

# **Charakteristika silic léčivých rostlin a jejich vlastnosti**

Petra Válková

---

Bakalářská práce  
2015

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav technologie potravin

akademický rok: 2014/2015

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Petra Válková**

Osobní číslo: **T11363**

Studijní program: **B2901 Chemie a technologie potravin**

Studijní obor: **Chemie a technologie potravin**

Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Charakteristika silic léčivých rostlin a jejich vlastnosti**

Zásady pro vypracování:

### I. Teoretická část

1. Charakteristika léčivých rostlin, jejich popis, pěstování, účinky
2. Silice, jejich získávání, výroba
3. Vlastnosti a účinky silic (zdravotní, organoleptické), využití

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

- [1] BERGER, Ralf G. *Flavours and fragrances: chemistry, bioprocessing and sustainability*. New York: Springer, 2007, 648 p. ISBN 35-404-9338-7.  
[2] VELÍŠEK, Jan. *Chemie potravin 2*. Tábor: OSSIS, 1999. 328 s. ISBN 80-902391-4-5.  
[3] BASER, K a Gerhard BUCHBAUER. *Handbook of essential oils: science, technology, and applications*. Boca Raton: CRC Press/Taylor, 2010, 975 p. ISBN 14-200-6315-4.  
[4] VONÁŠEK, František, Emilie TREPKOVÁ a Ladislav NOVOTNÝ. *Látky vonné a chuťové*. Praha: STNL; 1987, 437 s.  
[5] ČERVENÝ, Libor. *Syntetické vonné a chuťové látky*. Chem. Listy, 93, 1999, 412-420.

Vedoucí bakalářské práce:

**Ing. Soňa Škrovánková, Ph.D.**

Ústav analýzy a chemie potravin

Datum zadání bakalářské práce:

**2. února 2015**

Termín odevzdání bakalářské práce:

**4. května 2015**

Ve Zlíně dne 2. února 2015

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



  
doc. Ing. František Buňka, Ph.D.  
*ředitel ústavu*

Příjmení a jméno: VAŤKOVÁ PETRA

Obor: CHTP

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

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

Ve Zlíně 4.5.2015

  
.....

<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 nevdělečně 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 vyšší výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

## **ABSTRAKT**

Bakalářská práce se zabývá charakteristikou silic léčivých rostlin, i z jiných zdrojů, ze kterých se silice vyrábějí, například silicemi živočišného původu nebo syntetickými silicemi. Jsou popsány léčivé rostliny, jejich pěstování, sklizeň a následné využití. Důraz je kladen na chemické složení silic, jejich historii, způsob výroby a využívání v různých odvětvích průmyslu. Také jsou uvedeny zdravotní účinky některých druhů silic a jejich organoleptické vlastnosti.

Klíčová slova: silice, léčivé rostliny, zdravotní účinky, využití

## **ABSTRACT**

The bachelor thesis deals with the characterization of medicinal plants' oils and oils from other sources, such as oils of animal origin or synthetic ones. The description of medicinal plants, their cultivation, methods of harvesting and the subsequent usage is given. The emphasis is put on the chemical composition of essential oils, their history, the processing and utilization in different areas of industry. Furthermore, the health effects of essential oils and their organoleptic properties are described.

Keywords: essentials oils, medicinal plants, health effects, utilization

V úvodu této bakalářské práce bych chtěla poděkovat své vedoucí Ing. Soně Škrobánkové, Ph.D. za trpělivost, odborné vedení, cenné rady a připomínky, které mi poskytla při vypracování. Dále chci poděkovat rodině za morální i finanční podporu během studia.

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

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>10</b>
<b>1 LÉČIVÉ ROSTLINY</b> .....	<b>11</b>
1.1 PĚSTOVÁNÍ A SBĚR LÉČIVÝCH ROSTLIN .....	12
1.2 VYUŽITÍ LÉČIVÝCH ROSTLIN .....	13
<b>2 SILICE</b> .....	<b>14</b>
2.1 HISTORIE VYUŽÍVÁNÍ SILIC .....	14
2.2 ZÍSKÁVÁNÍ SILIC.....	15
2.2.1 Destilace vodní parou.....	16
2.2.2 Hydrodestilace podle Clevengera.....	17
2.2.3 Extrakce organickými rozpouštědly .....	17
2.2.4 Superkritická extrakce.....	18
2.2.5 Extrakce za použití tuku.....	19
2.2.5.1 Enfleuráž.....	19
2.2.5.2 Macerace .....	20
2.2.6 Lisování.....	20
2.3 ZDROJE SILIC .....	20
2.3.1 Silice rostlinného původu.....	20
2.3.2 Silice živočišného původu.....	21
2.3.3 Syntetické silice.....	21
<b>3 VLASTNOSTI A ÚČINKY SILIC</b> .....	<b>23</b>
3.1 SLOŽENÍ SILIC.....	23
3.1.1 Terpenové uhlovodíky.....	23
3.1.1.1 Monoterpeny .....	24
3.1.1.2 Seskviterpeny .....	26
3.1.1.3 Diterpeny.....	28
3.1.1.4 Triterpeny, tetraterpeny a polyterpeny .....	29
3.1.2 Alkoholy.....	30
3.1.3 Ethery .....	30
3.1.4 Karbonylové sloučeniny.....	31
3.1.4.1 Aldehydy.....	31
3.1.4.2 Ketony.....	32
3.1.5 Laktony.....	32
3.2 ROZDĚLENÍ SILIC DLE HLAVNÍCH ÚČINKŮ .....	32
3.2.1 Silice v kosmetickém průmyslu .....	33
3.2.2 Silice v potravinářském průmyslu.....	33
3.2.2.1 Antioxidační vlastnosti .....	34
3.2.2.2 Antimikrobiální vlastnosti .....	35
3.2.3 Silice ve farmaceutickém průmyslu .....	35
3.2.3.1 Expektorancia .....	35
3.2.3.2 Karminativa .....	36
3.2.3.3 Diuretika .....	36
3.2.3.4 Močová a urogenitální antiseptika .....	36
3.2.3.5 Antidepresiva .....	37
3.2.3.6 Dezinfekční a antiseptické účinky .....	37
3.2.3.7 Antiflogistika .....	38



3.2.3.8	Antihydrotika a diaforetika .....	38
3.2.4	Organoleptické vlastnosti silic .....	39
<b>ZÁVĚR</b>	.....	<b>40</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY</b>	.....	<b>41</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK</b>	.....	<b>46</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ</b>	.....	<b>47</b>

## ÚVOD

Léčivé rostliny se využívaly v dávných dobách hlavně v léčitelství a medicíně jako jediný zdroj léčivého přípravku. Spousta léčivých rostlin se také využívala jako dochucovadla, neboli koření. Sběr léčivých rostlin probíhá jednak volně, kdy v určitém ročním období rostou dané byliny nebo jejich řízeným vypěstováním. Postupem času přibývalo možností jak zpracovat tyto rostliny a to především destilací s vodní párou, extrakcí organickými sloučeninami nebo lisováním. Těmito postupy byly získávány jednotlivé složky z bylinných rostlin, které mohou být dále využity v kosmetickém, farmaceutickém a potravinářském průmyslu.

Jednou z těchto složek je silice, která se vyskytuje v mezibuněčných prostorech, v kanálcích, siličných nádržkách, ve zvláštních trichomech, papilách a žlázkách rostlin. Sloučeniny jako například terpeny, z kterých jsou silice složeny, mají pozitivní účinky. Působí na centrální nervovou soustavu jako antidepresivum nebo při nachlazení, proti nevolnostem, křečím, protizánětlivě, antisepticky a dezinfekčně.

Existují i silice, které byly vyrobeny chemickou cestou, jde o silice syntetické. Tyto synteticky vyrobené silice můžou obsahovat přírodně identické aromatické látky, které mají svůj původ v přírodě, jako například vanilín. Dále pak jsou to čistě syntetické silice, které se v přírodě vůbec nevyskytují. Vlastnosti syntetických silic je silnější aroma, jsou kvalitnější a levnější, ale ne vždy mají stejné léčivé účinky jako silice přírodní.

V dnešní době, kdy se snižuje účinek antibiotik a jiných léků na různé onemocnění, se lidé navracejí k původním léčivým metodám, za použití přírodních léčivých bylin a jejich produktů. Tyto byliny tak mohou být součástí například homeopatik, aromaterapeutických preparátů a různých masážních prostředků, kdy se využívají vonné, uvolňující oleje.

## 1 LÉČIVÉ ROSTLINY

Historie léčivých rostlin sahá až do období Sumerů, Asyřanů a Babyloňanů. Znali účinky mnoha léčivých rostlin. Mezi první, kdo sepsali jednotlivé účinky léčivých rostlin, byli Démokritos a Plinius v antickém Řecku. V čínské medicíně se léčivky používali již před 3000 let př. n. l., dále pak Indie, kde vznikl původ Ayurvedy. V období středověku se v Evropě léčivé rostliny pěstovali v klášterních zahradách. Objevením mikroskopu byli lékárníci v 19. století schopni izolovat z drog mnoho účinných látek, jako kodein, morfin a kofein [1].

Je známo asi 20 000 druhů léčivých rostlin, z nichž se u nás vyskytuje pouze asi 250 druhů. Pod pojmem léčivé rostliny se skrývá velká druhově různorodá skupina rostlin, která obsahuje některé látky, které mají potravinářské využití nebo slouží jako suroviny pro farmaceutickou výrobu. Proto se využívá označení léčivé, aromatické a kořeninové rostliny se zkratkou LAKR. Účinnými látkami v rostlinách jsou například alkaloidy, glykosidy, třísloviny, vitamíny, silice, saponiny a organické kyseliny. Uspořádání jednotlivých rostlin se může provádět podle abecedního seznamu, nebo dle účinku dané rostliny [2].

Každá léčivá rostlina se od sebe odlišuje množstvím a složením účinných látek. Navíc se od sebe odlišují i částmi, kde se tyto látky vyskytují, proto se sbírají jen například listy, květy, kořeny, hlízy, ale také kůra nebo jen plody. Příkladem může být rostlina nesoucí název mochna. U druhu mochny husí (*Potentilla anserina*) se sbírá především kvetoucí nať, kdežto u mochny nátržníku (*Potentilla erecta*) se sbírá kořen [1, 3].



Obr. 1 *Mochna nátržník (Potentilla erecta)* [4]



Obr. 2 *Mochna husí (Potentilla anserina)* [4]

### 1.1 Pěstování a sběr léčivých rostlin

U nás má pěstování léčivých rostlin dlouholetou tradici. První pokusy s pěstováním léčivých rostlin v systému ekologického zemědělství se datují již od počátku 90. let. Pěstování ovlivňují nejčastěji klimatické podmínky, dále pak lokalita (nadmořská výška), kvalita půdy a výskyt škůdců [2].

