Olej je vylučován malými kulovitými žlázkami mezi žebírky květních kalichů. Stopy nezralého oleje mohou být v rostlině obsaženy, byť v jiných částech. Pro využití oleje v parfumerii je poměrně důležité, aby byl olej z květů, které jsou již zralé (v tomto případě totiž má požadované složení). Tedy, v případě že jsou květy rostliny zralé, neovlivní stopy nezralého oleje z ostatních rostlinných částí kvalitu oleje. Pokud ale květy dostatečně zralé nejsou, tak je šance, že mohou přispět k nežádoucímu „zelenému“ nádechu oleje. Tyto oleje levandulového typu mohou být extrahovány z květů pomocí destilace vodní parou [43].

#### 3.5.1 Sběr levandule pro destilaci

Levandule je připravena na sběr v okamžiku, kdy květenství pomalu odkvétají, jsou nejvoňavější a k přípravě éterického oleje nejvhodnější (mezi červencem a srpnem). Polovina kvítků na průměrném klásku by měla být zvadlých. Květy sbírané dříve obsahují více tekutiny a potřebují nejprve na slunci ovadnout, aby tak dosáhly plného potenciálu ve výnosu a kvalitě oleje, který je možné získat jednoduchým destilačním procesem. S květenstvím by měla být sbírána i část bezlistého stonku, jehož délka by se měla pohybovat kolem 6 až 10 cm. Stonky totiž napomáhají rovnoměrnému rozložení páry během destilace v celém objemu rostlinné náplně.

Tradičně se používaly ke sběru především srpy a květy, které byly seseknuté se nechávaly ležet na rostlině, aby ovadly přímo na ní. K jejich sběru došlo vždy až tehdy, kdy dostatečně zvadly. Následně došlo k jejich nanesení do palírny, kde se ručně vložily do destilační nádoby. Moderní sběrné stroje fungují jinak, skládají seřezané květy do speciálních nádob na přívěsech, které zároveň slouží také jako nádoby na destilaci. Sekundární sběr a přenášení květů do palírny se proto stalo již nadále zbytečným, a pokud strojový sběr naruší při sběru mnoho žlázek s olejem, byl by i prodělečný, neboť olej vystavený otevřenému prostoru by na teplém vzduchu velmi rychle vypařil do okolí.

Je tedy patrné, že rostliny musí být plně zralé a připravené na sběr mechanickým způsobem ještě před jeho zahájením, poněvadž nemají možnost následně tzv. „dojít“ na slunci. V případě velkých sběrných zásobníků, a pokud je palírna schopna držet krok s postupem sběru, je možné začít se sběrem o něco později, ale zároveň destilaci dokončit ještě i dříve, než v případě tradičního postupu. Nezbytná je při tom zdařile synchronizovaná mechanizace celého procesu [43].

### 3.5.2 Destilace

Dříve měly destilační nádoby válcovitý tvar s mřížkou umístěnou přibližně 150 mm nad uzavřeným dnem, na němž ležely byliny. Takto byla vytvořena komora vyrovnávající tlak přiváděné páry, která tak mohla rovnoměrně vstupovat do náplně a zároveň přívod páry mohl být veden z vedlejšího bojleru.

Některé moderní systémy stále zachovaly princip tvarově válcovité nádoby a sítě, ale ve značně vylepšené podobě. V případě jiných došlo k inspiraci od amerického průmyslového zpracování máty, kde se dochází k využití velké obdélníkové nádrže s řadami parovodních trysek na dně. Výška pracovního prostoru nad sítí respektive uzavřeným dnem, tedy výška vrstvy květů a stonků, by měla být alespoň 1,3 m. Vodní pára pak musí stoupat přes povrch bylin, aby následně došlo k vyloučení ekonomicky výnosného množství získaného oleje. Je důležité také zajistit dostatečnou výšku náplně k zamezení tvorby velmi tenké olejové vrstvy na vodných částicích. Tyto částice opouštějí komoru pro destilaci a jsou zlikvidovány spolu s olejem. Průměr nádoby závisí zejména na velikosti použitého bojleru. Plocha, kterou zásobuje tryska párou, produkující okolo 3 kg páry za minutu, by měla mít tak asi 1 m<sup>2</sup>. Pokud je možné to prakticky realizovat, tak by měly být použité byliny šetrně stlačeny na hustotu přibližně 275 kg/m<sup>3</sup>. Nezbytné je dodržet, aby rostliny byly dostatečně natěsnány na stěnu destilační nádoby. Destilační nádobu nahoře uzavírá víko, které je parotěsné a které je často opatřeno odpouštěcím ventilem. Proud páry je po uzavření nádoby vpouštěn dnem nádrže právě tak, aby pára prostupovala skrz náplň vzhůru. Směrem ode dna pára kondenzuje na povrchu bylin a předává jim tak své teplo. Postupně ve vrstvách narůstá teplota až k bodu varu. Když odpovídající teploty dosáhne i nejvyšší vrstva v kontejneru, proudící pára způsobí vypařování oleje vyloučeného na povrchu rostlinného materiálu určeného k destilaci. Postupující pára je ze zásady směsí výparů oleje a vody. Tato směs je z horní části destilační nádoby vedena do další části přístroje - kondenzátoru. Zde jsou procesem získané páry převedeny zpět do fáze kapalné. Olej a voda jsou vzájemně nemísitelné kapaliny a jsou od sebe



odděleny na základě odlišných hodnot hustoty. Viskóznější olej s nižší hustotou se tlačí směrem nahoru k hladině, zatímco o něco více hustější voda padá ke dnu nádoby. Během separace je nutné regulovat množství přitékající kapaliny, aby olejové kapky nebyly silným proudem nežádoucím způsobem strženy spolu s vodou do špatného vývodu a předešlo se tak případným nežádoucím ztrátám.

Rozhodující je, že pára způsobuje vypaření oleje a je tedy nezbytné zajistit, aby olej z rostlin unikl pouze během destilace v nádrži.

Destilace levandulového oleje probíhá za přibližně atmosférického tlaku, který je zhruba roven tlaku vzduchu u hladiny moře a ten odpovídá tlaku vyvolanému sloupcem rtuti vysokým 760 mm. Tlak je tedy roven 760 mm Hg nebo 1 atm. Při teplotě 99,6 °C se linalyl acetát projevuje tlakem par 12 mm Hg a vodní páry tlakem 748 mm Hg. Tato směs tedy působí tlakem 760 mm Hg a bude tím pádem vřít pod teplotou varu vody za normálního tlaku. Linalyl acetát sám o sobě vře při 220 °C s tendencí se zároveň již i rozkládat. V přítomnosti vodní páry může být linalyl acetát i další složky esenciálního oleje však vypařeny za poměrně nižších teplot, než je teplota varu vody.

Extrahování esenciálních olejů z rostlin pomocí destilace vodní parou se zakládá na kontaktu oleje a vody při teplotě blízké k bodu varu vody. Tehdy i nízký přídavek parciálního tlaku výparů oleje vede k vyrovnání celkového parciálního tlaku směsi s okolním tlakem. Olej a voda se následně odpaří z rostlinného materiálu bez ohledu na množství tepla, jaké může být do systému dodáváno [43].

V současné době je levandulový éterický olej primárně vyráběn z květů levandule konvenčními způsoby extrakce, jmenovitě hydrodestilací, destilací vodní parou a extrakcí rozpouštědlem. Takové metody jsou jednoduché, levné a snadno ovladatelné. Omezením destilačních technik je však degradace tepelně labilních sloučenin v důsledku vysoké provozní teploty, hydrolýzy sloučenin citlivých na vodu, neúplné extrakce a požadavku na následnou extrakci pro odstranění vody. Extrakce rozpouštědlem je spojena s hlavní nevýhodou zbytkového rozpouštědla v extraktech. Alternativní techniku pro extrakci esenciálního oleje z květů levandule představuje Superkritická fluidní extrakce (SFE), protože to má několik výhod oproti konvenčním metodám extrakce [44].

### 3.6 Falšování levandulového oleje

Esenciální olej levandule bývá často falšován jinými oleji, nebo některými frakcemi odvozenými z rostlin obsahujících linalool a linalyl acetát, nebo syntetickými složkami. Padělání se provádí za účelem zvýšení objemu oleje, ušetření nákladů. Mezi nepoctivé složky patří: acetylovaný lavandin, syntetický linalool a linalyl acetát, oleje z růžového dřeva, terpinylpropionát, isobornyl acetát, terpineol, frakce rozmarýnu, lavandin atd. [43,51].

Obecně všechny esenciální oleje patří do skupiny látek, která je velmi často vystavena padělání. Ceny přírodních olejů bývají zpravidla vyšší, než ceny syntetických olejů. Bohužel, ale ani vysoká cena není zárukou kvalitního éterického oleje.

Některé éterické oleje prodávané na internetu jsou označeny jako „čisté“, „přírodní“ nebo „100% přírodní“. Podle normy ISO/TC 54 standardní éterické oleje musí být obecně přírodní a čisté, takže takové štítky jsou zbytečné a nikoli zaručují dobrou kvalitu oleje. Falšování, znečištění, nesprávná produkce oleje a stárnutí jsou důsledky nízkokvalitních olejů. Nejběžnější důvody padělání éterických olejů je pro finanční účely. K padělání takových olejů může být dosaženo přidáním levnějších éterických olejů ze stejné rostliny, ale z jiné země, nebo také přidáním levných syntetických sloučenin (identických s přírodními) izolovaných z ostatních olejů. Dále mohou být do olejů přidány jednotlivé syntetické látky, nebo se může mísit s levnějšími éterickými oleji ze stejné rostliny odebranými z jiné části rostliny. Padělané a cenově „výhodnější“ silice jsou naopak velmi nedobrou investicí, protože se při jejich používání může objevit velmi nepříjemný problém, ne-li více problémů. Nekvalitní oleje zvyšují pravděpodobnost nepříznivé reakce našeho organismu.

K ověření čistoty éterického oleje lze provést mnoho testů. Všechny nezbytné analýzy oleje a jejich směsi ve srovnání se standardním profilem éterických olejů jsou velmi důležité [52].

### 3.7 Analýza éterických olejů

Terapeutické a vonné vlastnosti éterických olejů přímo souvisí s jejich kvalitativním a kvantitativním složením. Přítomnost některých falzifikací nebo artefaktů často vede ke změně vlastností, zejména terapeutických, které jsou výsledkem synergických účinků všech složek. Existují případy, kdy éterické oleje obsahují složky s nepříznivými vlastnostmi, které jsou pod kontrolou US Food and Drug Administration (FDA), nebo Komise Evropské

rady. Esenciální oleje se navíc v aromaterapii hojně používají, takže je zřejmé, že je naprosto nezbytné znát jejich přesné složení [54].

Většina metod používaných při analýze éterických olejů se opírá o chromatografické postupy, které umožňují separaci a identifikaci složek. Pro spolehlivou identifikaci jsou však vyžadovány další konfirmační důkazy, které zamezí jednoznačným charakterizacím. Primárním cílem každé chromatografické separace je vždy úplné rozlišení sledovaných sloučenin v minimálním čase. K dosažení tohoto úkolu je třeba použít nejvhodnější analytickou kolonu (rozměr a typ stacionární fáze) a pro omezení jevů rozšíření píku musí být použity odpovídající chromatografické parametry. Dobrá znalost chromatografické teorie má skutečně velký potenciál, jak pro proces optimalizace metod, tak pro vývoj inovativních technik [1]. K detekci například ředících rozpouštědel lze použít běžnou plynovou chromatografii (GC); s nebo bez hmotnostní spektrometrie (MS) nebo jiných identifikačních zařízení, jako je infračervená spektrometrie (IR). Syntetické falšování linaloolem anebo linalyl acetátem může být často detekována přítomností dehydrolinaloolu, dihydrolinaloolu, dehydrolinalyl acetátu a dihydrolinalyl acetátu, ale detekce byla zdokonalena použitím enantiomeru (chirální kolony), složené převážně z  $\alpha$ -cyklodextrinové fáze. Vhodná analýza složek v éterickém oleji je jednou z nejnáročnějších, nejdůležitějších a zároveň i nejdražších aspektů zajištění kvality [50]. Obecně je těkavá frakce esenciálního oleje analyzována pomocí GC, zatímco netěkavá kapalinovou chromatografií (LC) [1].

### *3.7.1.1 Analýza plynovou chromatografií a hmotnostní spektrometrie (GC / MS)*

V plynové chromatografii (GC) se odpařuje esenciální olej a prochází dlouhým sloupcem, aby se olej oddělil do jednotlivých složek. Každá složka prochází sloupcem různou rychlostí v závislosti na své molekulární hmotnosti a chemických vlastnostech a je měřena. Pomocí této zkušební metody analytici kontroly kvality určují, které sloučeniny jsou přítomny ve zkušebním vzorku. Metoda plynové chromatografie se používá téměř výhradně pro kvalitativní analýzu těkavých látek [1,54].

Na výstupu z chromatografické kolony se analyty objevují odděleně v čase. Analyty se poté detekují a zaznamená se signál generující chromatogram, což je signál versus čas, graficky a ideálně s vrcholy představujícími Gaussovu distribuční křivku. Plocha a výška píku jsou funkcí množství přítomné rozpuštěné látky a její šířka je funkcí rozprostření pásu sloupce,

zatímco retenční čas může souviset s identitou solutu. Informace obsažené na chromatogramu lze tedy použít pro kvalitativní a kvantitativní analýzu. Jako primární kritérium pro identifikaci píků, představují retenční časy. Bez předběžných údajů týkajících se retenčních časů sloučenin je identifikace prakticky nemožná. I když je retenční doba pro určitou sloučeninu dobře známa, je možné, že může být eluována současně s jinými sloučeninami ve vzorku [1,54].