Pěstování léčivých rostlin stále narůstá jednak kvůli stoupající poptávce po přírodních zdrojích léčiv a také proto, že je toto pěstování podporováno státními dotacemi. Přesně je to 54 druhů rostlin. Příkladem jsou rostliny s největší výměrou pěstování a to hlavně kmín kořený, dále pak fenýkl obecný, heřmánek pravý, meduňka lékařská, máta peprná,

měsíček lékařský, jitrocel kopinatý, tymián obecný, yzop lékařský, šalvěj lékařská, sléz maurský, libeček lékařský, ostropestřec mariánský, dobromysl a saturejka zahradní [2].

Velkou tradici u nás má i volný sběr léčivých rostlin. Nejčastěji jsou to plody šípku, květy bezu černého a lipový květ. Výkupčí odkoupí rostliny, které splňují dané požadavky. To může být například lokalita sběru rostlin, senzorická kvalita nebo obsah účinných látek. V obou případech se jedná o ruční sběr. Sklizeň se ukládá do větraných nádob. Jednotlivé části rostlin se sbírají obvykle v jiném čase nebo ročním období. Listy se sbírají před tvorbou květů. U nadzemních částí je výhodnější sklizeň odpoledne. Sklizeň kořene se doporučuje na jaře nebo na podzim [2].

## 1.2 Využití léčivých rostlin

Hned po sklizni může následovat sušení, které probíhá šetrně při různých teplotách, která závisí na druhu nebo částí rostliny. Doba sušení se pohybuje od 5 – 24 dnů. Vznikají rostlinné drogy, které se využívají v potravinářském průmyslu do bylinných čajů a jako koření. Do léčivých přípravků se přidává celý rostlinný materiál nebo jen účinná látka, která se vyextrahuje, například silice destilací. Vyextrahované složky slouží k výrobě tinktur, aromatické vody anebo extraktů [1].

## 2 SILICE

Silice nebo také éterické, esenciální či aromatické oleje, se definují jako těkavé, intenzivně vonící směsi přírodních rostlinných látek olejovité konzistence, které jsou lipofilní a ve vodě těžko rozpustné. Obvykle bývají v čerstvém stavu bezbarvé, ale díky jejich vlastnosti zoxidovat získávají po delší době tmavou barvu a pryskyřičnatí. Kromě toho mohou být žlutohnědé (hřebíčková silice), zelené nebo modré. Zabarvení silic je způsobeno azulemem, který se vyskytuje v heřmánku pravém nebo ze stromu *Bulnesia sarmientoi* (guajakové dřevo) [5, 6].

V rostlinách se silice nacházejí v mezibuněčných prostorech, v kanálcích, siličných nádržkách, ve zvláštních trichomech, papilách a žlázkách. Dále pak v různých částech rostlin, jako jsou květy (levandule), listy (eukalypt), pryskyřice (kadidlo), bobule (černý pepř), šišky (cypřiš) nebo v jádru dřeva (santalové dřevo). Silice se u rostlin považují spíše jako odpadní produkty metabolismu. Rostlina tyto látky využívá především k ochraně před škůdci, ale i naopak k nalákání opylovačů [3, 7].

Z fyzikálního hlediska je hustota silic nižší, než hustota vody. Výjimku tvoří silice s vysokým obsahem síry a aromatických sloučenin (hřebíčková, skořicová). Silice jsou přítomny v rostlinách zpravidla volné, jen málokdy se mohou vyskytovat v glykozidní vazbě [5, 8].

### 2.1 Historie využívání silic

Využití silic zejména v rostlinném léčitelství a pro terapeutické účely má dlouhou historii. Naši předci pravděpodobně pozorovali nemocná zvířata, která si vybírala k potravě určité rostliny, ty pak aplikovali na své neduhy. Prvenství se připisuje starým Egypťanům už od roku 3000 před naším letopočtem, kdy tyto silice využívaly ke kosmetickým a medicínským účelům. Jednou z nejstarších používaných siličných bylin je tymián obecný (*Thymus vulgaris L.*), používal se nejen v kuchyni jako koření, ale i jako prostředek pro mumifikaci těl, který zabraňoval rychlejšímu rozkladu tkání. V silici této rostliny je obsažen thymol, který má antiseptické účinky a navíc společně s karvakrolem působí proti plísním a bakteriím. Tyto látky, které jsou obsažené v tymiánu obecném, se mohou také nalé-

zat ve složce silic dobromyslu obecného (*Origanum vulgare L.*), nebo i řeřichy (*Lepidium*) [3, 9].

Přesné a zdokonalené postupy získávání rostlinných silic zaznamenali až na středním východě, na území dnešního Íránu v době od 7. století našeho letopočtu, kde se zajímali o přírodní vědy a medicínu. Perská říše byla vyspělejší a pokrokovější než Evropa, kde vládlo období středověku. Mezi největší učence této doby patřili Ibn Síná (Avicenna, 980 – 1037) a al-Kindí (zemřel po roce 870), kteří se zasloužili nejen o výrobu alkoholu destilací, ale také rostlinných olejů, růžové vody a voňavek [3, 10, 11].

Největší úspěch silic nastal až ve 12. století, kdy byly poprvé přivezeny na jih Evropy, především do Itálie. Hlavními obchodními velmocemi s tímto artiklem se staly Benátky, Janov a Florencie. Tyto oleje se využívaly především v léčitelství, ale od 13. století se silice začaly přidávat do složení vonných parfémů. První evropský parfém, byl dle některých zdrojů, vyroben v Rakousku - Uhersku, na území dnešního Maďarska. Poté se centrum přesunulo do Francie za období panovnice Kateřiny Medicejské. Také v Německu si oblíbily výrobu parfémů takzvanou kolínskou [11].

Na dálném východě, v Indii a v Číně je používání rostlinných olejů k léčebným účelům tradiční metodou, která je bez přerušení součástí této kultury již tisíce let. V Evropě se postupně vrací k alternativní medicíně a léčitelství [3].

## 2.2 Získávání silic

V zásadě existují tři druhy získávání silic z rostlin a dále pak kombinace těchto metod.

- 1) Nejpoužívanější metody jsou destilace materiálu s vodní párou nebo hydrodestilace. Následuje oddělení vrstvy silice z destilátu. Těmito způsoby se vyrobí i určitý podíl silice, která je méně kvalitní. Tato méně kvalitní silice se využívá například v potravinářském průmyslu nebo do mýdel [5, 12].
- 2) Další metodou je extrakce nepolárními rozpouštědly, získaný extrakt se nazývá miscela. Inovace této metody, je extrakce freony a oxidem uhličitým při nadkritických tlacích (tzv. superkritická extrakce). Naopak za nejstarší metodu se považuje extrakce za použití tuku, enflouráž nebo macerace [5, 13].
- 3) Třetí metodou je lisování a oddělování vrstvy silice (převážně silice z oplodí citrusových plodů) [5, 13].

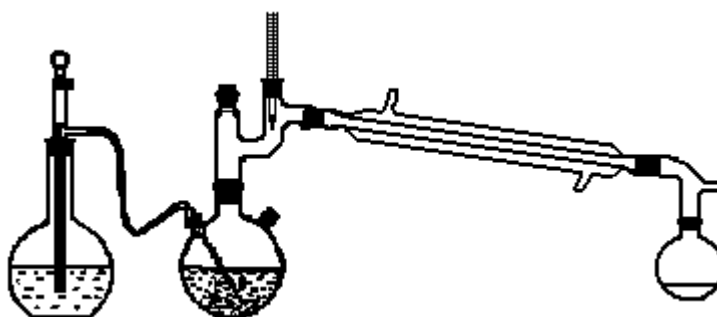
### 2.2.1 Destilace vodní parou

Pro silice s vysokou teplotou varu, které nejsou mísitelné s vodou ani s ní nereagují (například anilín), je výhodné využít destilace s vodní parou. Z 93 % se využívá destilace s vodní párou, zbylých 7 % ostatní metody [14].

Destilace probíhá v aparatuře, která se skládá ze čtyř částí: nádrž na rostliny, zařízení na výrobu páry, chladič a nádržky na olej. Části rostlin se přesunou do nádrží z ušlechtilého kovu, nebo z mědi. Zahříváním vzniká tlak a pára, která je poháněna k rostlinnému materiálu, kde se pozvolna začne uvolňovat silice [5, 15].

Proces destilace probíhá tak, že nejprve silice vystupuje na povrch rostliny, kde se kondenzují kapičky rostlinné silice smíchané s horkou vodní parou. Poté dochází ke srážení, kde pomocí různé hustoty vody a výtažku se tyto látky rozdělí. Silice, která má vyšší hustotu, tvoří horní vrstvu destilátu. Takto získaná přefiltrovaná esence se uchovává ve vzduchotěsných sudech. Tyto sudy jsou chráněny před světlem a teplem. Esence se stáčí do skleněných lahvíček, které jsou barevné. Nejvýhodnější z barevné škály je fialová, která chrání obsah před průnikem viditelného spektra světla, ultrafialového a infračerveného záření. Kapátko lépe zamezuje průniku vzduchu. Takto ochráněné obaly prodlužují trvanlivost a kvalitu esenciálních olejů, tedy jejich bioaktivitu [14, 15, 16].

Kvalita silice a doba trvání destilace závisí na druhu rostliny a jakosti vody. Například máta se destiluje několik desítek minut, kdežto hřebíček i několik hodin [15].

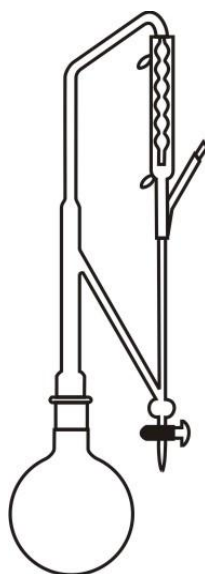


Obr. 3 Destilační aparatura [17]



### 2.2.2 Hydrodestilace podle Clevengera

Metoda hydrodestilace probíhá obdobně jako destilace s vodní párou. Rozdílem je, že se vkládá vysušený rostlinný materiál s destilovanou vodou přímo do varné baňky a destilují se společně. Na baňku se poté nasadí Clevengerův nástavec na jímání silice, obsahující chladič a kalibrovanou kapiláru pro měření objemu silice. Posléze se baňka přivede k varu, kde voda se směsí stoupá do chladiče a dále kondenzuje a skapává do kapiláry. Přebytečná voda se vrací zpět do baňky. Silice po destilaci obsahuje větší množství vody, která se odstraní dekantací. Výhodou tohoto postupu je šetrnost ke složkám v silicích, jelikož teplota destilace nepřesáhne 100 °C [12, 18].