Při hmotnostní spektrometrii (MS) jsou složky předem oddělené plynovou chromatografií ionizovány a posílány přes řadu magnetických polí. Pomocí molekulární hmotnosti a náboje lze určit množství a procentuální zastoupení každé složky a případnou kontaminaci oleje cizorodými látkami. Hmotnostní spektrometr použitý jako chromatografický detektor nabízí další údaje pro identifikaci separovaných sloučenin. Jak se dostupnost plynové chromatografie-hmotnostní spektrometrie (GC-MS) zvýšila, velké množství vědců využívá hmotnostní spektra (MS) pro identifikaci píků. Nejčastější metodou identifikace je porovnání zaznamenaných spekter s MS knihovnou. Počítač snižuje čas potřebný pro srovnání, i když knihovna obsahuje stovky tisíc spekter. Široká paleta MS v knihovnách, zaznamenaná za různých podmínek, může z hlediska chemické struktury umožnit s dostatečnou přesností předpovědět identitu určitých píků izomerů nebo podobných látek [54].

### ***3.7.1.2 Infračervená spektroskopie s Fourierovou transformací (FTIR)***

FTIR je zkratka z angl. Fourier transform infrared spectroscopy označující spektroskopickou techniku. FTIR je prováděna za účelem zajištění účinnosti a konzistentní kvality dávky esenciálního oleje. Tato zkušební metoda identifikuje strukturální složky esenciálních olejových sloučenin. Metoda je založena na absorpci infračerveného záření při průchodu vzorkem, při které proběhnou změny rotačně vibračních energetických stavů molekuly v závislosti na změnách dipólového momentu molekuly. Výsledné infračervené spektrum je funkční závislostí energie, většinou vyjádřené v procentech transmitance nebo jednotkách absorbance na vlnové délce dopadajícího záření. Kvalita vzorku je určena porovnáním výsledků ze čtení FTIR s historickou databází modelů vysoce kvalitních vzorků [55].

### 3.8 Další způsoby využití levandule

Dnes se levandulový olej používá především ve výrobcích, jako jsou kosmetika, parfémy, mýdla atd., ale také v domácnostech dochází k návratu použití samotné sušené rostliny levandule do výrobků, jako jsou bylinné polštáře a vonné levandulové sáčky apod. [1,51].

#### 3.8.1 Přírodní dochucovadla

Levandulový olej se využívá v potravinářském průmyslu jako dochucovadlo nealkoholických a alkoholických nápojů, cukrovinek, mražených mléčných produktů, želatin a pudinků. Za velkou lahůdku je považována také levandulová zmrzlina anebo levandulový med [43].

#### 3.8.2 Veterinární přípravky

Levandulový olej je součástí některých veterinárních šamponů a dalších produktů jako repelent proti hmyzu, zvláště proti blechám [43].

#### 3.8.3 Repelentní přípravky

Levandulový olej se také používá jako přírodní repelent odpuzující mouchy, komáry a jiný hmyz [43,51].

#### 3.8.4 Kosmetické přípravky a parfémy

Levandule se hojně používá v kosmetice a parfumerství. Přidává se do šamponů, je šetrná k pokožce hlavy, pomáhá proti lupům a plísním, uklidňuje svědivost, vyživuje buněčnou strukturu, podporuje růst vlasů, zvyšuje sílu vlasových folikul a snižuje vypadávání vlasů. Levandule se přidává do výrobků osobní hygieny i plet'ové péče. Je výborná obzvláště pro problematickou pokožku, trpící ekzémy, psoriázou, dermatitidou a akné [42,53].

### 3.8.5 Aromaterapie

Aromaterapie je považována za terapeuticky účinnou léčbu pomocí vůní. Jedná se o druh alternativní medicíny, která vychází z pozitivních dopadů éterických olejů na lidské tělo a psychiku. Aromaterapie je jedna z nejpříjemnějších metod k obnovení tělesné i duševní harmonie a lze ji provádět pomocí masáží, koupelí nebo inhalací. Inhalování těkavých sloučenin působí prostřednictvím limbického systému, zejména amygdala a hipokampus. Bylo zjištěno, že vdechování esenciálního oleje z levandule může měnit pacientovo náladu a zlepšuje spánek. Aplikace levandulového oleje (Jager a kol., 1992) poskytla některé důkazy pro aromaterapeutické použití levandule. Její dezinfekční a hojivé účinky dokáží vyléčit ložisko problému a navíc se postarají o to, aby jizva, která vznikne, nebyla tak viditelná. Levandule snižuje produkci kožního mazu, léčí zánětlivé reakce a bojuje proti kožním plísním, lze ji použít na odřeniny, popáleniny i po bodnutí hmyzem. Pokud se říznete a do místa rány následně kápnete levandulový olej, okamžitě zastavuje krvácení a zaceluje ránu. Na rozdíl od mnoha jiných éterických olejů používaných v aromaterapii se levandulový olej často nanáší na kůži nezředěný [42,51].

### 3.8.6 Léčivé čaje, lihové extrakty, tinktury, masti, nálevy a výluhy

Levandule také nachází velké uplatnění ve farmaceutickém průmyslu, kde je součástí běžných farmak, antiseptik, přípravků pro zubní lékařství, lihových extraktů nebo tinktur, mastí, nálevů a výluhů s mnoha léčivými účinky. Ty se pak používají například k léčbě kožních poruch, včetně ran, popálenin a vředů. Z levandule se získávají další různé produkty, jako jsou léčivé čaje, které mají zklidňující účinky, odstraňují poruchy spaní, zmírňují migrénu a bolesti hlavy, léčí žaludeční křeče a jsou účinné proti nadýmání a při poruchách trávení [53,56].

### 3.8.7 Vonné svíčky, bylinné polštáře, vonné levandulové sáčky

Velmi populární využití levandule je v podobě vonných svíček, které v nás vyvolávají pocit pohody a příjemné atmosféry. Světlo, teplo, ale i barva a vůně svíček na nás působí veskrze pozitivně, uklidňuje a může mít dokonce i léčivé účinky. Další oblíbené využití levandule je do bylinných polštářů. Bylinné polštáře byly používány jako pomůcka ke spaní po stovky let, ale staly se staromódními a poté byly znovuobjeveny v Anglii díky příchodu aromaterapie a znovuobjevení sedativních vlastností levandule. Za zmínku stojí i dnes oblíbené levandulové vonné sáčky, které byly použity v minulých stoletích a byly ještě populárnější ve viktoriánské éře. Sáčky byly vyrobeny jednoduše z kousků bavlny, kulaté nebo čtvercové, naplnily se sušenými levandulovými květy a svázaly stuhou. Tyto sáčky byly používány a stále se používají k odpuzování nežádoucího hmyzu, provonění šatníku nebo se pokládají v blízkosti hlavy pro snazší usínání, kdy je možno kombinovat větší množství uklidňujících bylin ve směsi [43,51].

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**



## 4 POUŽITÉ PŘÍSTOJE, VYBAVENÍ, CHEMIKÁLIE A VZORKY

### 4.1 Přístroje a vybavení

- Plynový chromatograf, DANI Master GC Fast Gas Chromatograph
- Refraktometr, Kruss AR4
- Hustoměr, Anton Paar DMA 5000 M
- Běžné laboratorní sklo a vybavení
- Automatické pipety
- Mikrostříkačka Hamilton
- Vialky

### 4.2 Chemikálie a vzorky

- esenciální olej Bio Levandule
- esenciální olej Levandule
- esenciální olej Levandule extra
- esenciální olej Bulgary Lavender
- esenciální olej Kashmir Lavender
- esenciální olej Lavender
- esenciální olej Lavender Raw (CO<sub>2</sub>)
- esenciální olej Levandule
- esenciální olej Levandule extra
- Levandulová silice Bio
- Methanol



Obr. 7. Analyzované vzorky levandulových olejů

Tab. 3. Popis analyzovaných vzorků

Číslo vzorku	Název esenciálního oleje	Druh levandule	Výrobce	Místo původu
1.	Bio Levandule	<i>Lavandula angustifolia</i>	Nobilis Tilia	Francie
2.	Levandule	<i>Lavandula angustifolia</i>	Nobilis Tilia	Francie
3.	Levandule extra	<i>Lavandula angustifolia</i>	Cosmetics Atok	Francie
4.	Bulgary Lavender	<i>Lavandula angustifolia</i>	Bewit	Bulharsko
5.	Kashmir Lavender	<i>Lavandula angustifolia</i>	Bewit	Indie
6.	Lavender	<i>Lavandula angustifolia</i>	Bewit	Albánie
7.	Lavender Raw (CO <sub>2</sub> )	<i>Lavandula angustifolia</i>	Bewit	Indie
8.	Levandule	<i>Lavandula angustifolia</i>	Salus	Francie - Provence
9.	Levandule extra	<i>Lavandula angustifolia</i>	Salus	Francie
10.	Levandulová sílice Bio	<i>Lavandula angustifolia</i>	SynCare	Francie

## 5 METODIKA

V experimentální části diplomové práce bylo stanoveno 10 vybraných vzorků esenciálních olejů levandule, u kterých byla stanovena jejich hustota, index lomu a byla provedena celková analýza jednotlivých složek pomocí plynové chromatografie.

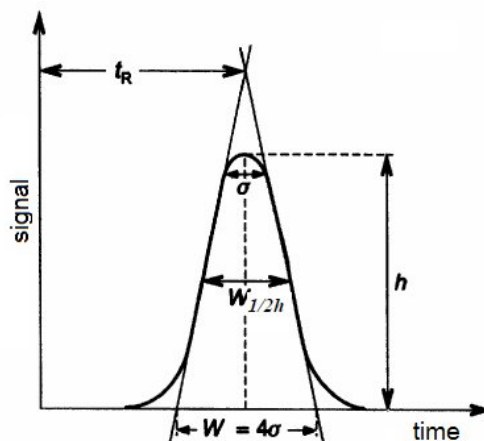
### 5.1 Chromatografická analýza vybraných esenciálních olejů

#### 5.1.1 Plynová Chromatografie (GC)

Plynová chromatografie je metoda určená k dělení a stanovení plynů, kapalin i pevných látek s bodem varu do cca 400 °C. Metoda je založena na rozdělování složek mezi dvě fáze, fází pohyblivou - mobilní a fází nepohyblivou - stacionární. V plynové chromatografii je mobilní fází plyn, nazývaný nosný plyn. Stacionární fáze je umístěna v chromatografické koloně. Stacionární fáze u náplňových kolon může být pevná látka (aktivní uhlí, silikagel, oxid hliníkový, polymerní sorbenty apod.) nebo vysokovroucí kapalina nanosená v tenké vrstvě na pevném, inertním nosiči. U kapilárních kolon je stacionární fáze nanosená v tenké vrstvě přímo na upravenou vnitřní stěnu křemenné kapiláry.

Principem separace látek plynovou chromatografií je že, kolonou se stacionární fází prochází stále nosný plyn. Vzorek se vnese (nastříkne) do vyhřívaného bloku – nástřikové komory (injektoru), kde se odpaří a ve formě par je unášen nosným plynem do kolony. Složky ze vzorku se sorbují na začátku kolony ve stacionární fází a pak desorbují čerstvým přicházejícím nosným plynem. Nosný plyn unáší složky vzorku postupně ke konci kolony a dělicí proces se neustále opakuje. Každá složka vzorku postupuje kolonou svou vlastní rychlostí závislou na distribuční konstantě složky  $K_D = c_s/c_m$ , kde  $c_s$  a  $c_m$  jsou rovnovážné koncentrace složky ve stacionární a v mobilní fází. Látky postupně vycházejí z kolony v pořadí rostoucích hodnot distribučních konstant a vstupují do detektoru. Detektor indikuje okamžitou koncentraci separovaných látek v nosném plynem. Signál detektoru je vhodně upraven a plynule se registruje. Výsledný grafický záznam závislosti signálu detektoru na čase se nazývá chromatogram. Popsaná chromatografická technika se označuje jako eluční. Dojde-li na chromatografické koloně k rozdělení-separaci všech  $n$ -složek analyzovaného vzorku, obsahuje chromatogram  $n$ -elučních křivek-píků těchto složek. Podle polohy píku lze vyslovit předpoklad o identitě látky. Plocha píku (a jeho výška) je úměrná množství látky ve vzorku.

V chromatogramu je na ose  $y$  zaznamenána odezva detektoru a na ose  $x$  čas. Z teorie chromatografické separace vyplývá, že chromatografický pík má tvar Gaussovy distribuce a je popsán třemi parametry: retenčním časem  $t_R$ , výškou píku  $h$  a šířkou píku měřenou buď na základní linii  $w_d$  nebo v polovině výšky píku  $w_h$  (obr.8.) [57].



Obr. 8. Retenční parametry chromatografického píku [58]

#### 5.1.1.1 Vlastní chromatografická analýza vybraných esenciálních olejů

Stanovení jednotlivých složek příslušných esenciálních olejů bylo provedeno na plynovém chromatografu DANI Master GC Fast Gas Chromatograph (obr. 9.) s příslušnou kolonou – Zebron™ ZB-5MS, s GC kapilární kolonou 30 m × 0,25 mm × 0,5 μm a plamenovým ionizačním detektorem (FID). Jako nosný plyn byl použit dusík s průtokem 25 ml/min, dále vodík s průtokem 40 ml/min a vzduch s průtokem 280 ml/min. Teplotní profil měl na počátku hodnotu 50 °C a následně byl zvyšován na 120 °C rychlostí 6 °C/min až do teploty 230 °C rychlostí 15 °C/min. Ke konci analýzy (15 min) byla teplota 230 °C. Teplota injektoru při nástřiku byla 200 °C a teplota detektoru 270 °C. Celkový čas analýzy byl 34 minut.

Vzorek zvoleného esenciálního oleje byl pomocí mikrostříkačky Hamilton nadávkován přes septum do injektoru. Objem nástřiku vzorku činil vždy 1 μl. Z injektoru byly páry vzorku unášeny nosným plynem na kolonu, umístěnou v termostatu. V koloně docházelo k separaci jednotlivých složek vzorku. Vzniklý chromatogram byl následně kvalitativně vyhodnocen analýzou jednotlivých píků. Pomocí retenčního času ( $t_R$ ) v porovnání se standardem bylo zjišťováno o jakou látku se jednalo.



*Obr. 9. Plynový chromatograf, DANI Master GC Fast Gas Chromatograph*

## 5.2 Stanovení hustoty vybraných esenciálních olejů

Stanovení hustoty bylo provedeno pomocí digitálního hustoměru, Anton Paar DMA 5000 M (Obr. 10.). Tento přístroj slouží k měření hustoty kapalin s velmi vysokou přesností ( $\pm 0,000001 \text{ g/cm}^3$ ). Hustoměr využívá principu oscilační skleněné U-trubice, do níž je vložen analyzovaný vzorek. Při vlastním měření dochází k oscilaci U-trubice se vzorkem. Přístroj poté automaticky vyhodnotí hodnotu hustoty, na základě charakteristické oscilační frekvence a korekční doby.



Obr. 10. Digitální hustoměr Anton Paar DMA 5000 M

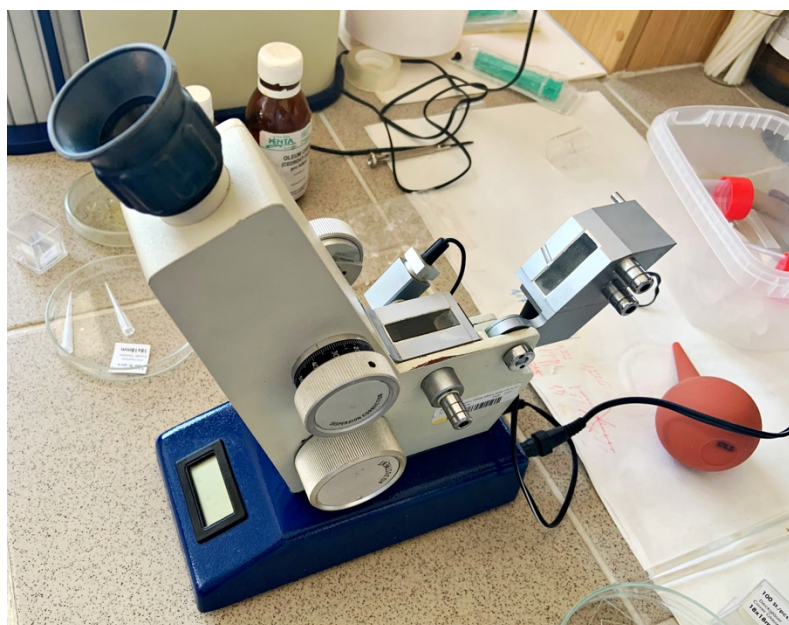
### 5.3 Stanovení indexu lomu vybraných esenciálních olejů

Stanovení indexu lomu bylo provedeno pomocí Abbeho refraktometru AR4 (Obr. 11.).

Tento přístroj slouží k měření indexu lomu látek s přesností  $\pm 0,0002 n_D / \pm 0,1 \%$  Brix, v rozsahu indexu lomu  $n_D$  1,3000 až 1,7200 / 0 až 95 % Brix.

Refraktometr je přístroj sloužící k měření indexu lomu látek. Na základě indexu lomu lze zkoumané látky identifikovat, určit jejich čistotu, koncentraci apod. Stanovení indexu lomu je rychlé, přesné a snadné. Podstatou měření je zjišťování mezního úhlu lomu, jenž je dán polohou rozhraní mezi osvětlenou a temnou částí zorného pole, odečítanou na stupnici přístroje [59,60].

Měřený vzorek byl nanesen za pomoci kapátka na očištěný a osušený povrch hranolu, následně byl refraktometr uzavřen. Ukazatel byl posunut do polohy, aby se rozhraní světla a tmy v okuláru refraktometru vyskytovalo na středu nitkového kříže. Na stupnici byla následně odečtena hodnota indexu lomu. Měření indexu lomu probíhalo při 20 °C.



Obr. 11. Refraktometr, Kruss AR4



## 6 VÝSLEDKY A DISKUZE

V experimentální části diplomové práce bylo použito 10 vzorků esenciálních olejů levandule. V následující kapitole jsou shrnuty všechny výsledky jednotlivých měření plynové chromatografie, dále pak výsledky stanovené hustoty a indexů lomu.

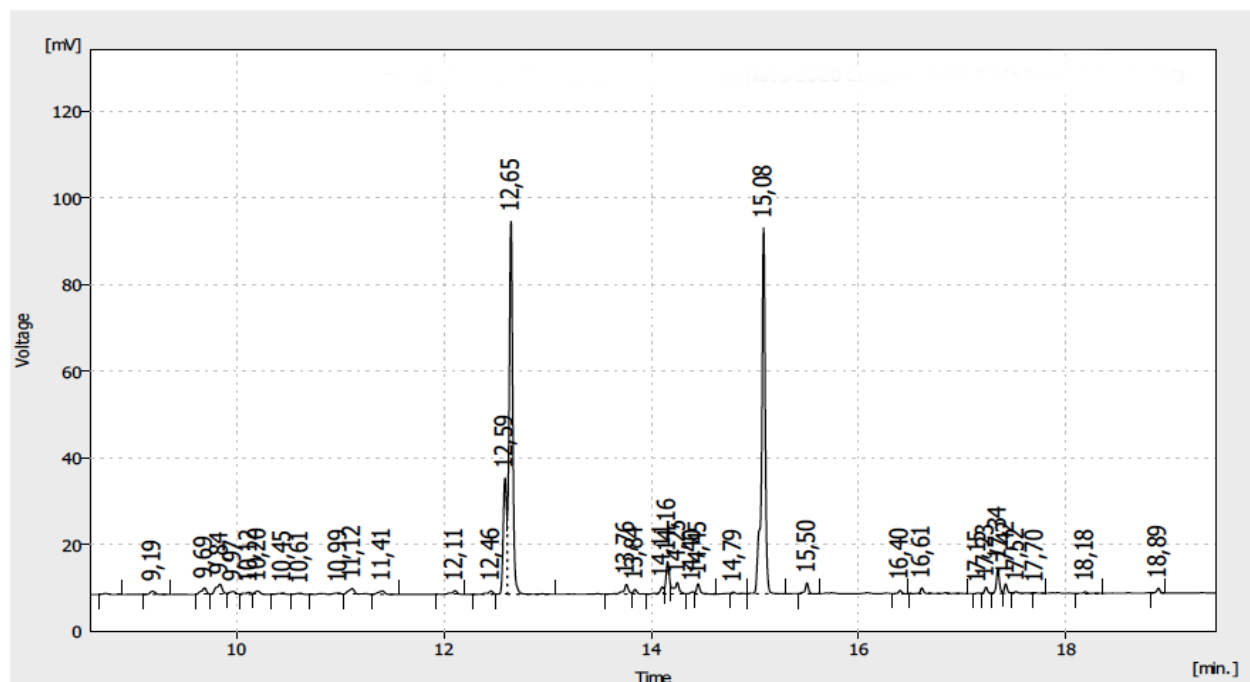
### 6.1 Výsledky chromatografické analýzy vybraných esenciálních olejů

#### 6.1.1 Vzorek č 1. esenciální olej Bio Levandule (Nobilis Tilia)

Vzorek esenciálního oleje byl připraven smícháním 0,5  $\mu$ l vzorku levandulového oleje s 0,75 ml metanolu. Tento poměr ředění byl zvolen pro lepší viditelnost píků a stanovených látek. Z této směsi byl pak odebrán a poté nastříknut do plynového chromatografu (DANI Master GC Fast Gas Chromatograph) 1  $\mu$ l vzorku a následně byla provedena analýza. Celkový čas analýzy byl nastaven na 34 min.

Tab. 4. Chromatografická analýza esenciálního oleje Bio Levandule (Nobilis Tilia)

Název složky	Retenční čas [min]	Plocha [%]	Hodnoty udávané výrobcem [%]
$\alpha$ -pinen	8,737	0,1	–
$\rho$ -Cymen	10,987	0,4	–
Limonen	11,117	1,1	0,2 – 0,6
<b>Linalool</b>	<b>12,647</b>	<b>34,3</b>	<b>31 – 47</b>
Kafr	13,76	1,2	0,1 – 1
Benzyl-acetát	13,843	0,4	–
Terpinen-4-ol	14,25	1,6	< 3,0
Terpineol	14,453	0,9	–
Citronellol	14,790	0,1	–
<b>Linalyl-acetát</b>	<b>15,083</b>	<b>34</b>	<b>25 – 35</b>



Obr. 12. Chromatografická analýza esenciálního oleje Bio Levandule (*Nobilis Tilia*)

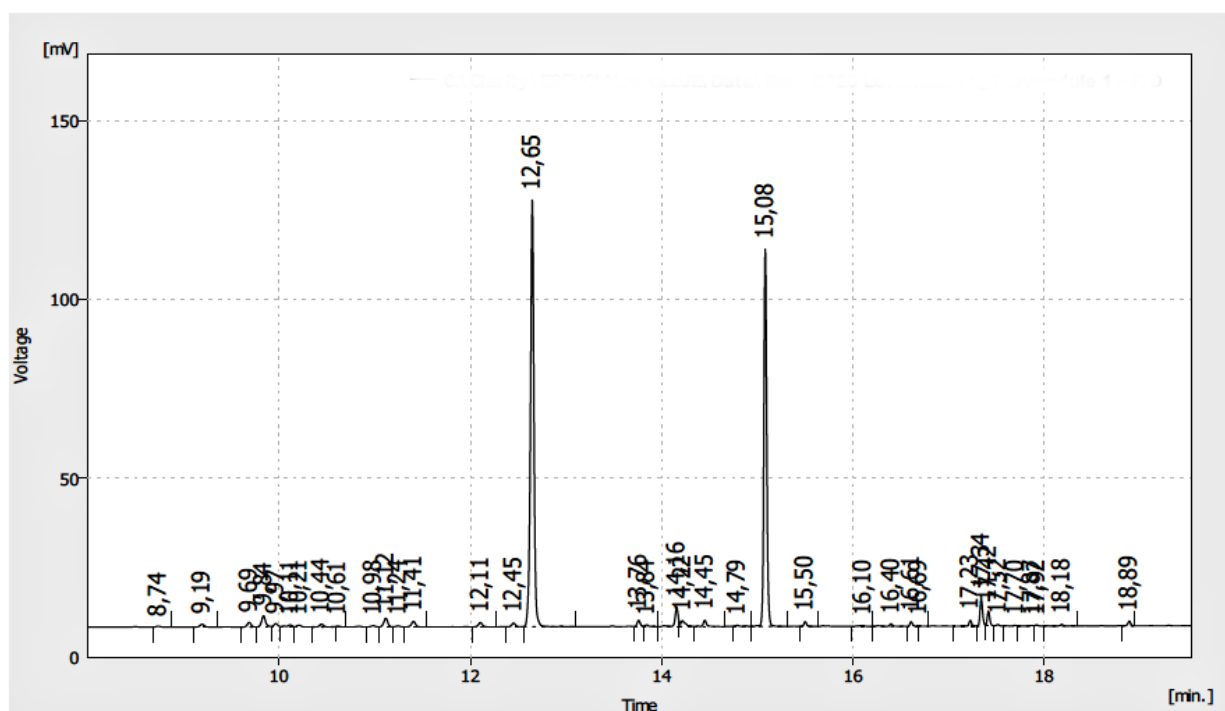
Z naměřených hodnot Bio levandulového esenciálního oleje přírodní kosmetické značky Nobilis Tilia vyplývá, že nejvíce zastoupenými složkami v tomto oleji jsou: Linalool (34,3 %) a Linalyl-acetát (34 %). Tyto hodnoty odpovídají hodnotám normy ISO 3515:2001 (tabulka 2.) a zároveň také hodnotám deklarovaným výrobcem, který udává množství Linaloolu (31–47 %) a Linalyl-acetátu (25–35 %). V tomto oleji byly také naměřené další minoritní složky uvedené v tab. 4., jako je například Kafr (1,2 %). Výrobce ovšem udává, že by se jeho množství v tomto oleji mělo pohybovat mezi 0,1 – 1 %. Podle ISO normy by měla být jeho hodnota maximálně 1,5 %, což splňuje. Dále zde byl nalezen Limonen (1,1 %), který normu přesahuje pouze o 0,1 % a Terpinen-4-ol (1,6 %), který předepsanou normu s jeho maximálně 8 % splňuje.

### 6.1.2 Vzorek č. 2. esenciální olej Levandule (*Nobilis Tilia*)

Vzorek esenciálního oleje byl připraven smícháním 1  $\mu$ l vzorku levandulového oleje s 1,5 ml metanolu. Z této směsi byl pak odebrán a poté nastříknut 1  $\mu$ l vzorku do plynového chromatografu (DANI Master GC Fast Gas Chromatograph) a následně byla provedena analýza. Celkový čas analýzy byl nastaven na 34 min.