Obr. 4 Clevengerův nástavec [19]

### 2.2.3 Extrakce organickými rozpouštědly

Extrakce je separační metoda, při které přechází složka ze směsi látek v kapalně či tuhé fázi do jiné kapalně fáze. Tato extrakce je velmi výhodná pro izolaci tepelně nestálých látek, protože se může provádět i za laboratorní teploty nebo za chladu. Při získávání silice z květů se používají různé rozpouštědla, především nepolární jako jsou petrolether nebo ether. Toto činidlo do sebe silice absorbuje [13].

První produkt extrakce se nazývá konkret, který obsahuje kromě vonných látek ještě různé balastní látky především vosky. Hustá hmota, konkret se smíchá s alkoholem, přefiltruje se a zchladí na -12 °C až na -15 °C, pak dojde k další filtraci a vymražení, kde se vosky

oddělí. Následně směs podstoupí poslední filtraci a ethanol se odpaří. Získá se silice absolutní, to znamená, nejčistší a nejkonzentrovější forma [5, 13].

Extrakční postupy jsou poměrně nákladné. Tato metoda se využívá, když daná rostlina obsahuje malé množství vonných látek a tedy vznikne i malé procento silic. Výhodou tohoto procesu je vznik neprchajícího vosku a rostlinných barviv [5, 16].

#### 2.2.4 Superkritická extrakce

Dalším účinným rozpouštědlem nepolárních látek jako jsou silice, nebo i slabě polárních látek, je oxid uhličitý, který je za obvyklých podmínek plyn. Po stlačení nad 7,38 MPa a při teplotě nad 31,1 °C se z plynného skupenství nestává kapalina, ale superkritická tekutina. Tato tekutina má hustotu přibližující se kapalinám, ale zároveň lépe než kapaliny proniká do porézních materiálů, protože její viskozita je blízká plynům. Takto upravený oxid uhličitý má velké využití, například při separaci látek z přírodních produktů v potravinářském průmyslu, superkritické polymeraci a superkritické oxidaci. Výhodou tohoto oxidu uhličitého je nehořlavost, zdravotní nezávadnost a levnost [19, 20].

Samotná extrakce probíhá nejprve tím, že se rostlinné části mechanicky rozmělní (mletím, sekáním a krájením) a uloží se do extraktoru. Oxid uhličitý je z plynného stavu stlačen kompresorem nad kritický tlak a je nutné ho zahřát na teplotu vyšší než je jeho kritická teplota, tak, aby se z něj stala superkritická tekutina. Superkritická tekutina prochází rostlinným materiálem a rozpouští v sobě požadované látky (silice, oleje, barviva, biologicky aktivní látky atd.). Následně dochází k expanzi v expanzivním ventilu, kde dojde k přeměně ze superkritické tekutiny na plyn, který už nemá schopnost rozpouštět. Extrakt se oddělí ve zvláštní nádobě a oxid uhličitý odchází čistý do kompresoru, kde se opět stlačí a celý cyklus začíná znovu. Tento proces se opakuje až do úplného získání žádané látky z rostlinného materiálu [19].

Nejčastěji se tato metoda využívá u získání kofeinu z kávy. Další významné a časté uplatnění má superkritická oxidace u chmelové extrakce, kde se získávají pouze silice a hořké kyseliny. Polární složky jako jsou dusičnany a polyfenoly se vyskytují jen v minimálním množství [19].

Výhodou této metody je dlouhodobá stabilita chemického složení a vyšší výtěžnost. Extrakce kapalným či superkritickým oxidem uhličitým za vysokého tlaku je velmi moderní způsob výroby silic a postupně nahrazuje extrakci ethanolem [19, 20].

## 2.2.5 Extrakce za použití tuku

### 2.2.5.1 *Enfleuráž*

Enfleuráž je nejstarší metodou získávání esenciálních olejů vynalezena v jižní Francii okolo 19. století. Některé rostliny jako je jasmín či tuberóza, známé jako nocovky, u kterých se zpracovávají květy, které jsou náchylnější a mají nízký obsah esenciálního oleje. Použití extrakce s vyššími teplotami by tyto rostliny znehodnotilo a nevzniklo by dostatečné množství oleje [5].

V případě těchto rostlin se okvětní plátky umístí na skleněné podnosy s rostlinným nebo živočišným tukem (z vepřového sádla nebo hovězího loje). Tento tuk musí být bez zápachu, a proto se provádí jeho deoderizace. Silice se postupně vsakují do tuku a po vyčerpání těchto květů se vyjmou a vloží se čerstvé. Tento postup se opakuje, až do té doby, než se tuk nasatí esenciálním olejem (1 – 3 dny). Přidáním alkoholu do této směsi (pomády), se uvolňuje tuk od esenciální látky a dále se alkohol odpaří. Tuk, který má zbylé voňavé složky, se dále zpracovává na mýdlo. Tato metoda je velmi náročná a proto se v dnešní době již téměř nevyužívá [5, 15, 21].



Obr. 5 Podnosy s rostlinným materiálem a tukem [22]

### 2.2.5.2 *Macerace*

Extrakce silic macerací, se využívá taktéž u rostlin, které jsou citlivější na jiné extrakční metody, jelikož ztrácejí své vonné složky již po sklizni. U metody macerace se využívá živočišného tuku jako u enfleuráže, ale navíc se může použít i rostlinný olej. Nejprve se tuk nebo olej rozeřeje v cínových nádobách na 60 – 70 °C a poté se do nádob nasypou květy. Teplem se rozruší buňky rostliny a uvolňující silice se absorbují do tuku. Po přibližně jedné hodině se květy vytáhnou a místo nich se vloží čerstvé. Tento proces se opakuje asi desetkrát. Z použitých květů se vylisuje tuk nebo olej, který se vrátí zpět do nádoby [23].

Opět jako u enfleuráže vzniká pomáda a pokud byl použit olej, vzniká tak vonný olej. Do pomády nebo vonného oleje se nalije alkohol, který se následně odpaří a nakonec se provede filtrace [5].

### 2.2.6 Lisování

Nejvýhodnější postup lisování je lisování za studena. Toto lisování se využívá především u citrusových plodů (pomeranč, citron, mandarinka), jelikož mají své silice lehce dostupné ve své slupce. Silice lze pak snadno získat pouhým zmáčknutím a skarifikací. Skarifikace je nabodnutí slupky plodů tedy i váčků, kde se silice nachází. Ta poté následně samovolně vytéká do nádobek s filtrem. Místo mačkání se může provádět strojové lisování, kde se slupky plodů nakrájejí a smíchají s vodou. Poté se lisují. Nakonec se směs vody a oleje oddělí pomocí centrifugy. Silice je kvalitní a obsahuje bioaktivní látky, které nebyly odstraněny teplem. Jako vedlejší produkt vzniká ovocná šťáva [5, 15].

## 2.3 Zdroje silic

### 2.3.1 Silice rostlinného původu

Rostlinné silice jsou získávány z mnoha částí rostlin, jako jsou květy, semena, listy, plody, atd. Odběr požadovaného rostlinného materiálu vyžaduje zkušenost odběratele, na kterém závisí kvalita a bioaktivita získané esenciální směsi. Při sklizni se musí dbát na stáří rostliny, stupeň zralosti, dobu sklizně, odrůdu a její zdravotní stav. Rostlina napadená škůdcem začne produkovat více obranných látek a měnit tak své chemické složení [5, 24].

Nejznámější silice, které se využívají v potravinářském průmyslu, jsou obsaženy v koření, jako je bobkový list, hřebíček, dobromysl obecná, tymián obecný, skořice, muškátový oříšek [25, 26].

### 2.3.2 Silice živočišného původu

Silice živočišného původu se získávají ze zvířecích žláz a orgánů. Při výrobě kompozic z těchto silic se obvykle nevyužívají produkty přímo, ale jen jejich resinoidy (pryskyřice) nebo tinktury. Nejznámější vonné esence živočišného původu jsou kastoreum (bobr obecný), cibet (cibetka), mošus (kabar pižmový) a ambra pravá (vorvaň obrovský) [25, 27].

Ambra se vyskytuje v zažívacím traktu vorvaňů, kde napomáhá k trávení tvrdých a ostrých částí potravy. S těmito špatně stravitelnými částmi odchází ambra pryč z těla. Zprvu je ambra světlé barvy s fekálním zápachem, až po letech na moři, kde oxiduje a vzniká na povrchu šedý povlak jako na čokoládě a zápach se mění v příjemnou vůni [27, 28].

Hlavní složkou ambry je ambrein, který během času na moři působením vzdušného kyslíku a slunečního svitu oxiduje a vede k vytvoření šesti mono-, di- a bicyklických sloučenin. Mezi dvě podstatné sloučeniny patří ambrox a ambrinol, které mají hlavní podíl na vůni ambry. K výrobě ambrové tinktury je zapotřebí extrakce lihem za přídavku laktózy a uhlíčitanu draselného. Poté se nechává uzrát na několik měsíců při pokojové teplotě a při urychlení zrání se přidává peroxid vodíku [27, 28].

Silice živočišného původu se většinou získávají vyříznutím pižmového váčku. Tento váček může být vysušen a dále pak z něj extrahována tinktura. Extrakce se provádí lihem. Silice se využívá jako vonná složka do parfému, mýdel a jiných kosmetických přípravků, dále pak jako fixátory, které prodlužují vůni parfémů [27].

### 2.3.3 Syntetické silice

Silice jsou zdrojem vonných a chuťových látek, které nám ovlivňují naše organoleptické vlastnosti. V dřívějších dobách se používaly čistě přírodní silice, zatímco v dnešní době se více využívají ty syntetické, které jsou často kvalitnější a levnější než silice přírodní. Dále pak výroba a samotné pěstování rostlin je náročnější. Vše závisí na klimatických podmínkách, které nejsou vždy optimální, a proto nemusí být dostatek rostlinného materiálu na zpracování [26].

- 1) Vznikají tak přírodně identické aromatické látky, jako jsou vanilín, kokosové a ananasové aroma atd. Tyto silice se obvykle vyskytují v přírodě, ale díky své náročnosti na výrobu, jsou připravovány chemickými postupy v laboratořích. Takto vyrobené silice jsou často levnější, dostupnější a jejich chuť a vůně je pronikavější, než u přírodních silic. Nevýhodou může být někdy až umělá chuť v ústech po požití potravin s těmito látkami [25, 29].
- 2) Čistě syntetické silice se v přírodě vůbec nevyskytují. Použití těchto vonných, ale i někdy chuťových látek je pod přísnou kontrolou a podléhá schvalovací proceduře. Počet a sortiment vonných látek neustále roste a jejich kvalita se zvyšuje zdokonačováním technologických procesů. Základními chemikáliemi mnoha syntetických silic je toluen, styren, fenol, isopren, terpentýn a ricinový olej. Skoro ve všech hlavních skupinách organických sloučenin se mohou nalézat syntetické vonné látky, ať to jsou uhlovodíky, halogenderiváty, alkoholy a fenoly, thioly, fenoly, ethery, sulfidy, dusíkaté deriváty, aldehydy, ketony, karboxylové kyseliny a jejich deriváty, především pak estery a laktony, heterocyklické sloučeniny a další [27, 29].