Tab.5. Chromatografická analýza esenciálního oleje Levandule (*Nobilis Tilia*)

Název složky	Retenční čas [min]	Plocha [%]	Hodnoty udávané výrobcem [%]
$\alpha$ -pinen	8,737	0,1	–
$\rho$ -Cymen	10,983	0,2	–
Limonen	11,117	1,1	0,2 – 0,6
Eukalyptol	11,243	0,1	
<b>Linalool</b>	<b>12,647</b>	<b>47,3</b>	<b>31 – 47</b>
Kafr	13,760	0,6	0,1 – 1
Benzyl-acetát	13,843	0,2	–
Terpinen-4-ol	14,220	1,0	< 3,0
Terpineol	14,453	0,7	–
Citronellol	14,790	0,2	–
<b>Linalyl-acetát</b>	<b>15,083</b>	<b>34,2</b>	<b>25 – 35</b>

Obr.13. Chromatografická analýza esenciálního oleje Levandule (*Nobilis Tilia*)

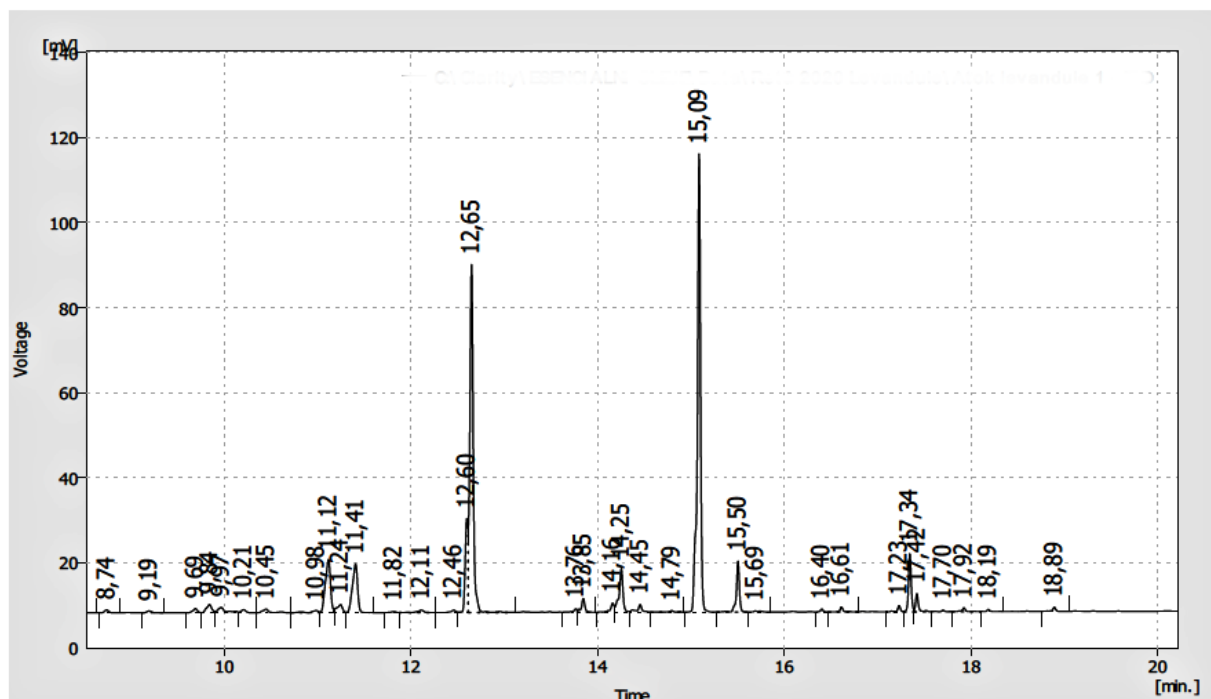
V tomto esenciálním oleji přírodní kosmetické značky Nobilis Tilia bylo zjištěno oproti ostatním olejům velké množství Linaloolu (47,3 %). Tato hodnota neodpovídá normě ISO 3515:2001, ta udává maximálně 45 % této složky. Druhou nejvýznamnější složkou byl charakteristický Linalyl-acetát (34,2 %), který normě odpovídá. Tyto hodnoty, až na malou odchylku 0,3 % nadbytku Linaloolu celkem odpovídají hodnotám deklarovaným výrobcem, ten udává množství Linalyl-acetátu (25–35 %) a Linaloolu (31–47 %). Další nalezenou složkou byl Limonen (1,1 %), Terpinen-4-ol (1 %), Kafr (0,6 %) a Eukalyptol (0,1 %). Mimo Limonenu, který své množství přesahuje o 0,1 %, všechny další uvedené složky ISO normu splňují.

### 6.1.3 Vzorek č. 3. esenciální olej Levandule extra (Cosmetics Atok)

Vzorek esenciálního oleje byl připraven smícháním 1  $\mu$ l vzorku levandulového oleje s 1,5 ml metanolu. Z této směsi byl pak odebrán a poté nastříknut do plynového chromatografu (DANI Master GC Fast Gas Chromatograph) 1  $\mu$ l vzorku a následně byla provedena analýza. Celkový čas analýzy byl nastaven na 34 min.

Tab.6. Chromatografická analýza esenciálního oleje Levandule extra (Cosmetics Atok)

Název složky	Retenční čas [min]	Plocha [%]	Hodnoty udávané výrobcem [%]
$\alpha$ -pinen	8,740	0,3	–
$\rho$ -Cymen	10,983	0,4	–
Limonen	11,117	6,1	–
Eukalyptol	11,243	1,0	–
<b>Linalool</b>	<b>12,650</b>	<b>26,9</b>	–
Kafr	13,763	0,3	–
Benzyl-acetát	13,847	1,1	–
Terpinen-4-ol	14,253	3,8	–
Terpineol	14,453	0,8	–
Citronellol	14,793	0,2	–
<b>Linalyl-acetát</b>	<b>15,087</b>	<b>32,7</b>	–



Obr.14. Chromatografická analýza esenciálního oleje Levandule extra (Cosmetics Atok)

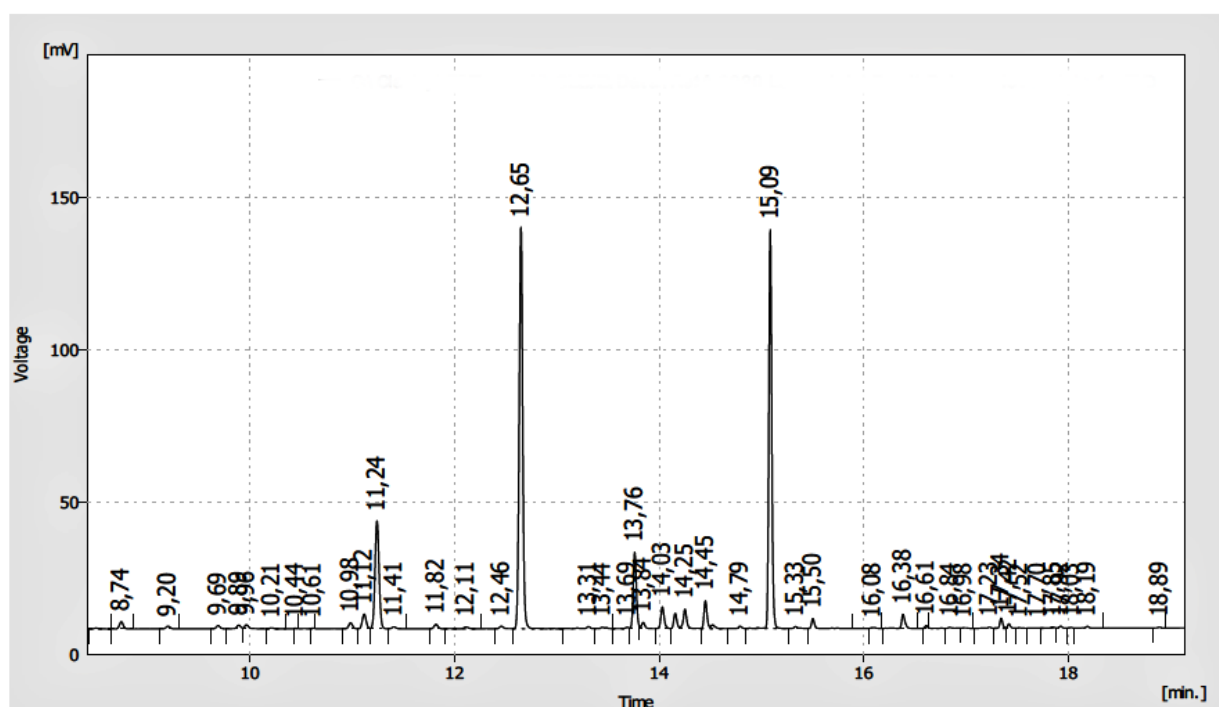
V tomto levandulovém oleji přírodní kosmetické značky Atok bylo oproti ostatním olejům nalezeno velmi malé množství Linaloolu (26,9 %). Linalyl-acetátu bylo zjištěno (32,7 %). Naopak zde bylo zjištěno vysoké množství Limonenu (6,1 %). ISO norma povoluje maximálně 1 % této složky, což tento olej značně přesahuje. Dále zde byl nalezen například Eukalyptol v množství 1 %, Kafr 0,3 % a Terpinen-4-ol v množství 3,8 %. Všechny tyto ostatní hodnoty odpovídají hodnotám normy ISO 3515:2001 (tabulka 2.), výrobce přesné složení tohoto oleje neudává.

#### 6.1.4 Vzorek č.4. esenciální olej Bulgary Lavender (Bewit)

Vzorek esenciálního oleje byl připraven smícháním 1  $\mu$ l vzorku levandulového oleje s 1,5 ml metanolu. Z této směsi byl pak odebrán a poté nastříknut do plynového chromatografu (DANI Master GC Fast Gas Chromatograph) 1  $\mu$ l vzorku a následně byla provedena analýza. Celkový čas analýzy byl 34 min.

Tab.7. Chromatografická analýza esenciálního oleje Bulgary Lavender (Bewit)

Název složky	Retenční čas [min]	Plocha [%]	Hodnoty udávané výrobcem [%]
$\alpha$ -pinen	8,740	0,7	–
$\beta$ -pinen	9,890	0,4	–
$\rho$ -Cymen	10,983	0,6	–
Limonen	11,117	1,5	–
Eukalyptol	11,243	1,0	–
<b>Linalool</b>	<b>12,650</b>	<b>35,2</b>	–
Kafr	13,760	6,0	–
Benzyl-acetát	13,843	1,1	–
Terpinen-4-ol	14,253	2,9	–
Terpineol	14,453	2,5	–
Citronellol	14,790	0,2	–
<b>Linalyl-acetát</b>	<b>15,087</b>	<b>29,1</b>	–



Obr.15. Chromatografická analýza esenciálního oleje Bulgary Lavender (Bewit)

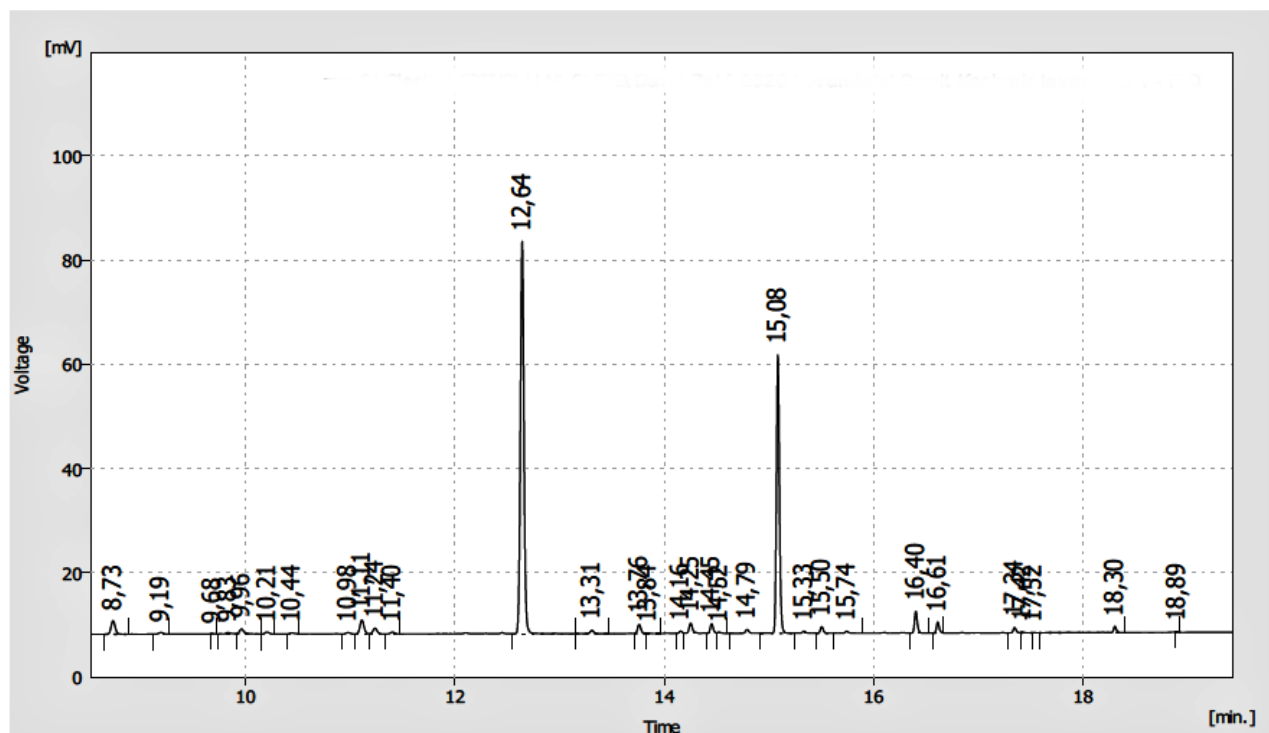
V tomto esenciálním oleji Bulgary Lavender značky Bewit byly analyzovány typické složky levandule, jako Linalool (35,2 %) a Linalyl-acetát (29,1). V porovnání s ostatními oleji zde bylo nalezeno vysoké množství Kafru (6 %), toto množství nespadá do tabulkových hodnot ISO normy 3515:2001, která povoluje maximálně 1,5 % této složky. Dále pak zde byly nalezeny další typické složky jako je Limonen (1,5 %), tato hodnota je také lehce nad normu (max. 1 %). Další zjištěnou složkou byl Terpinen-4-ol (2,9 %),  $\alpha$ -pinen (0,7 %), Citronellol (0,2 %), a další minoritní složky uvedené v tab.7. Tyto zjištěné hodnoty mohou být dány původem tohoto oleje, který nepochází z typické Francie, ale z Bulharska.

#### 6.1.5 Vzorek č.5. esenciální olej Kashmir Lavender (Bewit)

Vzorek esenciálního oleje byl připraven smícháním 1  $\mu$ l vzorku levandulového oleje s 1,5 ml metanolu. Z této směsi byl pak odebrán a poté nastříknut 1  $\mu$ l vzorku, do plynového chromatografu (DANI Master GC Fast Gas Chromatograph) a následně byla provedena analýza. Celkový čas analýzy byl 34 min.