Ve světě existují výrobci, kteří používají kvalitní přírodní silice, které přidávají do parfémových kompozic anebo jako chuťové aromata. Nelze totiž vždy vyrobit některé složitější přírodní vonné látky synteticky [29].

### 3 VLASTNOSTI A ÚČINKY SILIC

Vonné látky rostlin, tedy silice jsou směsí látek, které působí na čichové receptory a vyvolávají dojem vůně. Mohou současně působit na chuťové receptory a jsou potom i zároveň chuťovými látkami. Vonné látky jsou převážně málo polární nebo nepolární. Ve vodě málo rozpustné až nerozpustné těkavé látky, vyvolávající širokou škálu nejrůznějších sensorických vjemů. Léčivé rostliny obsahující sensoricky aktivní látky, jako jsou terpeny, se označují názvem primární sensorické aktivní látky. Sensorické látky, které vznikly působením enzymů nebo jinými chemickými procesy při skladování, například potravin, jsou označovány jako sekundární sensorické látky [13].

Primární i sekundární vonné směsi jsou tvořeny uhlovodíky, na kterých bývá nejčastěji navázán kyslík (alkoholy, ethery), dusík (aminy, dusíkaté heterocykly) a síra (thioly, sulfidy). Největší význam mají terpenové uhlovodíky především monoterpeny, seskviterpeny, diterpeny [13].

#### 3.1 Složení silic

Složení silic bývá ovlivňováno prostředím, kde rostlina vyrůstá. Příkladem může být myrta (*Myrtus communis L.*), u které bylo zjištěno, že v určitých zemích a oblastech jako je například Írán, Turecko a Itálie se složení jednotlivých sloučenin v silicích mění. Parní destilací byla získána silice, která obsahovala hlavně monoterpenové uhlovodíky, oxidy a alkoholy. Dále byly výsledky analyzovány GC/MS metodou, kde bylo zjištěno procentuální zastoupení jednotlivých složek. Například  $\alpha$ -pinen (22,5 – 31,6 %), limonen (3,8 – 23,4 %), 1,8-cineol (5,9 – 36,1 %) a linalool (8,4 – 11,6 %). Toto zjištění má vliv na použití silic v průmyslu [30].

##### 3.1.1 Terpenové uhlovodíky

Terpeny jsou nenasycené uhlovodíky převážně rostlinného původu. Jejich molekuly se skládají ze dvou nebo více izoprenových jednotek. Jsou těkavé a mají silné aroma. Jsou součástí silic v listech, plodech, květech, oddencích i kořenech rostlin. Jejich obecný vzorec je  $(C_5H_8)_n$  [13, 29].

Terpeny se můžou dělit podle stavby uhlíkatého řetězce na acyklické nebo cyklické, dle chemického složení na uhlovodíky nebo kyslíkaté deriváty, dále pak podle způsobu výskytu v rostlinách a to na silice, pryskyřice a balzámy. Nakonec terpeny jsou rozdělovány podle počtu polymerovaných molekul isoprenu do šesti skupin (monoterpeny, seskviterpeny, diterpeny, triterpeny, tetraterpeny, polyterpeny) [11, 27, 29].

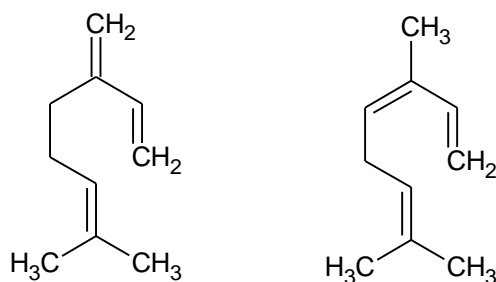
### 3.1.1.1 Monoterpeny

Monoterpeny vznikají ze dvou isoprenových jednotek ( $C_{10}$ ) a jsou zpravidla děleny na acyklické, monocyklické a bicyklické sloučeniny. Jejich syntéza probíhá jen v rostlinách, přesněji v parenchymatických buňkách, bakteriích a u některých druhů hmyzu (puchýřník lékařský). Jsou považovány jako sekundární metabolity. Z celkového počtu rostlin je asi desetina vhodná pro výrobu silic obsahující též monoterpeny, které bývají pojmenovány podle rostlinného druhu, ze kterého se získávají, například silice citrónová, hřebíčková, mátová, eukalyptová atd. [25].

#### 3.1.1.1.1 Acyklické monoterpeny

V silicích se z těchto látek nejčastěji vyskytují uhlovodíky, jako jsou myrcen (bobkový list), ocimen (bazalka, levandule). Z acyklických monoterpenů obsahují alkoholovou skupinu linalool, geraniol a citronelol, které jsou v silicích vavřínové, skořicové, koriandrové, citrusové nebo v růžovém oleji. Z aldehydů je to například gerandial čili citral, který tvoří až 80 % citronové silice, která se získává z rostliny vousatky citronové (*Andropogon stratus*). Používá se jako vonná substance do mýdel a pro přípravu syntetického  $\alpha$ -jononu. Při kombinaci  $\alpha$ -jononu a  $\beta$ -jononu vzniká aroma fialek. Využití mají v kosmetickém průmyslu díky jejich příjemnému aromatu. V medicíně se využívají pro jejich antiseptické účinky [13, 29, 31].

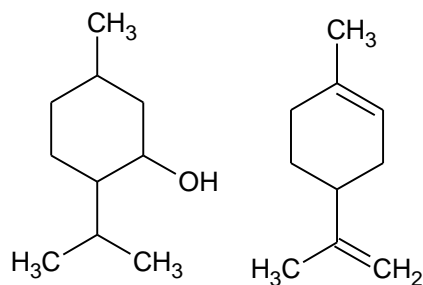




Obr. 6 Ocimen a myrcen

### 3.1.1.1.2 Monocyklické monoterpeny

K monocyklickým terpenům patří například uhlovodík limonen (citrusové plody). Cyklický monoterpen menthol obsahuje alkoholovou skupinu. Molekula má tři asymetrické uhlíky, a proto může mít osm izomerů. Levotočivý menthol je obsažen v silicích máty. Jiným uhlovodíkem je  $\alpha$ -terpinen, je obsažen v silicích oregana a muškátovém oříšku. Terpenickým aldehydem je perilový aldehyd, jehož oxim je čtyřikrát sladší než sacharosa. Perilový olej se lisuje z rozemletých semen perily křovité (*Perilla frutescens*). Tento olej je světle žlutý a nahrazuje lněný olej. Silice působí proti astmatu a také se využívá jako antialergen. Semena této rostliny jsou zdrojem  $\omega$ -3 mastných kyselin. Dále pak cinnamaldehyd, který se přirozeně vyskytuje v kůře skořicovníku cejlonského (*Cinnamomum zeylanicum*). Z kůry tohoto stromu se vyrábí esenciální olej s obsahem 90 % trans-cinnamaldehydu. Dalším aldehydem je vanilin, který je obsažen v plodech orchidejí rodu vanilkovník. Z ketonických terpenů je důležitý menthon (máta peprná), karvon (kmín) a piperiton (eukalyptus) [29, 32].



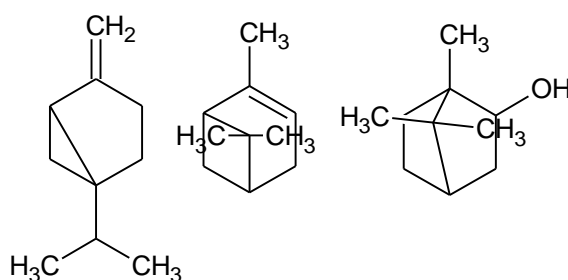
Obr. 7 Menthol a limonen

### 3.1.1.1.3 Bicyklické monoterpeny

Bicyklické monoterpeny jsou rozdělovány do třech základních typů, a to tujanového, pinanového a kamfanového. Do tujanového typu spadá uhlovodík sabinen, který tvoří kombinaci pětičlenného a tříčlenného kruhu. Je obsažen v silici muškátového oříšku a v jalovci. V silici pelyňku se nachází alkohol tujol a keton tujon. U tujonu byly zjištěny nežádoucí účinky, kterými jsou psychické poruchy [32].

Bezokyslíkatý  $\alpha$ -pinen a  $\beta$ -pinen patří do typu pinanového. Pinany tvoří kombinaci šestičlenného a čtyřčlenného kruhu. Pinen je terpen terpentýnové silice, která se získává z pryskyřice poraněné kůry borovic. Tato pryskyřice se dále destiluje s vodní párou. Dalším produktem této destilace je kalafuna. Pro technické účely je nejvýhodnější řecký terpentýn, obsahující až 80 %  $\alpha$ -pinenu [13, 29, 32].

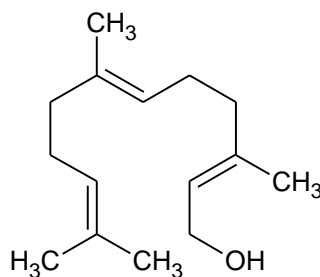
Mezi důležité bicyklické terpenové alkoholy patří borneol ze silice rozmarýnové, například z rozmarýnu lékařského (*Rosmarinus officinalis*) a isoborneol. Oba náleží do kamfanového typu. Jejich oxidací kyselinou dusičnou vzniká kafr. Přirozený pravotočivý kafr se získává vymražením z kastrového oleje. Tento olej, který se izoluje z dřeva kastrovníku (*Laurus camphora*) se vytvoří po destilaci s vodní párou [13, 29, 32].



Obr. 8 Sabinen,  $\alpha$ -pinen a borneol [13]

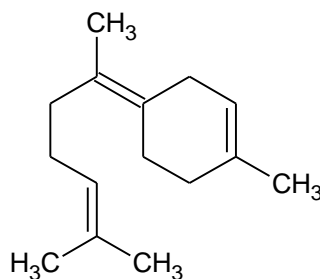
### 3.1.1.2 Seskviterpeny

Seskviterpeny jsou hlavní složkou silic, které obsahují obvykle 15 uhlíkových atomů. Seskviterpeny se rozdělují na poměrně malou část acyklických seskviterpenů, například farnesol. Je obsažen v rostlinách, jako je jasmín, pomerančovník, bramborík a v lipových květech. Častěji se seskviterpeny vyskytují ve formě monocyklické a bicyklické. Celkově je známo asi 3000 sloučenin, které mají mnohdy hořkou chuť a výraznou vůni. Tyto hořčiny se vyskytují třeba ve chmelu a heřmánku [29, 32].