Tab.8. Chromatografická analýza esenciálního oleje Kashmir Lavender (Bewit)

Název složky	Retenční čas [min]	Plocha [%]	Hodnoty udávané výrobcem [%]
$\alpha$ -pinen	8,733	2,1	–
$\rho$ -Cymen	10,980	0,2	–
Limonen	11,110	2,1	–
Eukalyptol	11,237	0,9	–
<b>Linalool</b>	<b>12,643</b>	<b>50,8</b>	–
Kafr	13,760	1,1	–
Benzyl-acetát	13,843	0,1	–
Terpinen-4-ol	14,250	1,4	–
Terpineol	14,450	1,1	–
Citronellol	14,790	0,5	–
<b>Linalyl-acetát</b>	<b>15,083</b>	<b>30,6</b>	–



Obr.16. Chromatografická analýza esenciálního oleje Kashmir Lavender (Bewit)

V esenciálním oleji Kashmir Lavender od firmy Bewit bylo analyzováno nejvyšší množství Linaloolu (50,8 %). Tato hodnota značně překračuje ISO normu 3515:2001 (max. 45 %), normu také přesahuje Limonen (2,1 %), norma udává max. 1 %. Dále zde byly nalezeny další charakteristické složky jako je Linalyl-acetát (30,6 %), Kafr (1,1 %), Terpinen-4-ol (1,4 %) a Eukalyptol (0,9 %). Nezvykle vysoké množství Linaloolu může být způsobené tím, že tento olej pochází z levandule pěstované v Kašmírském údolí v Indii.

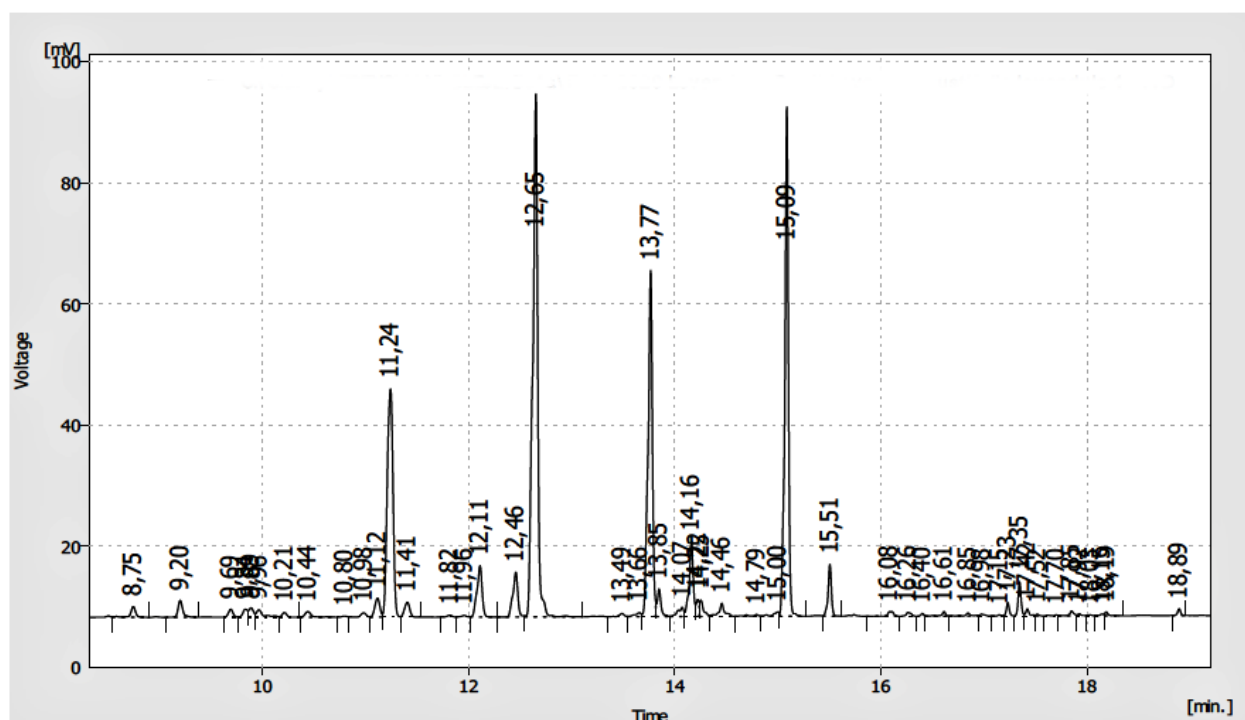
#### 6.1.6 Vzorek č.6. esenciální olej Lavender (Bewit)

Vzorek esenciálního oleje byl připraven smícháním 1  $\mu$ l vzorku levandulového oleje s 1,5 ml metanolu. Z této směsi byl pak odebrán a poté nastříknut 1  $\mu$ l vzorku, do plynového chromatografu (DANI Master GC Fast Gas Chromatograph) a následně byla provedena analýza. Celkový čas analýzy byl 34 min.



Tab.9. Chromatografická analýza esenciálního oleje Lavender (Bewit)

Název složky	Retenční čas [min]	Plocha [%]	Hodnoty udávané výrobcem [%]
$\alpha$ -pinen	8,747	0,5	–
$\beta$ -pinen	9,890	0,4	–
$\rho$ -Cymen	10,983	0,2	–
Limonen	11,117	1,0	–
Eukalyptol	11,243	13,8	–
<b>Linalool</b>	<b>12,653</b>	<b>27,2</b>	–
Kafr	13,767	15,7	–
Benzyl-acetát	13,847	1,1	–
Terpinen-4-ol	14,253	0,7	–
Terpineol	14,457	0,8	–
Citronellol	14,793	0,2	–
<b>Linalyl-acetát</b>	<b>15,087</b>	<b>19,0</b>	–



Obr.17. Chromatografická analýza esenciálního oleje Lavender (Bewit)

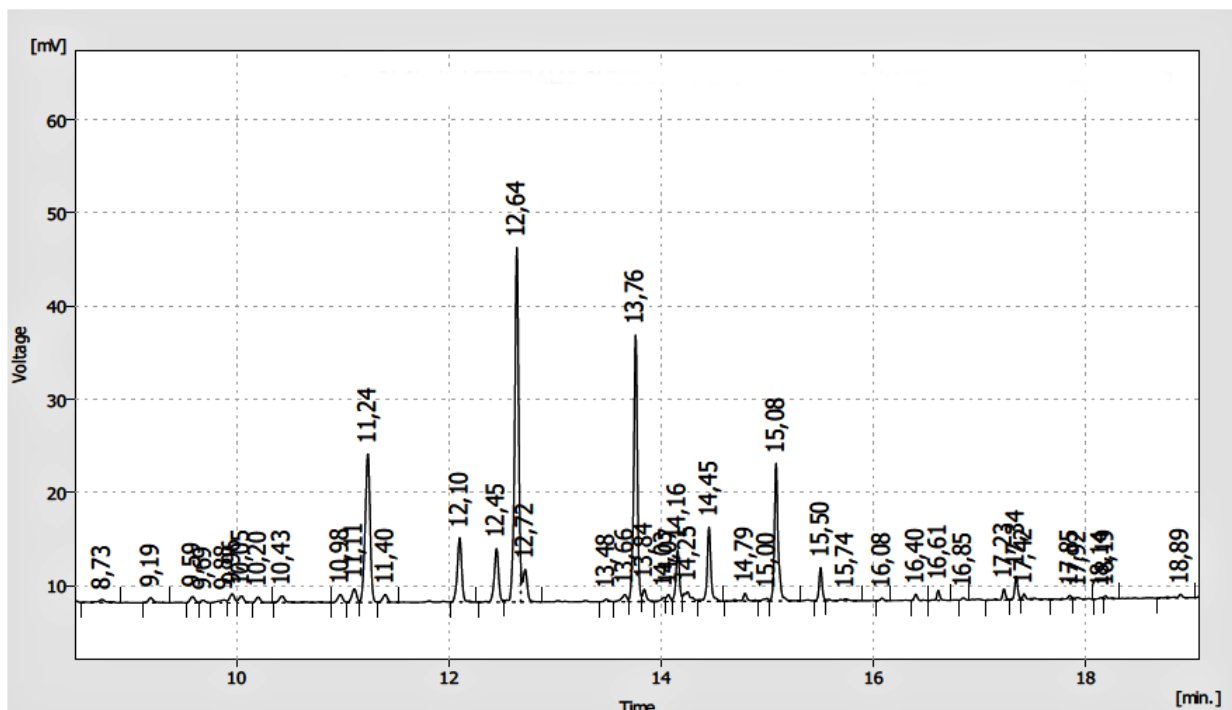
V esenciálním oleji Lavender od firmy Bewit bylo nalezeno 27,2 % Linaloolu, za to Linalyl-acetátu bylo naměřeno pouze 19 %. ISO norma 3515:2001 udává, že jeho minimální množství by mělo být 25 %, což tento olej nespĺňuje. Naopak nezvykle vysoké hodnoty, které ISO normě vřbec neodpovídají se zde vyskytovali u nalezených složek Eukalyptolu (13,8 %) a také Kafru (15,7 %). Norma stanovuje jejich hodnoty v případě Eukalyptolu maximálně 3 % a u Kafru pouze 1,5 %. Tyto nezvyklé hodnoty můžou být opět způsobené oblastí pěstování levandule. V případě tohoto levandulového oleje, je místem původu Albánie.

### 6.1.7 Vzorek č.7. esenciální olej Lavender Raw (CO<sub>2</sub>), (Bewit)

V případě tohoto esenciálního oleje bylo oproti ostatním olejům použito nezvykle vysoké množství vzorku a to 10 µl, ty byly následně smíchány s 1,5 ml metanolu. Tento poměr ředění musel být zvolen pro zřetelnější viditelnost píků a stanovených látek. Z této směsi byl pak odebrán a poté nastříknut do plynového chromatografu (DANI Master GC Fast Gas Chromatograph) 1 µl vzorku a následně byla provedena analýza. Celkový čas analýzy byl nastaven na 34 min.

Tab.10. Chromatografická analýza esenciálního oleje Lavender Raw (CO<sub>2</sub>), (Bewit)

Název složky	Retenční čas [min]	Plocha [%]	Hodnoty udávané výrobcem [%]
α-pinen	8,733	0,5	–
β-pinen	9,883	0,3	–
ρ-Cymen	10,980	0,6	–
Limonen	11,110	1,1	–
Eukalyptol	11,240	12,0	–
<b>Linalool</b>	<b>12,643</b>	<b>22,8</b>	–
Kafr	13,760	15,9	–
Benzyl-acetát	13,843	0,7	–
Terpinen-4-ol	14,250	1,1	–
Terpineol	14,453	4,5	–
Citronellol	14,790	0,6	–
<b>Linalyl-acetát</b>	<b>15,083</b>	<b>8,3</b>	–



Obr.18. Chromatografická analýza esenciálního oleje Lavender Raw ( $\text{CO}_2$ ), (Bewit)

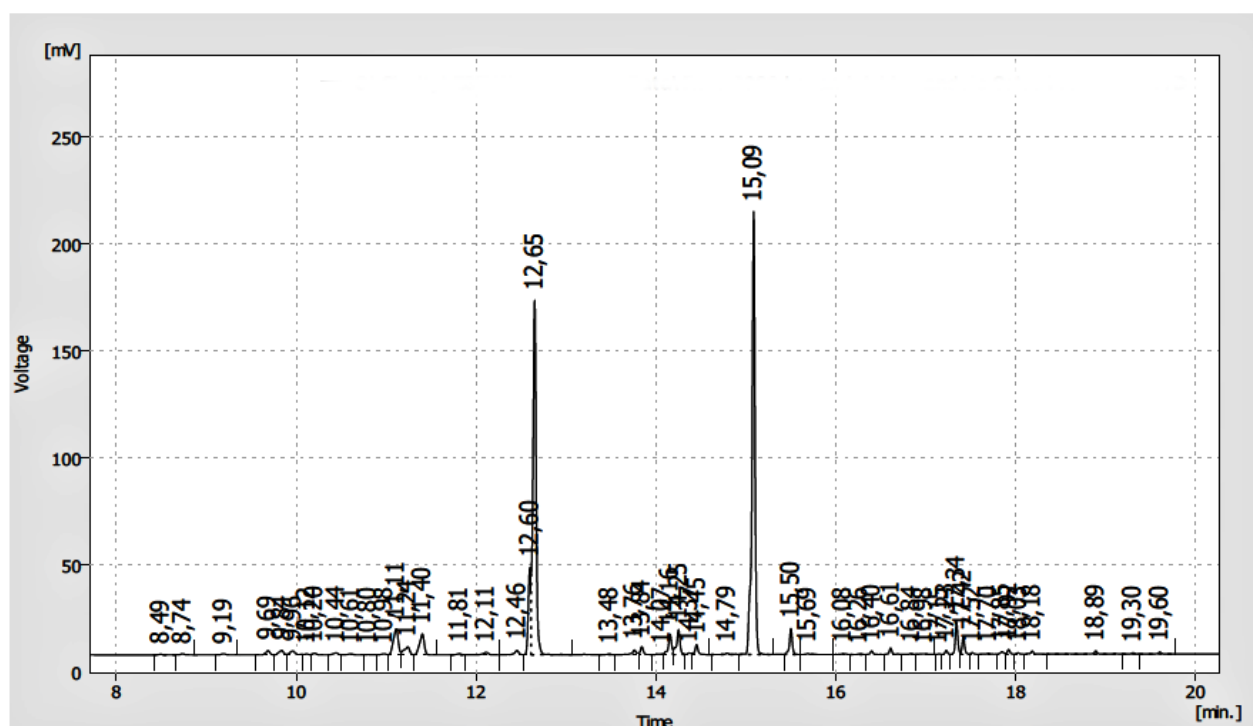
U tohoto esenciálního oleje značky Bewit, získaného pomocí Superkritické extrakce pomocí oxidu uhličitého  $\text{CO}_2$  bylo zaznamenáno nejmenší množství Linalyl-acetátu ze všech analyzovaných olejů a to pouze 8,3 %. Tato hodnota je velmi pod normou, ta udává min. 25 %. Tento olej měl také nejmenší množství Linaloolu (22,8 %). Jako u předchozího oleje i zde byl pozorován velmi vysoký obsah Eukalyptolu (12 %) a Kafru (15,9 %), tyto hodnoty jsou opět velmi nad normou ISO 3515. Naměřené hodnoty jednotlivých složek u tohoto oleje mohou být také ovlivněny místem původu v tomto případě Indie.