Obr. 9 *Farnesol*

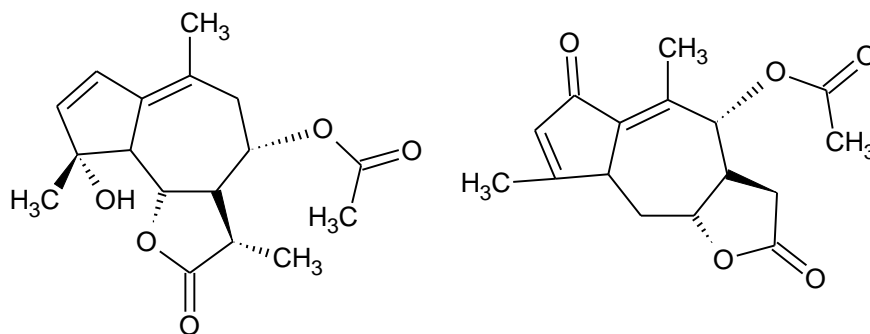
### 3.1.1.2.1 Monocyklické seskviterpeny

Mezi nejznámější monocyklické seskviterpeny patří  $\gamma$ -bisabolen, který se nachází v pepři a oreganu, dále pak uhlovodíky zingiberen a arcurcumen, které jsou zastoupeny v zázvoru a také  $\alpha$ -humulen, který je součástí chmelové silice [29].

Obr. 10  *$\Gamma$ -bisabolen* [13]

### 3.1.1.2.2 Bicyklické seskviterpeny

Bicyklické seskviterpeny azuleny se vyskytují v heřmánku a pelyňku jako proazuleny respektive azulenogenní seskviterpeny, například matricin či matrikarin. Po destilaci s vodní parou a okyselení se tyto látky mění na chamazulen, který způsobuje modré zabarvení takto vzniklých silic. Proazuleny pelyňku jsou například absintin, artabsin, které přecházejí na chamazulenogen v chamazulen. V potravinářství se pelyňek využívá k výrobě alkoholického nápoje absintu. Dalším příkladem jsou  $\beta$ -kadinen (jalovec),  $\beta$ -selinen (celer) a  $\beta$ -karyofylen. Karyofylen se izoluje ze silice hřebíčkové [29, 32].

Obr. 11 *Matricin a matrikarin [33,34]*

### 3.1.1.3 Diterpeny

Diterpeny vznikají spojením čtyř isoprenoidních jednotek a obsahují 20 uhlíků. Jsou to krystalické bezbarvé látky bez zápachu. Diterpeny samy o sobě nemají jako aromatické látky význam, v některých potravinách mohou být však prekurzory sensoricky aktivních produktů [6, 35].

Acyklické diterpeny se v přírodě příliš nevyskytují, jde zejména o geranylcitronellol a fytol. Fytol (3,7,11,15-tetramethylhexadec-2-en-1-ol), který se vyskytuje ve dvou isomerech *cis* a *trans* tvoří složku mnoha silic a nachází se v zelených rostlinách [6, 27].

Většina diterpenových alkoholů jsou alicyklické sloučeniny často jako volné látky, ale především jako estery s mastnými kyselinami nebo jako glykosidy. Příkladem jsou kafestol a kahweol, které se s dalšími terpeny vyskytují v zelené kávě. Kafestol je terpenem, který nám zvyšuje hladinu LDL (nízkodenzitního lipoproteinu) cholesterolu v krvi tím, že vytváří komplex s receptory. Vzniklý komplex v játrech blokuje některé geny, které zajišťují regulaci cholesterolu. Je dokázáno, že časté pití kávy zvyšuje hodnoty LDL cholesterolu v krvi o 6–8 %. Bezkofeinová káva má stejný podíl kafestolu jako káva s kofeinem. Jediný rozdíl je u druhu kávy, *robusta* obsahuje kafestolu více než *arabica*. Naopak kahweol je prospěšný na kosti a má protizánětlivé účinky [27, 36, 37].

Bicyklickým diterpenem je sclareol, který se nachází v menším množství v šalvějové silici. Dalšími bicyklickými diterpeny jsou gibereliny (giberelin A<sub>3</sub>), které se vyskytují v rostlinách jako hormony [13, 35].

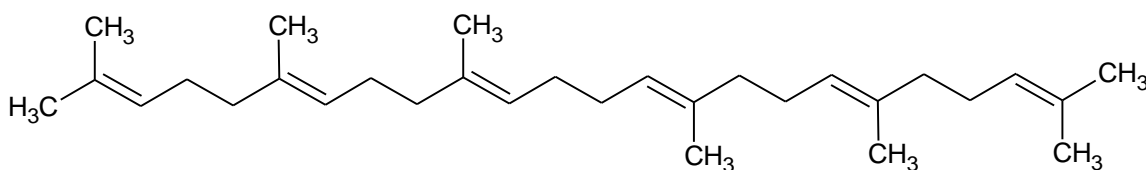
### 3.1.1.4 Triterpeny, tetraterpeny a polyterpeny

Triterpeny jsou látky obsahující 30 uhlíků a jsou složeny z šesti isoprenoidních jednotek. Vyskytují se hlavně ve vyšších rostlinách, méně často u mořských živočichů. Triterpeny jsou často tuhé látky vyskytující se v přírodě volné nebo vázané ve formě esterů nebo glykosidů. Částečným odbouráváním triterpenů vznikají steroidy. Steroidy jsou tetracyklické látky, chemicky jsou to deriváty cyklopentanofenantrenu. Mezi steroidy patří steroly (zosteroly, fytoosteroly a mykosteroly), žlučové kyseliny (například kyselina cholová), vitaminy D, pohlavní hormony (například progesterony), hormony nadledvinek (například kortison) a aglykony některých glykosidů, zejména glykosidů kardioaktivních a také saponinů. Saponiny jsou sekundárními metabolity rostlin a jsou obsaženy v některých čeledích rostlin pryskyřníkovitých nebo liliovitých [38, 39].

Acyklickým triterpenovým uhlovodíkem, který se vyskytuje u živočichů je skvalen, který se nachází v játrech žraloků a je prekurzorem biosyntézy triterpenů. Žraločí skvalen je vzácnější a proto se využívá skvalen z rostlin. Vyskytuje se v olivovém oleji (do 1 %) dále pak v pšeničných a rýžových otrubách. Dalším příkladem triterpenů je ambrein, získávaný z lebeční dutiny vorvaně [35].

Tetraterpeny se skládají z 8 isoprenových jednotek a obsahují 40 uhlíků v molekuli. Hlavně je obsažen v rostlinách jako barvivo karotenoidy. Tyto karotenoidy se dělí na uhlovodíky karoteny nebo kyslíkaté deriváty xantofyly. V zanedbatelném množství se nachází karoteny, konkrétně  $\beta$ -karoten (3 - 6 %) a lykopen (1 – 2 %) v citrusových olejích [35].

Přírodní kaučuk je polyterpen, získávaný ze stromu kaučukovníku (*Hevea brasiliensis*). Z kmene stromu vytéká latex, který se dále vysráží kyselinou. Tento kaučuk se nachází v cis formě. Dalším polyterpenem je gutaperča, která je stereoizomerem přírodního kaučuku a vyskytuje se v trans konfiguraci. Na rozdíl od kaučuku není elastická [40].



Obr. 12 Skvalen [38]

### 3.1.2 Alkoholy

Aromatické alkoholy v silicích se vyskytují přirozeně nebo vznikají při procesech fermentačních anebo termických, ale také i při rozkladu esterů. Nižší alifatické nasycené a nenasycené alkoholy jsou součástí přírodních vonných látek. Aromatické alkoholy (benzylalkohol, 1-propanol a 1-butanol) se vyskytují v ovocných brandy, které jsou vyrobeny z kvašeného ovoce, jako jsou třešně, hrušky a také ze švestek. Některé nenasycené alkoholy jsou prekurzory esenciálních mastných kyselin. Jsou to nositelé bylinné vůně a vyskytují se v ovoci, zelenině a houbách. Příkladem jsou 3-hexen-1-ol, 1-okten-3-ol a 1,5-oktadien-3-ol [13, 27].

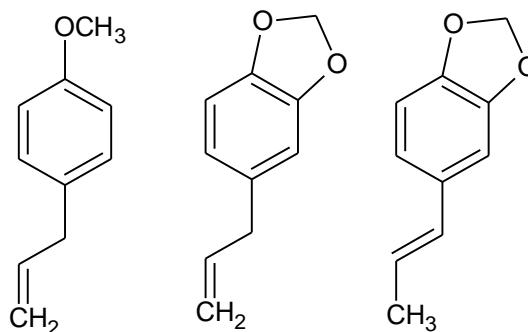
### 3.1.3 Etery

Etery jsou součástí silic vyskytujících se v koření. Jejich využití v potravinářském průmyslu je zanedbatelné. Příkladem jsou některé alkylalyletery, které jsou odvozeny od anisolu nebo veratrolu. V kosmetickém průmyslu se tyto aroma syntetizují [13].

Estragol vyskytující se v estragonové silici, která se nachází například v bazalce, v některých druzích pelyňku a fenyklu. Jeho izomerem je anethol, složkou anýzové, fenyklové a badyánové silice [13].

Ether safrol, který se nachází v sasafrasové silici obsažené hlavně ve stromě kašťa (*Sassafras albidum*), dále se nachází v anýzovém oleji, muškátovém oříšku a v černém pepři. Safrol se používá jako aditivum do kořenového piva nebo do nápoje sarsaparilla. Isosafrol je isomer safrolu vyskytující se ve vavříkové silici, v kari listech (*Murraya koenigi*), v semíncích petržele, nebo také v muškátovém oříšku. Isosafrol má využití převážně v kosmetickém průmyslu [6, 41].

Obdobně jako safrol, isosafrol se i myristicin nachází v muškátovém oříšku, muškátová silice obsahuje přibližně 4 %. Dále se myristicin nachází v mrkvi, kmínu nebo petrželi. Jako přírodní látka je myristicin při vyšších dávkách halucingení, synteticky vyrobený v laboratoři tyto vlastnosti ztrácí. Využívá se při aromaterapiích [13, 35].



Obr. 13 Estragol, safrol a isosafrol

### 3.1.4 Karbonylové sloučeniny

Karbonylové kyseliny obsahují ve své molekule aldehydovou skupinu  $-\text{CH}=\text{O}$  jedná se tedy o aldehyd, nebo ketonickou skupinu  $-\text{C}=\text{O}-$ , pak je to keton. Slouží jednak jako žádané látky vyskytující v potravinách jako zdroje příjemné vůně i chuti, ale i naopak jako senzory nežádoucích sensorických změn. Ke karbonylové skupině řadíme i oxokyseliny. Karbonylové kyseliny bývají často součástí rostlinných silic [13].

#### 3.1.4.1 Aldehydy

Nejvíce jsou aldehydy obsaženy v olejích, pocházejících ze stromů kasie (*Cassia fistula*) asi 80 %, v kafrové limetě (*Citrus hystrix*) v množství 75 % a ve voňatce citronové (*Cymbopogon stratus*) v množství 67 %. Často se aldehydy používají v kosmetickém průmyslu, především do parfémů [35].

K aldehydům patří i vanilín obsažen v plodu tobolek vanilkovníku plocholistého (*Vanilla planifolia*). Používá se nejen v kosmetickém průmyslu, ale i v potravinářském jako koření [35].

V rostlinných silicích se objevují i alkanové aldehydy, ale vždy méně než 3 %. Jsou to například hexanoly, oktany, nonany, dekanaly a undekany. Tyto aldehydy se nacházejí v rostlinách levandule, šalvěže, citronové trávy, citrusových plodů a petitgranu, což je silice vyrobená destilací ze zelených větvíček a listů pomerančovníku [35].

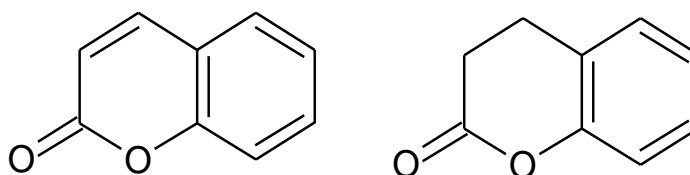
### 3.1.4.2 Ketony

Keton, který se nalézá v hřebíčkové silici, se nazývá methylamylketon nebo také 2-hepton. Většinou se ketony vyskytují v živočišných silicích, jako je mošus. Aromatické ketony se prakticky vůbec v přírodě nevyskytují. Častěji jsou to terpeny, odvozené od cyklických terpenů, jako jsou karvon, iron a pulegon [27].

### 3.1.5 Laktony

Laktony jsou cyklické estery odvozené od hydroxykarboxylových kyselin. Jsou obsaženy v mnoha silicích a těkavých složek rostlin. Laktony obsahují buď pětičlenný, nebo šestičlenný kruh, který může být nenasycený nebo nasycený [6].

Pětičlenným kruh má  $\gamma$ -lakton a  $\gamma$ -angelika lakton. Tyto dva laktony se vyskytují v silicích rostlin pískavici řecké seno (*Trigonella foenum-graecum*) a kávovníku.  $\delta$ -lakton a  $\delta$ -valerolakton obsahují šestičlenný kruh, které jsou součástí ovoce, broskvového aroma a sýrů. Mezi makrocyclické laktony patří ambrettolid, 15-pentadekanolid a hexadekanolid, které jsou součástí pižma. Nacházejí se taktéž v rostlinách proskurníku pižmovém (*Abelmoschus moschatus*) nebo v andělice lékařské (*Archangelica officinalis*). Lakton kumarin se v přírodě vyskytuje v seně nebo v tonkových bobech, což jsou fermentovaná semena slivoně. Dále se pak nachází společně s skopoletinem a bergaptenem v čeledích rostlin hlučavkovitých, routovitých a miříkovitých. Dihydrokumarin je také součástí mnoha silic s charakteristickou sladkou bylinnou vůní [6].



Obr. 14 Kumarin dihydrokumarin [6]

## 3.2 Rozdělení silic dle hlavních účinků

Silice mají široké uplatnění v kosmetickém průmyslu, potravinářském, farmaceutickém a v aromaterapii. Využití silic v těchto průmyslech je pro jejich vlastnosti, které jsou antio-



xidační, antibakteriální, afrodiziakální, analgetické, hojivé, sedativní, ale také dodávají aroma a mohou dodávat i chuť [5, 15].

Sběr rostlin potřebných pro získání silic se provádí obvykle v průběhu nebo ihned po odkvetení, kdy je silice pravděpodobně nejúčinnější. Složky obsažené v silicích, které mohou za jejich účinky, jsou izoprenoidy, fenoly, alkoholy, aldehydy a ketony [42].

### 3.2.1 Silice v kosmetickém průmyslu

Silice mají široké uplatnění v kosmetickém průmyslu. Kosmetické prostředky nám slouží k úpravě a korekci našich pachů, k ochraně pokožky a k čištění, nikoliv jako léčiva, zdravotnické přípravky a biocidy. Působí na místa, kde byl kosmetický přípravek nanesen. K těmto přípravkům patří parfémy, mýdla, krémy, tělová mléka, šampony, balzámy, ústní vody atd. [27, 43].

Nejpoužívanější silice v kosmetickém průmyslu jsou citrusové, silice z květů, jako je například jasmín, růže, ylang - ylang. Požívají se i bylinné silice do pánské kolínské, tyto silice pocházejí nejčastěji ze šalvěže, mateřídoušky, pelyňku nebo levandule. Do pánské kosmetiky se používají i kořenité vůně, které se získávají ze silic koření, jako je bobkový list, hřebíček, pepř a skořice. Další rostliny, které se využívají v kosmetickém průmyslu pro své silice, jsou santalové dřevo, cedrové dřevo a pačula. Tato vůně je nazývána dřevitou. Běžně používané silice v kosmetických přípravcích jsou také živočišné silice, jako je ambra, cibet, mošus a kastoreum [27].

### 3.2.2 Silice v potravinářském průmyslu

V potravinářském průmyslu se používají hlavně jako dochucovadla potravin a nápojů. Silice při vnitřním poddání ovlivňují a dráždí chuťové a čichové receptory, nebo sliznici trávicího traktu, která uvolňuje žaludeční šťávy pro zlepšení trávení. Do potravin se mohou přidávat i za účelem prodloužení trvanlivosti nebo také k úpravě vzhledu (barvy) [27].

Především je to koření, které je definováno vyhláškou:

Vyhláška č. 331/1997 Sb., popisuje koření, jako části rostlin, mezi které patří kořeny, oddenky, kůry, listy, natě, květy, plody, semena nebo jejich části v nezbytné míře technologicky zpracované a užívané k ovlivnění chutě a vůně potravin. U mletých koření se přípouští přídavek protispěkových látek nejvýše do jednoho procenta hmotnosti [44].

Nositelé vonné složky v silicích koření jsou především alkoholy, aldehydy, ketony, estery aj. Přírozenou součástí silic jsou i antioxidační a antimikrobiální složky. K nejčastějším rostlinám, které se využívají, jako koření jsou černý pepř, kmín, majoránka, šalvěj, hřebíček, petržel, hořčice, koriandr, anýz, bazalka, tymián apod. [6, 27].

### 3.2.2.1 *Antioxidační vlastnosti*

V řadě silic rostlin jsou látky, jako jsou fenolické sloučeniny (enolové diterpeny, difenolové diterpeny), kyseliny fenolkarbonové, nebo kyselina rozmarýnová, které působí jako antioxidant. Antioxidanty v potravinách zabraňují žluknutí, změně zápachu a barvy. Jejich úlohou je zpomalovat oxidaci tuků a enzymů v potravinách, prodlužovat životnost potravin a stálost čerstvé barvy. Rostliny (koření) s touto vlastností se přidává do potravin typu maso, dochucovací omáčky a mořské plody aj. [42].

Nejčastěji se využívá rozmarýn, šalvěj, hřebíček, zázvor, ale také kurkuma. Může se použít celá rostlina nebo jen silice. Konkrétní sloučeniny vyskytující se v těchto rostlinách jsou rosmanol, karneol, eugenol nebo gingerol. Nejsilnější antioxidantové účinky má karneol, kyselina rozmarýnová, kyselina karnosová a následně rosmanol, rosmadial, genkwanin a cirsimaritin [42, 45].



Obr. 15 Rozmarýn lékařský (*Rosmarinus officinalis*)[4]

### 3.2.2.2 *Antimikrobiální vlastnosti*

Silice v rostlinách obsahují i další sloučeniny, které mají antimikrobiální vlastnost. Projevují se jako silné, středně silné nebo mírné inhibitory proti specifickým bakteriím (*Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*), plísním a kvasinkám. Příkladem můžou být terpenoidy, které působí na membránové enzymy a blokují respirační řetězec. Silnější účinek nastává kombinací několika druhů rostlin obsahující silice těchto vlastností. Působení antimikrobiálních sloučenin také závisí na druhu bakterií (gram-pozitivní, gram-negativní) [42].

Sloučeniny s touto vlastností jsou například allylisothiokyanát, alicin, kapsaicin, eugenol, karvakrol, tymol a borneol. Nachází se v silicích rostlin hořčice, česneku, pálivé červené paprice, hřebíčku a tymiánu. Mohou způsobovat některým plísním morfologické změny, jako jsou například změny mycelia nebo větvení hyf. Opět se tyto rostliny využívají jako koření, které se přidává do masa, uzenin, nakládané zeleniny apod. Do pokrmů se přidává jen takové množství koření, aby to nezničilo chuť jídla a proto nedocházelo k úplnému inhibování mikroorganismů, spíše jen ke zpomalení kažení [5, 42].

### 3.2.3 *Silice ve farmaceutickém průmyslu*

Historie silic v léčitelství má dlouhou tradici, která se zachovala dodnes. Jsou součástí četných přípravků, určených k léčení zánětlivých onemocnění horních cest dýchacích, potíží zažívacího ústrojí, včetně kolikového onemocnění žlučníku a močových cest, ke zlepšení zažívání, odstranění nadýmání apod. Jejich aplikace je za prvé orální, nebo za druhé se roztírají do kůže (dermální aplikace) a za třetí můžeme jejich esenci inhalovat. U většiny siličných drog nepůsobí léčivě pouze silice, ale i další složky vyskytující se společně s nimi, například látky glykosidického charakteru, hořčiny, třísloviny apod. Účinky silic můžeme rozdělit do několika skupin, jako jsou expektorancia, karminativa, diuretika, močová a urogenitální antiseptika, antidepresiva, dezinfekční a antiseptické vlastnosti, antiflogistika, antihydrotika a diaforetika [3, 46].

#### 3.2.3.1 *Expektorancia*

Silice napomáhají vykašlávání hlenu z dýchacích cest tím, že upravují vazkost hlenu. Využívají se často jako inhalační prostředky. Patří sem silice eukalyptová. K ústnímu použití slouží silice mateřídoušková, fenyklová, anýzová a tymiánová. Eukalyptová silice se získává z několika druhů blahovičnicku. Tato bylina byla dovezena do Evropy v 19. století

z Austrálie. Rod zahrnuje více než 600 stromových druhů a jejich vlastnosti se mohou mírně lišit [3, 47].

### 3.2.3.2 *Karminativa*

Působí proti křečím a nadměrné plynatosti střev. Na střeva působí protikřečově a desinfekčně. Mezi nejznámější siličné drogy patří například květy heřmánku, listy nebo nať máty peprné, plody kmínu, plody fenyklu, nať dobromyslu a plody koriandru. Objevují se ve formě aromatických vod a čajů [3, 47].