#### 6.1.8 Vzorek č.8. esenciální olej Levandule (Salus)

Vzorek esenciálního oleje byl připraven smícháním 1  $\mu\text{l}$  vzorku levandulového oleje s 1,5 ml metanolu. Z této směsi byl pak odebrán a poté nastříknut 1  $\mu\text{l}$  vzorku, do plynového chromatografu (DANI Master GC Fast Gas Chromatograph) a následně byla provedena analýza. Celkový čas analýzy byl 34 min.

Tab.11. Chromatografická analýza esenciálního oleje Levandule (Salus)

Název složky	Retenční čas [min]	Plocha [%]	Hodnoty udávané výrobcem [%]
$\alpha$ -pinen	8,737	0,1	–
Limonen	11,113	3,4	–
Eukalyptol	11,240	1,2	–
<b>Linalool</b>	<b>12,653</b>	<b>31,0</b>	–
Kafr	13,760	0,6	–
Benzyl-acetát	13,843	0,6	–
Terpinen-4-ol	14,253	2,4	–
Terpineol	14,453	0,8	–
Citronellol	14,790	0,2	–
<b>Linalyl-acetát</b>	<b>15,087</b>	<b>36,0</b>	–



Obr.19. Chromatografická analýza esenciálního oleje Levandule (Salus)

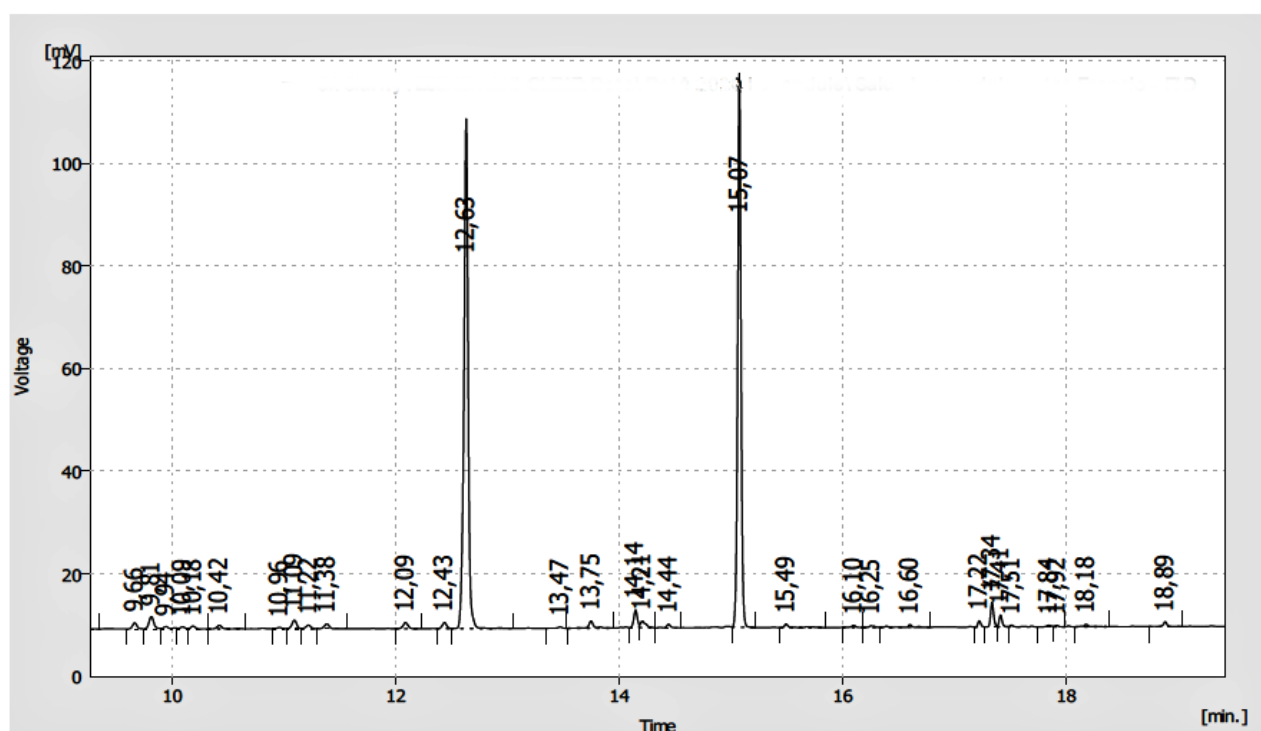
V levandulovém esenciálním oleji značky Salus byl nalezen typický Linalool (31 %) a Linalyl-acetát (36 %). Dále zde byly pozorovány složky jako je Eukalyptol (1,2 %), Kafr (0,6 %) a Terpinen-4-ol (2,4 %). Všechny tyto složky splňují ISO normu 3515:2001. Jedinou nevyhovující složkou byl nalezený Limonen (3,4 %), který tuto normu o 2,4 % překročil.

## 6.1.9 Vzorek č.9. esenciální olej Levandule extra (Salus)

Vzorek esenciálního oleje byl připraven smícháním 1  $\mu$ l vzorku levandulového oleje s 1,5 ml metanolu. Z této směsi byl pak odebrán a poté nastříknut 1  $\mu$ l vzorku do plynového chromatografu (DANI Master GC Fast Gas Chromatograph) a následně byla provedena analýza. Celkový čas analýzy byl nastaven na 34 min.

Tab.12. Chromatografická analýza esenciálního oleje Levandule extra (Salus)

Název složky	Retenční čas [min]	Plocha [%]	Hodnoty udávané výrobcem [%]
Limonen	11,09	0,9	–
Eukalyptol	11,217	0,4	–
<b>Linalool</b>	<b>12,630</b>	<b>45,7</b>	–
Kafr	13,750	0,8	–
Terpinen-4-ol	14,440	0,3	–
<b>Linalyl-acetát</b>	<b>15,073</b>	<b>39,0</b>	–



Obr.20. Chromatografická analýza esenciálního oleje Levandule extra (Salus)

V esenciálním oleji Levandule extra značky Salus byl nalezen Linalool ve vysokém množství (45,7 %), toto množství opět mírně překračuje ISO normu 3515:2001 o 0,7 % a Linalyl-

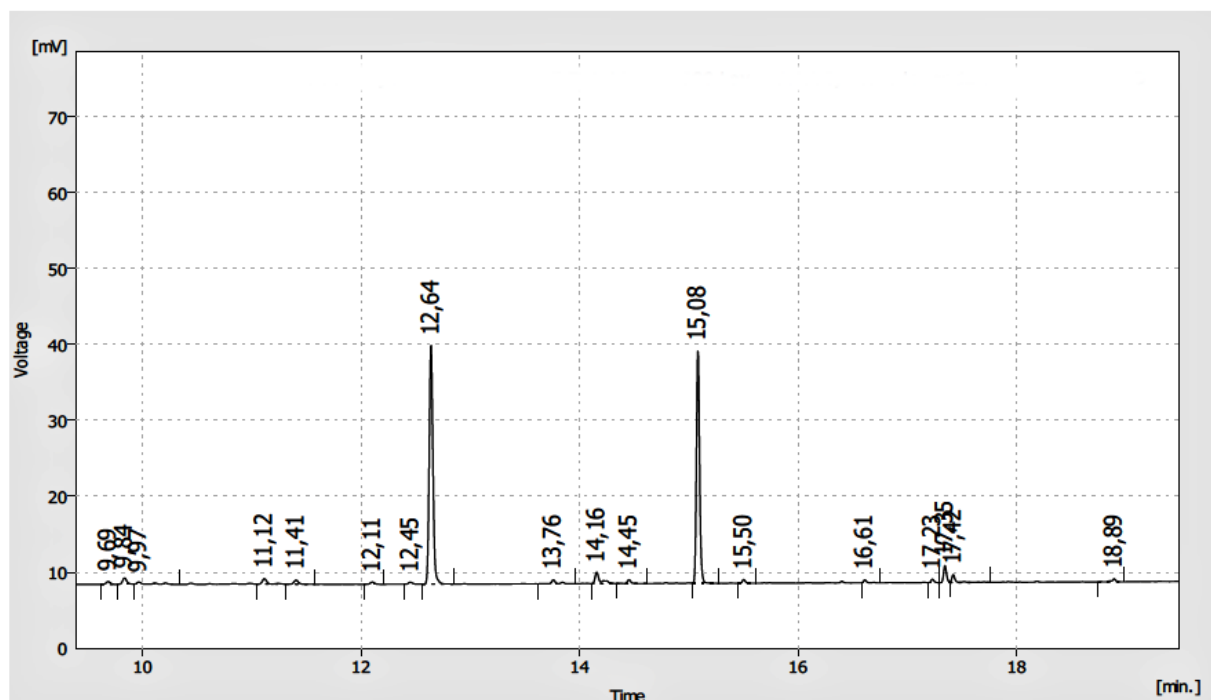
acetát (39 %). V porovnání s ostatními oleji, se zde poměrně lišili retenční časy uvedených složek. Některé složky, nalezené u ostatních olejů jako je například  $\alpha$ -pinen, Benzyl-acetát a Terpeneol, zde nebyly vůbec zaznamenány.

#### 6.1.10 Vzorek č.10. Levandulová silice Bio (SynCare)

Vzorek esenciálního oleje byl připraven smícháním 1  $\mu$ l vzorku levandulového oleje s 1,5 ml metanolu. Z této směsi byl pak odebrán a poté nastříknut 1  $\mu$ l vzorku do plynového chromatografu (DANI Master GC Fast Gas Chromatograph) a následně byla provedena analýza. Celkový čas analýzy byl nastaven na 34 min.

Tab.13. Chromatografická analýza Levandulové silice Bio (SynCare)

Název složky	Retenční čas [min]	Plocha [%]	Hodnoty udávané výrobcem [%]
Limonen	11,117	1,4	–
<b>Linalool</b>	<b>12,643</b>	<b>45,4</b>	–
Kafr	13,760	1,0	–
Terpeneol	14,453	0,7	–
<b>Linalyl-acetát</b>	<b>15,083</b>	<b>36,9</b>	–



Obr.21. Chromatografická analýza Levandulové silice Bio (SynCare)

V analyzované Levandulové silici Bio od firmy SynCare bylo naměřeno 45,4 % Linaloolu (ten také překračuje lehce ISO normu 3515:2001) a 36,9 % Linalyl-acetátu. V tomto oleji bylo nalezeno nejméně složek ze všech výše uvedených olejů. Vůbec zde nebyl pozorován například Citronellol, Eukalyptol, Terpinen-4-ol a další.

## 6.2 Výsledky stanovované hustoty vybraných esenciálních olejů

Relativní hustota Levandulového éterického oleje pocházející z Levandule lékařské (*Lavandula angustifolia*), by se měla pohybovat v rozmezí od **0,879** do **0,888** g/ml. Pokud je olej získán z levandule širokolisté (*Lavandula latifolia*) měl by mít hodnotu 0,905 g/ml. Výsledky měření hustoty esenciálních olejů, jsou uvedeny v tabulce č.14.

Tab. 14. Naměřené hustoty vybraných esenciálních olejů

číslo vzorku	hustota (g/cm <sup>3</sup> )						průměr	sm. odch.
	měření 1	měření 2	měření 3	měření 4	měření 5			
1	0,883	0,883	0,885	0,884	0,883	0,8836	0,0009	
2	0,884	0,882	0,882	0,881	0,880	0,8818	0,0015	
3	0,878	0,879	0,881	0,881	0,881	0,8800	0,0014	
4	0,886	0,885	0,886	0,886	0,888	0,8862	0,0011	
5	0,887	0,888	0,886	0,887	0,886	0,8868	0,0008	
6	0,883	0,885	0,882	0,883	0,883	0,8832	0,0011	
7	0,886	0,885	0,886	0,886	0,885	0,8856	0,0005	
8	0,876	0,874	0,876	0,875	0,874	0,8750	0,0010	
9	0,885	0,884	0,882	0,884	0,883	0,8836	0,0011	
10	0,887	0,887	0,886	0,886	0,886	0,8864	0,0005	

Z výše uvedené tabulky vyplývá, že všechny analyzované oleje spadají do rozmezí hodnot od 0,879 do 0,888 g/ml a tedy odpovídají předepsané hustotě. Pouze, olej č. 8 vykazoval hodnoty hustoty mírně pod dolní hranicí intervalu udávaného normou.

### 6.3 Výsledky stanovení indexu lomu vybraných esenciálních olejů

Levandulový éterický oleje pocházející z Levandule lékařské (*Lavandula angustifolia*), by měl odpovídat hodnotě indexu lomu od 1,459 do 1,463 (při 20 °C).

V níže uvedené tabulce jsou uvedeny naměřené hodnoty indexů pro jednotlivé oleje.

Tab. 15. Naměřené indexy lomu vybraných esenciálních olejů

číslo vzorku	index lomu
1	1,462
2	1,459
3	1,465
4	1,462
5	1,460
6	1,461
7	1,459
8	1,463
9	1,462
10	1,463

Z tabulky je patrné, že jediný vzorek č.3. (Levandule extra, od přírodní kosmetické firmy Atok) s hodnotou 1,456 neodpovídá předepsané hodnotě indexu lomu. Všechny ostatní hustoty měřených olejů odpovídají předepsaným hodnotám.