Obr. 16 *Heřmánek pravý (Matricaria recutita)* [4]

### 3.2.3.3 *Diuretika*

Látky, které nám zvyšují extrakci vody a elektrolytů z těla jsou diuretika. Tento děj probíhá v ledvinách. Nejprve dojde k poklesu reabsorpce sodíkových kationtů a chlorných aniontů z filtrátu. Celkově dojde ke zvýšení osmotického tlaku krevní plazmy a následuje zvýšení tekutin z extravaskulárního (mimo cévního) prostoru do krevního řečiště. U těchto látek je nutná kontrola příjmu tekutin a množství užitých diuretik. Při nadměrném dávkování může docházet k poškození ledvin. Tento účinek mají například silice z plodů jalovce obecného (*Juniperus communis*) nebo plody růže [3, 31, 47].

### 3.2.3.4 *Močová a urogenitální antiseptika*

Jejich působení je stejné jako u diuretik. Rozdílem je, že ledviny vylučují močí z požitých silic látky, které jí propůjčují výrazně dezinfekční účinky. K takovým drogám patří například plody lichořešnice a čerstvé kořeny křenu. Rostlinou se silným antiseptickým účinkem

působícím na ledviny, je zápašnice březová (*Barosma betulina*) u které se využívají listy, dále pak brutnák lékařský (*Borago officinalis*), který je i zdrojem nenasycených mastných kyselin omega 3 a 6 [3, 31, 47].



Obr. 17 Brutnák lékařský (*Borago officinalis*) [4]

### 3.2.3.5 Antidepresiva

Látky účinkující na nemoc zvanou deprese. Tato nemoc působí na centrální nervovou soustavu. Primárně je za to zodpovědný nedostatek neurotransmiterů v synapsích. Dlouhodobý úbytek těchto neurotransmiterů vede ke zvýšení postsynaptických receptorů, které podmiňují depresivní náladu. Depresivní nálada se vyznačuje vegetativním chováním, stálou ospalostí, úzkostí, ale i změnou tělesné hmotnosti [47].

Silice vyznačující se antidepresivními vlastnostmi jsou obsažené v rostlinách jako je například třezalka, bazalka, ženšen a šafrán. Třezalka tečkovaná (*Hypericum perforatum*) je populární bylinný doplněk používaný k léčbě mírné až středně těžké deprese. Třezalka má vlastnost zvyšovat hladinu serotoninu a posilovat imunitní systém [31, 48].

### 3.2.3.6 Dezinfekční a antiseptické účinky

Většina rostlinných silic působí v léčitelství dezinfekčně a antisepticky. Silice s dezinfekčním účinkem zabraňuje vniknutí mikroorganismů do těla a antiseptikum zabraňuje šíření bakterií jak na povrchu těla, tak i na sliznicích (nosní dutina). Využití ve farmaceutickém průmyslu je široké, například i ve stomatologii, kde se hojně využívá hřebíček. V silici hřebíčku jsou sloučeniny jako eugenol, eugenolacetát a karyfylen, které mají navíc i jiné

účinky jako jsou analgetické nebo insekticidní. Další významné silice mající tyto vlastnosti se nacházejí v plodech černého pepře, jalovci, tymiánu, muškátovém oříšku nebo ve skořici [3, 4, 38].

### 3.2.3.7 *Antiflogistika*

Látky, které působí protizánětlivě, se vyskytují v silicích rostlin, jako je například měsíček lékařský (*Calendula officinalis*). Měsíček urychluje hojení hnisavých a špatně se hojících ran doprovázených záněty, hojení vnitřních zánětů (peptické vředy, záněty žaludku a střev). K dalším účinkům patří zvyšování sekrece žluči a působí mírně sedativně. Protizánětlivé účinky mají i rostliny známé jako sedmikráska obecná (*Bellis perennis*) nebo řebříček obecný (*Achillea millefolium*) [3, 4].

### 3.2.3.8 *Antihydrotika a diaforetika*

Antihydrotika se užívají při nadměrném pocení například v klimakteriu, v pubertě nebo při nočním pocení, kdy je potřeba potlačit funkci potních žláz. Silice pro potlačení pocení se nacházejí v přírodních zdrojích, a to v šalvěji (například šalvěj lékařská – *Salvia officinalis*), slunečnici (slunečnice roční – *Helianthus annuus*) a ořešáku královském (*Juglans regia*). U šalvěje není vhodné dlouhodobé užívání z důvodu přítomnosti složky zvané thujon, který je toxický. Vyvařením šalvěje se tyto toxické účinky thujonu vytrácí [3, 4].

Diaforetika mají opačný účinek než antihydrotika. Tyto vlastnosti se nachází v silicích, které obsahují rostliny například heřmánek pravý (*Matricaria recutita*), plody nebo květy bezu černého (*Sambucus nigra*) a lípa malolistá (*Tilia cordata*) [3, 4].



Obr. 18 Bez černý (*Sambucus nigra*) [4]

### 3.2.4 Organoleptické vlastnosti silic

Silice rostlin je součástí koření a léčivých bylin, které slouží jako přísada v potravinářských výrobcích. V potravinách mají vlastnost dodávat a zvýrazňovat chuť i vůni a potlačit občas i nepříjemné aroma. Syntetické silice jako například ethylvanilin, bourbonal a allylfenoxycetát mají 2 – 6 krát intenzivnější aroma, než silice přírodní, a proto je jejich dávkování menší [27].

Koření nebo siliční drogy mnohdy mohou vyvolávat hořkou, pálivou nebo štiplavou chuť. Hořkou chuť vyvolávají rostliny šalvěže lékařského a rozmarýnu lékařského, které obsahují hořkou látku karneol a pikrosalvin. Další hořkou látkou je pikrokrocin obsažen v šafránu setém. Pálivou chuť vyvolávají silice piperinu, piperidinu nebo gingeroly obsažené v pepři a v zázvoru. Mírnou pálivou chuť má i hřebíček [27].

Typické složky vůní jsou citral a limonen. Obsaženy jsou v citrusové silici, skořicovém aldehydu ve skořici, anýzaldehydu v anýzovém aromatu, nebo karvonu v kmínu a kopru. V mátě se vyskytuje mentol, který má svěží mátovou chuť a vůni [27].

## ZÁVĚR

Léčivé rostliny se využívaly již v období Mezopotámie, ve východní Asii před asi 3 000 lety př. n. l. První písemné zmínky, které byly doloženy, se objevily v antickém Řecku. V Evropě se léčivé rostliny více využívaly od středověku.

V současné době se léčivé rostliny využívají nejen v lidovém léčitelství. Na celém světě je známo přibližně 20 000 druhů léčivých rostlin. Z důvodu rozmanitosti a obsáhlosti této skupiny se v České republice používá oficiální označení LAKR. Sběr těchto rostlin má u nás dlouhodobou tradici. Po sklizni může následovat úprava například konzervací, sušením. Rostliny sušené nebo v čerstvém stavu se mohou dále zpracovávat v procesech jako je lisování, destilace vodní párou nebo extrakce, kdy je cílem získat jednotlivé účinné složky nebo jejich směsi, jako jsou silice.

Silice jsou směsi lipofilních sloučenin, jsou mnohdy bezbarvé. V rostlinách se silice nachází v květech, listech, plodech, pryskyřicích nebo v jádru dřeva. Hlavní úlohou silic v rostlinách je ochrana před škůdci nebo naopak k přilákání opylovačů. Kromě rostlinných silic, existují a využívají se i silice živočišné. Významné využití těchto silic je ve farmaceutickém, potravinářském a kosmetickém průmyslu.

Účinky silic léčivých rostlin jsou ovlivněny jejich chemickým složením. Hlavními složkami silic jsou terpeny (monoterpeny, seskviterpeny a diterpeny), alkoholy, aldehydy, ketony, ethery a laktony. Silice se rozdělují podle zastoupení a účinku těchto sloučenin na silice s antioxidačními a antimikrobiálními vlastnostmi, které se využívají například v potravinářském průmyslu. Dále díky svým terapeutickým vlastnostem slouží jako expektorancia, karminativa, diuretika, močová a urogenitální antiseptika, antidepressiva, dezinfekční a antiseptické přípravky, antiflogistika, antihidrotika a diaforetika. Tyto účinky se využívají i ve farmaceutickém průmyslu a v lidovém léčitelství. Některé z těchto silic se vyznačují také příjemným aroma či chutí, které ovlivňuje naše sensorické vnímání.



## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] JABLONSKÝ, Ivan a Jiří BAJER. *Rostliny pro posílení organismu a zdraví*. 1. vyd. Praha: Grada, 2007, 104 s. ISBN 978-80-247-1745-6.
- [2] MITÁČEK, Tomáš. *Pěstování léčivých a kořeninových rostlin v ekologickém zemědělství: metodika pro praxi*. 2., aktualiz. vyd. Olomouc: Bioinstitut, 2014, 50 s. Metodika pro praxi (Bioinstitut). ISBN 978-80-87371-25-1.
- [3] ODYOVÁ, Penelope. *Velký atlas léčivých rostlin*. Martin: Osveta, 1995. ISBN 80-217-0521-3.
- [4] Obrázky rostlin: mochny nátržníku a husí, rozmarýnu lékařského, heřmánku pravého, brutnáku lékařského a bezu černého [online]. [cit. 2015-04-29]. Dostupné z: <http://botanika.wendys.cz>
- [5] Národní archiv. BACÍLKOVÁ, Bronislava a Hana PAULUSOVÁ. *Vliv silic a jejich hlavních účinných látek na mikroorganismy a na archivní materiál* [online]. Praha, 2012 [cit. 2013-12-25]. Dostupné z: <http://www.nacr.cz/Z-files/silice/silice.pdf>
- [6] BERGER, Ralf G. *Flavours and fragrances: chemistry, bioprocessing and sustainability*. New York: Springer, ©2007, 648 p. ISBN 35-404-9338-7.
- [7] KUBIENOVÁ, Lucie a Vladimír VINTER. *Experimenty pro přírodovědné kroužky na téma: Rostliny, léčivé látky, drogy*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta, 2013. ISBN 978-80-244-3619-7.
- [8] KRMENČÍK. O toxikologii: Jedy rostlin. JAHODÁŘ, Luděk. *Toxikologicky významné rostliny na území ČR* [online]. Praha: Medon, 1997 [cit. 2013-12-17]. Dostupné z: <http://www.biotox.cz/toxikon/rostliny/trideni.php>
- [9] KOUKAL, Milan. Koření od A až po Ž. *21. století revue objevů, vědy, techniky a lidí* [online]. 2010 roč. 7, č. 1 [cit. 2013-12-25]. Dostupné z: <http://21.stoleti.cz/blog/2010/01/21/koreni-od-a-az-po-z>
- [10] Vesmír: přírodovědecký časopis. Praha: Vesmír, 1995, č. 9. ISSN 1214-4029.