## ZÁVĚR

Cílem diplomové práce byla charakterizace levandulového oleje, jeho složení a popis vlastností a možnosti jeho využití. V praktické části bylo testováno 10 vybraných levandulových olejů od různých výrobců (Nobilis Tilia, Atok, Salus, Bewit a SynCare). Byla zjišťována jejich hustota a index lomu. Dále pak pomocí plynové chromatografie byly stanoveny jednotlivé konstituenty a jejich procentuální zastoupení. Výsledné hodnoty se značně lišily, podle druhu zvoleného oleje. Velký vliv na složení jednotlivého oleje má pak především oblast, ze které levandule pochází. Levandulový olej, pocházející z Francie má zcela jiné zastoupení jednotlivých složek, než levandulový olej pocházející například z Indie. Levandulový olej pocházející z Indie vykazoval nejvyšší zastoupení Linaloolu (50,8 %), oproti levandulovým olejům pocházejícím z Francie. Zvláštní hodnoty jednotlivých složek vykazoval také levandulový olej získaný pomocí Superkritické extrakce pomocí oxidu uhličitého CO<sub>2</sub>. Ten obsahoval nejmenší množství Linalyl-acetátu (8,3 %) a naopak obsahoval velmi vysoké množství Kafru (15,9 %) a Eukalyptolu (12 %). Dále z plynové chromatografické analýzy bylo zjištěno, že Levandulový olej firmy Atok má stejný chemický profil jako Levandulový olej od výrobce Salus. To může být způsobené tím, že oba výrobci odebírají levanduli od stejného dodavatele. Levandulový éterický olej obsahuje několik významných antimikrobiálních sloučenin, jako je eukalyptol, linalool, terpinen-4-ol a  $\alpha$ -terpineol. Mezi nimi byl prokázán, že Linalool je nejsilnější aktivní složkou proti široké škále mikroorganismů. Eukalyptol byly také identifikovány jako hlavní sloučenina v mnoha éterických olejích vykazujících antiparazitární aktivitu. Terpinen-4-ol,  $\alpha$ -pinen,  $\rho$ -pinen, eukalyptol, linalool a 4-terpineol také vykazují vysokou antifungální aktivitu proti Gram pozitivním a Gram negativním kmenům.

Protože každý levandulový olej má jinak kvantitativně a kvalitativně odlišný profil chemických sloučenin, je nutné určit množství a identitu jeho jednotlivých složek. Tato data potom pomůžou a umožní vědcům určit dané účinky éterických olejů z levandule. Z literatury je známo, že chemické složení esenciálních olejů má rozhodující vliv na jejich mikrobiologické vlastnosti a také jejich následné využití.

---

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

[1] BAŞER, K. H. C. a Gerhard BUCHBAUER. *Handbook of essential oils: science, technology, and applications*. Second edition. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group, [2016]. ISBN 978-1-4665-9046-5.

[2] BAKKALI, F., S. AVERBECK, D AVERBECK a M. IDAOMAR. Biological effects of essential oils – A review. *Food and Chemical Toxicology* [online]. 2008, (46), 446-475 [cit. 2020-03-15]. Dostupné z: <https://www-sciencedirect-com.proxy.k.utb.cz/science/article/pii/S0278691507004541>

[3] BERGER, Ralf G. *Flavours and fragrances: chemistry, bioprocessing and sustainability*. New York: Springer, c2007. ISBN 978-3-540-49338-9.

[4] JELEN, Henryk. *Food flavors: chemical, sensory and technological properties*. Boca Raton: CRC Press/Taylor & Francis Group, c2012. ISBN 978-1439814918.

[5] JAOUAD BOUAYED, TORSTEN BOHN. *Nutrition, Well-being and Health*. IntechOpen, 2012. ISBN 953-51-0125-0

[6] SHANKAR, Jayant Raut a Sankunny Mohan KARUPPAYIL. A status review on the medicinal properties of essential oils. *Industrial Crops and Products* [online]. 2014, (62), 250-264 [cit. 2020-03-15]. Dostupné z: <https://www-sciencedirect-com.proxy.k.utb.cz/science/article/pii/S0926669014005196>

[7] ASBAHANI, A. El, K. MILADI, W. BADRI, M. SALA, E.H. Aït ADDI a H. CASABIANCA. Essential oils: From extraction to encapsulation. *International Journal of Pharmaceutics* [online]. 2015, (483), 220-243 [cit. 2020-03-22]. Dostupné z: <https://www-sciencedirect-com.proxy.k.utb.cz/science/article/pii/S0378517314009661>

[8] PARSHIKOV, Igor A. *Microbial conversions of terpenoids* [online]. Moscow: Editus, 2015 [cit. 2020-03-15]. ISBN 978-5-00058-223-7. Dostupné z: [https://www.academia.edu/20127356/Microbial\\_conversions\\_of\\_terpenoids](https://www.academia.edu/20127356/Microbial_conversions_of_terpenoids)

[9] AJIKUMAR, Parayil Kumaran, Keith TYO, Simon CARLSEN, Oliver MUCHA, Too Heng PHON a Gregory STEPHANOPOULOS. Terpenoids: Opportunities for Biosynthesis of Natural Product Drugs Using Engineered Microorganisms. *Molecular Pharmaceutics* [online]. 2008, 167-190 [cit. 2020-03-15]. Dostupné z: <https://pubs-acsc-org.proxy.k.utb.cz/doi/10.1021/mp700151b>

[10] HUNTER, Murray. *Essential oils: art, agriculture, science, industry and entrepreneurship (a focus on the Asia-Pacific region)*. New York: Nova Science Publishers, c2009. Agriculture issues and policies series. ISBN 978-1607418658.

[11] NAGEGOWDA, Dinesh A a Priyanka GUPTA. Advances in biosynthesis, regulation, and metabolic engineering of plant specialized terpenoids. *Plant Science* [online]. 2020, (294) [cit. 2020-03-15]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect-com.proxy.k.utb.cz/science/article/pii/S0168945220300595>

[12] ABDALLAH, Ingy I. *A Glimpse into the Biosynthesis of Terpenoids* [online]. In: . 2017 [cit. 2020-03-21]. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/figure/Examples-of-different-classes-of-terpenoids\\_fig2\\_319645034](https://www.researchgate.net/figure/Examples-of-different-classes-of-terpenoids_fig2_319645034)

[13] KUMAR, Sunil, Ramesh KUMAR, Ajay PAL a Dharam Singh CHOPRA. Chapter 16 - Enzymes. *Postharvest Physiology and Biochemistry of Fruits and Vegetables* [online]. 2019, 335-358 [cit. 2020-03-16].

[14] HARMATHA, Juraj. Fenylpropanoidy, lignany a jejich biologické účinky. *Chemie a biochemie přírodních látek* [online]. 2002, (27), 117-142 [cit. 2020-03-15]. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/237598427\\_FENYLPROPANOIDY\\_LIGNANY\\_A\\_JEJICH\\_BIOLOGICKE\\_UCIN KY](https://www.researchgate.net/publication/237598427_FENYLPROPANOIDY_LIGNANY_A_JEJICH_BIOLOGICKE_UCIN KY)

[15] DE MATOS, Sheila P, a Ádley A. N. DE LIMA. Essential Oils and Isolated Terpenes in Nanosystems Designed for Topical Administration: A Review. *Biomolecules* [online]. 2019, (138) [cit. 2020-03-21]. Dostupné z: <https://www.mdpi.com/2218-273X/9/4/138/htm>

[16] SALVADOR, Amparo a Alberto CHISVERT. *Analysis of cosmetic products*. London: Elsevier, 2007. ISBN 978-0-444-52260-3.

[17] GROSJEAN, Nelly. *Velká kniha aromaterapie: [jak si zachovat zdraví a cítit se dobře pomocí aromatických olejů]*. Olomouc: Fontána, 2003. ISBN 80-7336-084-5.

[18] DOUGLAS, M, J HEYES a B SMALLFIELD. *Herbs, spices and essential oils: Post-harvest operations in developing countries* [online]. UNIDO and FAO 2005, 2005 [cit. 2020-03-20]. Dostupné z: <https://vdocuments.mx/herbs-spices-and-essential-oils.html>

[19] HANDA, Sukhdev Swami, Suman Preet Singh KHANUJA, Gennaro LONGO a Dev Dutt RAKESH. *Extraction Technologies for Medicinal and Aromatic Plants* [online]. Trieste: United Nations Industrial Development Organization and the International Centre for Science and High Technology, 2008 [cit. 2020-03-22].

[20] TALATI, Ali. (2017). EXTRACTION METHODS OF NATURAL ESSENTIAL OILS. 10.13140/RG.2.2.18744.34564.

[https://www.researchgate.net/publication/313638030\\_EXTRACTION\\_METHODS\\_OF\\_NATURAL\\_ESSENTIAL\\_OILS](https://www.researchgate.net/publication/313638030_EXTRACTION_METHODS_OF_NATURAL_ESSENTIAL_OILS)

[21] TISSERAND, Robert a Rodney YOUNG. *Essential oil safety: a guide for health care professionals*. Second edition. Edinburgh: Elsevier, 2014. ISBN 978-0-443-06241-4.

[22] KUMAR, Rakesh a YC TRIPATHI. *GETTING FRAGRANCE FROM PLANTS: Training Manual on Extraction Technology of Natural Dyes & Aroma Therapy and Cultivation Value Addition of Medicinal Plants* [online]. India: Chemistry Division, Forest Research Institute, Dehra Dun, 2011 [cit. 2020-04-19]. Dostupné z: [https://www.academia.edu/27263010/GETTING\\_FRAGRANCE\\_FROM\\_PLANTS](https://www.academia.edu/27263010/GETTING_FRAGRANCE_FROM_PLANTS)

[23] Making Essential Oils - Steam Distillation. In: *Oipure* [online]. [cit. 2020-03-23]. Dostupné z: <https://www.oipure.com/learn/making-essential-oils-steam-distillation.html>

[24] LANGMAIER, Ferdinand. *Základy kosmetických výrob*. Zlín: UTB, 2001. ISBN 8073180162.

[25] GETIE, Atnkut. *Essential oil distillation plant project* [online]. Haramaya university, , 1-56 [cit. 2020-03-23]. Dostupné z: [https://www.academia.edu/36690754/Essential\\_oil\\_distillation\\_plant\\_project](https://www.academia.edu/36690754/Essential_oil_distillation_plant_project)

[26] *EXTRAKCE SILIC KMÍNU POMOCÍ SUPERKRITICKÉ FLUIDNÍ EXTRAKCE (SFE)* [online]. In: . Mendelova univerzita v Brně, 2014 [cit. 2020-03-26]. Dostupné z: [https://web2.mendelu.cz/af\\_291\\_projekty/files/23/23-extrakce\\_silic\\_kminu\\_pomoci\\_superkriticke\\_fluidni\\_extrakce\\_\(sfe\).pdf](https://web2.mendelu.cz/af_291_projekty/files/23/23-extrakce_silic_kminu_pomoci_superkriticke_fluidni_extrakce_(sfe).pdf)

[27] KUMAR, Pravina Ashok. APPLICATION OF SOLID PHASE MICROEXTRACTION IN GAHARU ESSENTIAL OIL ANALYSIS. In: *Semanticscholar* [online]. 2008 [cit. 2020-04-03]. Dostupné z: <https://www.semanticscholar.org/paper/Application-of-solid-phase-microextraction-in-oil-Pravina/0d87cf010efece65bb12cb8df7f47d08ef2cb2dd>

[28] TESAŘOVÁ, Simona, Michaela CHARVÁTOVÁ a Milada VÁVROVÁ. VYUŽITÍ METODY MIKROEXTRAKCE TUHOU FÁZÍ PRO STANOVENÍ BISFENOLŮ VE VODÁCH. *Chemické listy* [online]. 2015, 539-542 [cit. 2020-04-18]. Dostupné z: [http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2015\\_07\\_539-542.pdf](http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2015_07_539-542.pdf)

[29] SPME (Solid phase microextraction) Mikroextrakce tuhrou fází. In: *Fakulta veterinární hygieny a ekologie* [online]. 2011 [cit. 2020-04-03]. Dostupné z: [https://fvhe.vfu.cz/files/teorie\\_spme.pdf](https://fvhe.vfu.cz/files/teorie_spme.pdf)

[30] MORRISON, Robert D. a Gwen O'SULLIVAN. *Solid-Phase Microextraction (SPME) Sampling: Introduction to Environmental Forensics* [online]. In: 2015 [cit. 2020-04-18]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/topics/agricultural-and-biological-sciences/solid-phase-microextraction>

[31] TSALTAKI, C., M. KATSOULI, T. KEKES, S. CHANIOTI a C. TZIA. Comparison study for the recovery of bioactive compounds from Tribulus terrestris, Panax ginseng, Ginkgo biloba, Lepidium meyenii, Turnera diffusa and Withania somnifera by using microwave-assisted, ultrasound-assisted and conventional extraction methods. *Industrial*

*Crops & Products* [online]. 2019, (142), 1-9 [cit. 2020-04-23]. Dostupné z: <https://www-sciencedirect-com.proxy.k.utb.cz/science/article/pii/S0926669019308854>

[32] ELSHAFIE, Hazem S. a Ippolito CAMELE. An Overview of the Biological Effects of Some Mediterranean Essential Oils on Human Health. *BioMed Research International* [online]. 2017, 1-14 [cit. 2020-04-21]. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/320873861\\_An\\_Overview\\_of\\_the\\_Biological\\_Effects\\_of\\_Some\\_Mediterranean\\_Essential\\_Oils\\_on\\_Human\\_Health](https://www.researchgate.net/publication/320873861_An_Overview_of_the_Biological_Effects_of_Some_Mediterranean_Essential_Oils_on_Human_Health)

[33] THORMAR, Halldor. *Lipids and Essential Oils as Antimicrobial Agents*. United States: John Wiley, 2011. ISBN 978-0-470-74178-8.