- [11] Ptejte se knihovny: Parfémy ve středověku. NÁRODNÍ KNIHOVNA ČR. [online]. 2012 [cit. 2015-02-18]. Dostupné z: <http://www.ptejteseknihovny.cz/uloziste/aba001/2012/parfemy-ve-stredoveku>
- [12] TOPIAŘ, Martin, Marie SAJFRTOVÁ, Helena SOVOVÁ a Jindřich KARBAN. *Optimalizace a matematický popis hydrodestilace eukalyptu a lipie*. Sborník. Praha: Česká společnost chemického inženýrství, 2013, s. 48. ISBN 978-80-02-02500-9.
- [13] VELÍŠEK, Jan. *Chemie potravin II*. Tábor: OSSIS, 1999. ISBN 80-902391-4-5.
- [14] MASANGO, Phineas a ASBC Technical COMMITTEE. *Cleaner production of essential oils by steam distillation*. *Journal of Cleaner Production*. 2005, vol. 13, issue 8, s. 833-839. DOI: 10.1094/asbcmoa-hops-13.
- [15] BAŞER, K a Gerhard BUCHBAUER. *Handbook of essential oils: science, technology, and applications*. Boca Raton: CRC Press/Taylor, ©2010, 975 p. ISBN 14-200-6315-4.
- [16] Nobilis Tilia laboratoře přírodní kosmetiky [online]. [cit. 2013-12-25]. Dostupný z: <http://www.nobilis.cz/cz/4904-produkty-obaly-z-fialoveho-skla.html>
- [17] BURIVAL, Zbyněk. Izolace hřebíčkové silice. [online]. [cit. 2015-03-25]. Dostupné z: [http://www.chemickepokusy.cz/hrebickova\\_silice.php](http://www.chemickepokusy.cz/hrebickova_silice.php)
- [18] SALVADOR, Amparo a Alberto CHISVERT. *Analysis of cosmetic products*. 1st ed. London: Elsevier, 2007, xvii, 487 p. ISBN 04-445-2260-3.
- [19] Obrázek Clevengerova nástavce [online]. [cit. 2015-04-29]. Dostupné z: <http://medilabexports.com>
- [20] Oxid uhličitý v kladné roli aneb izolace látek prospěšných zdraví z rostlin. Ústav chemických procesů AV ČR, v. v. i. [online]. 2010-2012 [cit. 2013-12-29]. Dostupné z: <http://www.icpf.cas.cz/cs/oxid-uhlicity-kladne-rolie-aneb-izolace-latek-prospesnych-zdravi-rostlin>
- [21] Flaveko trade: Superkritické extrakce. [online]. [cit. 2015-02-20]. Dostupné z: <http://www.flavekotrade.cz>

- [22] Obrázek podnosu s rostlinným materiálem a tukem [online]. [cit. 2015-04-29]. Dostupné z: <http://www.accademiadelprofumo.it>
- [23] BAUER, Kurt, Dorothea GARBE a Horst SURBURG. *Common fragrance and flavor materials: preparation, properties, and uses*. 4th, completely rev. ed. New York: WILEY-VCH, ©2001, 293 p. ISBN 35-273-0364-2.
- [24] WORWOOD, Valerie Ann. *Aromatherapy for the beauty therapist*. 1st ed. London, England: Thomson Learning, 2007. ISBN 18-615-2663-6.
- [25] DVOŘÁKOVÁ, Marcela, Irena VALTEROVÁ a Tomáš VANĚK. *Monoterpeny v rostlinách*. Chem. Listy, 105, 2011, 839-840.
- [26] SALVADOR, Amparo a Alberto CHISVERT. *Analysis of cosmetic products*. London: Elsevier, 2007, 487 p. ISBN 04-445-2260-3.
- [27] ČERVENÝ, Libor. *Syntetické vonné a chuťové látky*. Chem. Listy, 93, 1999, 412-420.
- [28] VONÁŠEK, František, Emilie TREPKOVÁ a Ladislav NOVOTNÝ. *Látky vonné a chuťové*. Praha: STNL; 1987, 437 s.
- [29] TENIUS, Beatriz Soares Machado, Evelyn Koeche SCHROEDER a Rossana Angélica SCHENATO. *Ambergris: perfume e síntese*. *Química Nova*. 2000, vol. 23, issue 2, s. 225-230. DOI: 10.1590/S0100-40422000000200013. Dostupné z: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext)
- [30] ČERVINKA, Otakar, Václav DĚDEK a Miloslav FERLES. *Organická chemie*. 4. vyd., V Informatoriu 1. Praha: Informatorium, 1991. ISBN 80-854-2703-6.
- [31] BAJALAN, Iman a Abdollah GHASEMI PIRBALOUTI. *Variation in antibacterial activity and chemical compositions of essential oil from different populations of myrtle*. *Industrial Crops and Products*. 2014, vol. 61, s. 303-307. DOI: 10.1016/j.indcrop.2014.07.023. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0926669014004567>
- [32] POLÍVKA, František. *Užitkové a pamětihodné rostliny cizích zemí*. Vyd. 3., Ve Volvox Globator 2. Praha: Volvox Globator, 2010. ISBN 978-80-7207-765-6

- [33] VRTÍLEK, Pavel. *Identifikace silic u vybraných druhů léčivých, aromatických a kořenových rostlin*. Brno, 2011. Bakalářská práce. Mendelova univerzita v Brně, Agronomická fakulta.
- [34] GOETERS, Susanne, Peter IMMING, Gregor PAWLITZKI a Bernd HEMPEL. On the Absolute Configuration of Matricin. *Planta Medica*. 2012, vol. 67, issue 3, s. 292-294. DOI: 10.1055/s-2001-11998. Dostupné z: <http://www.thieme-connect.de/DOI/DOI?10.1055/s-2001-11998>
- [35] TSCHIGGERL, Christine, Peter BUCAR, Gregor PAWLITZKI a Bernd HEMPEL. On the Absolute Configuration of Matricin. *Plant Foods for Human Nutrition*. 2012, vol. 67, issue 2, s. 129-135. DOI: 10.1007/s11130-012-0277-1. Dostupné z: <http://www.thieme-connect.de/DOI/DOI?10.1055/s-2001-11998>
- [36] STEWART, By David. *The chemistry of essential oils made simple: God's love manifest in molecules*. 1st ed. Marble Hill, Mo: Care Publications, 2004. ISBN 978-093-4426-992.
- [37] CHU, Yi-Fang. *Coffee: emerging health effects and disease prevention*. Ames, Iowa: IFT Press, 2012, xxiv, 324 p. IFT Press series. ISBN 9781119949862.
- [38] PAZDERA, Josef. Jak káva zvyšuje cholesterol. [online]. 2007 [cit. 2015-03-11]. Dostupné z: <http://www.osel.cz/index.php?obsah=6&clanek=2738>
- [39] *Comprehensive natural products II*. Boston, MA: Elsevier, 2010, p. cm. ISBN 978-008-0453-811.
- [40] KOOLMAN, Jan a Klaus-Heinrich RÖHM. *Barevný atlas biochemie*. 1. české vyd. Praha: Grada, 2012, xiv, 498 s. ISBN 978-802-4729-770.
- [41] STREBLOVÁ, Eva. *Souhrnné texty z chemie: pro přípravu k přijímacím zkouškám (přírodovědné obory, lékařství)*. 3., upr. vyd. Praha: Karolinum, 2013, 237 s. Učební texty Univerzity Karlovy v Praze. ISBN 978-802-4622-422.
- [42] JEON, Ike J. a William G. IKINS. *Analyzing food for nutrition labeling and hazardous contaminants*. New York: M. Dekker, 1995, 496 p. Food science and technology (Marcel Dekker, Inc.), 65. ISBN 08-247-9349-8.
- [43] PETER, Edited by K. V. *Handbook of herbs and spices*. 2nd ed. Boca Raton, Fla: CRC Press, 2001. ISBN 1855735628.

- [44] BOWLES, E. J.: *The chemistry of aromatherapeutic oils*. Allen & Unwin, Australia 2003 ISBN 1 74114 051X.
- [45] Vyhláška č. 331/1997 Sb., kterou se provádí § 18 písm. a), d), h), i), j) a k) zákona č. 110/1997 Sb., o potravinách a tabákových výrobcích, pro koření, jedlou sůl, dehydratované výrobky a ochucovadla a hořčici
- [46] CUVELIER, Marie-Elisabeth, Hubert RICHARD a Claudette BERSET. *Antioxidative activity and phenolic composition of pilot-plant and commercial extracts of sage and rosemary*. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 1996, vol. 73, issue 5, s. 645-652. DOI: 10.1007/bf02518121.
- [47] LÜLLMANN, Heinz, Klaus MOHR a Lutz HEIN. *Barevný atlas farmakologie*. 3. vyd. Praha: Grada, 2007, 372 s. ISBN 978-80-247-1672-5.
- [48] MARTÍNKOVÁ, Jiřina. *Farmakologie pro studenty zdravotnických oborů*. 1. vyd. Praha: Grada, 2007, 379 s. ISBN 978-802-4713-564.
- [49] HELGASON, C.M, J.L Wieseler FRANK, D.R JOHNSON, M.G FRANK a S.E HENDRICKS. The effects of St. John's Wort (*Hypericum perforatum*) on NK cell activity in vitro. *Immunopharmacology*. 2000, vol. 46, issue 3, s. 247-251. DOI: 10.1016/s0162-3109(99)00187-3.

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

- GC      Gas chromatography (plynová chromatografie)
- LAKR    Léčivé, aromatické a kořeninové rostliny
- LDL     Low-density lipoprotein (nízkodenzitní lipoprotein)
- MS      Mass spektrometry (hmotnostní spektrometrie)

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obr. 1 Mochna nátržník ( <i>Potentilla erecta</i> ) [4] .....	12
Obr. 2 Mochna husí ( <i>Potentilla anserina</i> ) [4] .....	12
Obr. 3 Destilační aparatura [17] .....	16
Obr. 4 Clevengerův nástavec [19] .....	17
Obr. 5 Podnosy s rostlinným materiálem a tukem [22] .....	19
Obr. 6 Ocimen a myrcen .....	25
Obr. 7 Menthol a limonen .....	25
Obr. 8 Sabinen, $\alpha$ -pinen a borneol [13] .....	26
Obr. 9 Farnesol .....	27
Obr. 10 $\Gamma$ -bisabolen [13] .....	27
Obr. 11 Matricin a matrikarin [33,34] .....	28
Obr. 12 Skvalen [38] .....	29
Obr. 13 Estragol, safrol a isosafrol .....	31
Obr. 14 Kumarin dihydrokumarin [6] .....	32
Obr. 15 Rozmarýn lékařský ( <i>Rosmarinus officinalis</i> )[4] .....	34
Obr. 16 Heřmánek pravý ( <i>Matricaria recutita</i> ) [4] .....	36
Obr. 17 Brutnák lékařský ( <i>Borago officinalis</i> ) [4] .....	37
Obr. 18 Bez černý ( <i>Sambucus nigra</i> ) [4] .....	39