[34] AMORATI, Riccardo, Mario C. FOTI a Luca VALGIMIGLI. Antioxidant Activity of Essential Oils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* [online]. 2013, (61), 10835-10847 [cit. 2020-03-21]. Dostupné z: <https://pubs-acsc-org.proxy.k.utb.cz/doi/10.1021/jf403496k>

[35] PEREZ-ROSÉS, Renato, Ester RISCO, Roser VILA, Pedro PEÑALVER a Salvador CAÑIGUERAL. Biological and Nonbiological Antioxidant Activity of Some Essential Oils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* [online]. 2016, (64), 4716-4724 [cit. 2020-04-22]. Dostupné z: <https://pubs-acsc-org.proxy.k.utb.cz/doi/10.1021/acs.jafc.6b00986#>

[36] NAZZARO, Filomena, Florinda FRATIANNI, Raffaele COPPOLA a Vincenzo DE FEO. Essential Oils and Antifungal Activity. *Pharmaceuticals* [online]. 2017, (86) [cit. 2020-04-23]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5748643/>

[37] TARIQ, Saika, Saira WANI, Waseem RASOOL a Khushboo SHAF. A comprehensive review of the antibacterial, antifungal and antiviral potential of essential oils and their chemical constituents against drug-resistant microbial pathogens. *Microbial Pathogenesis* [online]. 2019, (134) [cit. 2020-04-23]. Dostupné z: <https://www-sciencedirect-com.proxy.k.utb.cz/science/article/pii/S0882401019304310>

[38] SARMENTO-NETO, José Ferreira, Lázaro Gomes do NASCIMENTO, Cícero Francisco Bezerra FELIPE a Damião Pergentino DE SOUSA. *Molecules* [online]. 2015 [cit. 2020-04-24]. Dostupné z: <https://www.semanticscholar.org/paper/Analgesic-Potential-of-Essential-Oils-Sarmento-Neto-Nascimento/ae58fab09da01df2563f36a4126c554a273c181f>

[39] KLAUDOVÁ, Pavlína. Fotosensitivita éterických olejů. In: <https://magazin.bioooo.cz/> [online]. 2018 [cit. 2020-04-24]. Dostupné z: <https://magazin.bioooo.cz/zdravi/esencialni-oleje/fotosensitivita-etericky-oleju/>

[40] SABARA, DAGMARA a ALINA KUNICKA-STYCZYSKA. LAVENDER OIL - FLAVOURING OR ACTIVE COSMETIC INGREDIENT? *Food Chemistry and Biotechnology* [online]. Technical University of Lodz, 2009, (73) [cit. 2020-04-22]. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/265096800\\_LAVENDER\\_OIL\\_-\\_FLAVOURING\\_OR\\_ACTIVE\\_COSMETIC\\_INGREDIENT](https://www.researchgate.net/publication/265096800_LAVENDER_OIL_-_FLAVOURING_OR_ACTIVE_COSMETIC_INGREDIENT)

[41] BIAŁOŃ, Marietta, Teresa KRZYŚKO-ŁUPICKA, Ewa NOWAKOWSKA-BOGDAN a Piotr P. WIECZOREK. Chemical Composition of Two Different Lavender Essential Oils and Their Effect on Facial Skin Microbiota. *Molecules* [online]. 2019 [cit. 2020-04-24]. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/335694642\\_Chemical\\_Composition\\_of\\_Two\\_Different\\_Lavender\\_Essential\\_Oils\\_and\\_Their\\_Effect\\_on\\_Facial\\_Skin\\_Microbiota](https://www.researchgate.net/publication/335694642_Chemical_Composition_of_Two_Different_Lavender_Essential_Oils_and_Their_Effect_on_Facial_Skin_Microbiota)

[42] KLAUDOVÁ, Pavlína. Éterický olej levandule. In: <https://magazin.bioooo.cz/> [online]. 2017 [cit. 2020-04-24]. Dostupné z: <https://magazin.bioooo.cz/zdravi/esencialni-oleje/etericky-olej-levandule/>

[43] LIS-BALCHIN, Maria. *Lavender: the genus Lavandula*. New York: Taylor & Francis, 2002. ISBN 0-415-28486-4.

[44] DANH, Luu Thai, Ngo Duy Anh TRIET, Le Thi Ngoc HAN, Jian ZHAO a Raffaella MAMMUCARI. Antioxidant activity, yield and chemical composition of lavender essential oil extracted by supercritical CO<sub>2</sub>. *The Journal of Supercritical Fluids* [online]. 2012, , 27-34 [cit. 2020-04-22]. Dostupné z: <https://www-sciencedirect.com.proxy.k.utb.cz/science/article/pii/S0896844612002112>

[45] ANTON, C. de Groot a Erich SCHMIDT. *Essential Oils: Contact Allergy and Chemical Composition*. CRC Press, 2016. ISBN 9781482246407.

[46] WIŃSKA, Katarzyna, Wanda MAĆZKA, Jacek ŁYCZKO, Małgorzata GRABARCZYK, Anna CZUBASZEK a Antoni SZUMNY. Essential Oils as Antimicrobial Agents— Myth or Real Alternative? *Molecules* [online]. 2019 [cit. 2020-04-27]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6612361/>

[47] APPLETON, Jeremy. Lavender Oil for Anxiety and Depression: Review of the literature on the safety and efficacy of lavender. *Natural medicine journal* [online]. 2012, (4) [cit. 2020-04-24]. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/314279519\\_Lavender\\_Oil\\_for\\_Anxiety\\_and\\_Depression](https://www.researchgate.net/publication/314279519_Lavender_Oil_for_Anxiety_and_Depression)

[48] SÁ, Rita de Cássia da Silveira e, Tamires Cardoso LIMA, Flávio Rogério da NÓBREGA, Anna Emmanuela MEDEIROS DE BRITO a Damião PERGENTINO DE SOUSA. Analgesic-Like Activity of Essential Oil Constituents: An Update. *International Journal of Molecular Sciences* [online]. 2017 [cit. 2020-04-23]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5751100/>

[49] KAMATOU, Guy P. P. a Alvaro M. VILJOEN. Linalool – A Review of a Biologically Active Compound of Commercial Importance. *Natural Product Communications* [online]. 2008, (3), 1183 - 1192 [cit. 2020-04-23]. Dostupné z: <https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/1934578X0800300727>

[50] Linalool molecule. Structural chemical formula and molecule model. Vector illustration. In: <https://www.shutterstock.com/> [online]. [cit. 2020-04-22]. Dostupné z: <https://www.shutterstock.com/cs/image-vector/linalool-molecule-structural-chemical-formula-model-1372283342>

[51] PETER, K. V. *Handbook of Herbs and Spices:: Volume 2 (Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition)*. England: Woodhead Publishing, 2004. ISBN 1855737213.



[52] KARAN, Nazife Begüm. Influence of lavender oil inhalation on vital signs and anxiety: A randomized clinical trial. *Physiology & Behavior* [online]. 2019, (211) [cit. 2020-04-24]. Dostupné z: <https://www-sciencedirect-com.proxy.k.utb.cz/science/article/pii/S0031938419306419>

[53] SARKIC, Asja a Iris STAPPEN. *Essential Oils and Their Single Compounds in Cosmetics—A Critical Review* [online]. Department of Pharmaceutical Chemistry, University of Vienna, 2018, , 1-21 [cit. 2020-04-22]. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/322503886\\_Essential\\_Oils\\_and\\_Their\\_Single\\_Compounds\\_in\\_Cosmetics-A\\_Critical\\_Review](https://www.researchgate.net/publication/322503886_Essential_Oils_and_Their_Single_Compounds_in_Cosmetics-A_Critical_Review)

[54] OPREAN, R., M. TAMAS, R. SANDULESCU a L. ROMAN. Essential oils analysis. I. Evaluation of essential oils composition using both GC and MS fingerprints. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis* [online]. (18), 651–657 [cit. 2020-04-26]. Dostupné z: <https://www-sciencedirect-com.proxy.k.utb.cz/science/article/pii/S0731708598002830>

[55] Infračervená spektroskopie. In: <https://www.vscht.cz/> [online]. VŠCHT PRAHA [cit. 2020-04-26]. Dostupné z: <http://old.vscht.cz/lms/Zverze/Infrared.htm>

[56] PRASHAR, A., I. C. LOCKE a C. S. EVANS. Cytotoxicity of lavender oil and its major components to human skin cells. *Cell proliferation* [online]. 2004, (37), 221 – 229 [cit. 2020-04-26]. Dostupné z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1365-2184.2004.00307.x>

[57] ZACHAŘ, P. a D. SÝKORA. *Plynová chromatografie* [online]. In: . s. 1-11 [cit. 2020-05-13]. Dostupné z: <http://old.vscht.cz/anl/lach2/GC.pdf>

[58] Chromatografické parametry. In: <https://www.researchgate.net> [online]. [cit. 2020-05-13]. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/271383368\\_Application\\_of\\_multidimensional\\_data\\_analysis\\_to\\_chromatography/figures?lo=1](https://www.researchgate.net/publication/271383368_Application_of_multidimensional_data_analysis_to_chromatography/figures?lo=1)

[59] Abbeho refraktometr. In: *Http://www.ped.muni.cz/* [online]. Masarykova univerzita [cit. 2020-05-13]. Dostupné z: <http://www.ped.muni.cz/wchem/sm/hc/fchlab/refraktometr.htm>

[60] Nespektrální metody: Refraktometrie. In: *Https://is.mendelu.cz/* [online]. Mendelova univerzita v Brně [cit. 2020-05-13]. Dostupné z: [https://is.mendelu.cz/eknihovna/opory/zobraz\\_cast.pl?cast=52955](https://is.mendelu.cz/eknihovna/opory/zobraz_cast.pl?cast=52955)

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

EO	Esenciální olej
CO <sub>2</sub>	Oxid uhličitý
SFE	Superkritická fluidní extrakce
SPME	Mikroextrakce na pevné fázi
MAE	Mikrovlnná asistovaná extrakce
BHA	Butylhydroxyanisol
BHT	Butylhydroxytoulén
ROS	Reaktivní formy kyslíku
MIC	Minimální inhibiční koncentrace
ISO	Mezinárodní organizace pro normalizaci
MRSA	Meticilin-rezistentní Staphylococcus aureus
VRE	Vankomycin-rezistentní enterokok
GABA-A	Kyselina gama-aminomáselná
FDA	Úřad pro kontrolu potravin a léčiv
GC	Plynová chromatografie
MS	Hmotnostní spektrometrie
IR	Infračervená spektrometrie
LC	Kapalinová chromatografie
GC-MS	Plynová chromatografie – hmotnostní spektrometrie
FTIR	Infračervená spektroskopie s Fourierovou transformací
FID	Plamenový ionizační detektor

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obr. 1. Příklady různých tříd terpenoidů [12].	18
Obr. 2. Chemické vzorce nejběžnějších fenolických látek [14].	19
Obr. 3. Schématické znázornění parní destilační jednotky [23].	22
Obr. 4. Zařízení pro vzorkování pomocí SPME [30].	26
Obr. 5. Lavandula stoechas Anouk	32
Obr. 6. Strukturální chemický vzorec a model molekuly linaloolu [50].	36
Obr. 7. Analyzované vzorky levandulových olejů	50
Obr. 8. Retenční parametry chromatografického píku [58].	53
Obr. 9. Plynový chromatograf, DANI Master GC Fast Gas Chromatograph	54
Obr. 10. Digitální hustoměr Anton Paar DMA 5000 M	55
Obr. 11. Refraktometr, Kruss AR4	56
Obr. 12. Chromatografická analýza esenciálního oleje Bio Levandule (Nobilis Tilia).....	58
Obr.13. Chromatografická analýza esenciálního oleje Levandule (Nobilis Tilia).....	59
Obr.14. Chromatografická analýza esenciálního oleje Levandule extra (Atok).....	61
Obr.15. Chromatografická analýza esenciálního oleje Bulgary Lavender (Bewit).....	62
Obr.16. Chromatografická analýza esenciálního oleje Kashmir Lavender (Bewit).....	64
Obr.17. Chromatografická analýza esenciálního oleje Lavender (Bewit).....	65
Obr.18. Chromatografická analýza esenciálního oleje Lavender Raw (CO <sub>2</sub> ), (Bewit).....	67
Obr.19. Chromatografická analýza esenciálního oleje Levandule (Salus).....	68
Obr.20. Chromatografická analýza esenciálního oleje Levandule extra (Salus).....	69
Obr.21. Chromatografická analýza Levandulové silice Bio (SynCare).....	70

**SEZNAM TABULEK**

Tab. 1. Nejběžnější typy rostlinných fenolických látek (seřazeny dle počtu uhlíků).....	19
Tab. 2. Požadavky na procentuální složení levandulového esenciálního oleje dle normy ISO 3515:2001 [45].....	34
Tab. 3. Popis analyzovaných vzorků.....	50
Tab. 4. Chromatografická analýza esenciálního oleje Bio Levandule (Nobilis Tilia).....	57
Tab.5.Chromatografická analýza esenciálního oleje Levandule (Nobilis Tilia).....	59
Tab.6.Chromatografická analýza esenciálního oleje Levandule extra (Cosmetics Atok).....	60
Tab.7. Chromatografická analýza esenciálního oleje Bulgary Lavender (Bewit).....	62
Tab.8.Chromatografická analýza esenciálního oleje Kashmir Lavender (Bewit).....	63
Tab.9. Chromatografická analýza esenciálního oleje Lavender (Bewit).....	65
Tab.10. Chromatografická analýza esenciálního oleje Lavender Raw (CO <sub>2</sub> ),(Bewit).....	66
Tab.11. Chromatografická analýza esenciálního oleje Levandule (Salus).....	68
Tab.12. Chromatografická analýza esenciálního oleje Levandule extra (Salus).....	69
Tab.13. Chromatografická analýza Levandulové silice Bio (SynCare).....	70
Tab. 14.Naměřené hustoty vybraných esenciálních olejů.....	71
Tab. 15. Naměřené indexy lomu vybraných esenciálních olejů.....	72

