

**MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ  
AGRONOMICKÁ FAKULTA**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**BRNO 2017**

**Bc. JANA BENEŠOVÁ**

**Mendelova univerzita v Brně**  
**Agonomická fakulta**  
Ústav pěstování, šlechtění rostlin a rostlinolékařství

---



**Variabilita obsahu a složení silic u vybraných druhů  
koření (*Ocimum basilicum* L., *Satureja hortensis* L.  
a *Majorana hortensis* Moench.)**

Diplomová práce

*Vedoucí práce:*  
Ing. Helena Pluháčková, Ph.D.

*Vypracovala:*  
Bc. Jana Benešová

---

Brno 2017

## **Zadání**

## Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci: Variabilita obsahu a složení silic u vybraných druhů koření (*Ocimum basillicum* L., *Satureja hortensis* L. a *Majorana hortensis* Moench.) vypracovala samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací.

Jsem si vědoma, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne:.....

.....  
podpis

**Poděkování:**

Na tomto místě bych ráda poděkovala Ing. Heleně Pluháčkové, Ph.D. za poskytnuté studijní materiály, cenné rady, ochotu, trpělivost a čas věnovaný odbornému vedení této diplomové práce. Taktéž chci poděkovat Ing. Blance Kocourkové za odborné konzultace a přednášky, které ve mně probudily zájem zabývat se léčivými, aromatickými a kořeninovými rostlinami.

Dále bych chtěla poděkovat mým nejbližším za psychickou i materiální podporu během celého mého studia.

## ABSTRAKT

Diplomová práce „Variabilita obsahu a složení silic u vybraných druhů koření (*Ocimum basilicum* L., *Satureja hortensis* L. a *Majorana hortensis* Moench.)“ se zabývá rostlinnými druhy, jejichž hlavní obsahovou složkou jsou silice. Je zde popsán způsob izolace silic z rostlin, jednotlivé složky silic, jejich variabilita a způsoby využití. Vybraní zástupci tzv. zelené koření se řadí do čeledi hluchavkovitých (*Lamiaceae*), jejichž typickým rysem je právě vysoký obsah silic.

V praktické části byly hodnoceny tyto druhy: bazalka pravá (*Ocimum basilicum*), saturejka zahradní (*Satureja hortensis* L.) a majoránka zahradní (*Origanum majorana*, syn. *Majorana hortensis*). Byl stanoven obsah silic v jednotlivých druzích, metodou destilace vodní parou a následně bylo zjištěno složení silic pomocí plynové chromatografie.

**Klíčová slova:** silice, destilace s vodní parou, plynová chromatografie, bazalka, majoránka, saturejka

## ABSTRACT

The thesis "Variability and composition of essential oil content of selected spices (*Ocimum basilicum* L., *Satureja hortensis* L. and *Majorana hortensis* Moench.)" Deals with plant species of whose main ingredient is oil. There is described a process for the isolation of essential oils from plants, individual components of essential oils, their variability and ways of using. Selected representatives of the so called green spices belong to the mint family (*Lamiaceae*), whose typical feature is very high content of essential oils.

In the practical part were evaluated following species: basil (*Ocimum basilicum*), summer savory (*Satureja hortensis* L.) and marjoram (*Origanum majorana* syn. *Majorana hortensis*). Essential oil content was determined in each type, by steam distillation and then the composition of essential oils was found by gas chromatography.

**Key words:** essential oils, steam distillation, gas chromatography, basil, marjoram, summer savory

## OBSAH

1	Úvod .....	8
2	Cíl práce .....	10
3	Literární přehled .....	11
3.1	Charakteristika zdrojů .....	11
3.1.1	Bazalka pravá ( <i>Ocimum basillicum</i> L.) .....	12
	Popis .....	12
	Podmínky pěstování .....	12
	Oblasti pěstování .....	12
	Využití .....	12
	Obsahové látky .....	13
3.1.2	Saturejka zahradní ( <i>Satureja hortensis</i> L.) .....	14
	Popis .....	14
	Podmínky pěstování .....	14
	Oblasti pěstování .....	15
	Využití .....	15
	Obsahové látky .....	16
3.1.3	Majoránka zahradní ( <i>Majorana hortensis</i> MOENCH.) .....	16
	Popis .....	16
	Podmínky pěstování .....	17
	Oblasti pěstování .....	17
	Využití .....	17
	Obsahové látky .....	18
3.1.4	Požadované kvalitativní znaky - legislativa .....	18
3.2	Silice .....	20
3.2.1	Metody izolace .....	21
3.2.2	Složení silic .....	22
3.2.3	Využití silic .....	24
3.2.4	Významné složky destilovaných silic .....	25
4	Materiály a metodika .....	29
4.1	Destilace .....	29
4.1.1	Princip destilace .....	29
4.1.2	Postup práce .....	29
4.2	Chromatografie .....	30
4.2.1	Postup .....	31
4.3	Použité přístroje .....	32
	Destilační aparatura .....	32
	Plynový chromatograf .....	33
4.4	Zdroje a původ vzorků .....	33
4.5	Zpracování výsledků .....	35
5	Výsledky a diskuze .....	36
6	Závěr .....	48
7	Přehled použité literatury .....	50
8	Seznam obrázků .....	56
9	Seznam tabulek .....	56
10	Seznam grafů .....	56

# 1 ÚVOD

Používání rostlin, resp. rostlinných částí neboli drog (což jsou části rostlin upraveny zpravidla sušením) v potravinářství a léčitelství sahá do pradávných dob. Naši předkové se postupně naučili rozlišovat jednotlivé rostliny a jejich účinky na lidské zdraví. Drogy získané usušením rostlin, jsou tedy nejstaršími léky vůbec, jejich obliba se však v průběhu času významně měnila. Až do počátku 19. století tvořily léčivé rostliny základ léčebné terapie. Od druhé poloviny 19. století se začaly z léčivých rostlin izolovat čisté látky a objevila se první syntetická léčiva, ta postupně nahrazovala dosavadní přírodní drogy. I přes velké množství syntetických léčiv jsou léčivé rostliny stále jedinou možností léčby neduhů člověka i hospodářských zvířat ve dvou třetinách obydleného světa. Rostlinné druhy, které jsou předmětem práce, se řadí do skupiny léčivých, aromatických a kořeninových rostlin (LAKR). Zájem o rostliny řadící se do skupiny LAKR opět vzrůstá a to jak ve farmaceutickém, kosmetickém, potravinářském průmyslu. Zároveň stoupá i jejich uplatnění při ochraně rostlin, případně v tzv. domácí chemii apod. Objevuje se stále více studií zabývajících se antibakteriálními, protizánětlivými a protinádorovými účinky jednotlivých silic, které shodně tyto účinky potvrzují.

Ve světě nejsou uváděny přesné údaje o produkci LAKR, jelikož se statisticky neevidují. Ve statistikách se zařazují do skupiny „ostatní plodiny“. Množství vyprodukovaných LAKR se řídí jejich poptávkou ve světě a bez dohody s odběratelem se na sklad nepěstují. (ŠTOLCOVÁ, 2006). Různé prameny uvádí, že největším producentem LAKR v EU je Bulharsko, které ročně vyváží 12 000 t drog léčivých rostlin. Řadí se tak na čtvrté místo ve světě po Číně, Indii a Mexiku. V Evropě jsou nejvýznamnějšími tradičními importéry a exportéry LAKR Polsko, Německo, Velká Británie, Francie, Itálie a Španělsko (KOCOURKOVÁ, PLUHÁČKOVÁ, KOVÁRNÍK, 2014)

V České republice se rozlohy ploch pro pěstování LAKR neustále mění s ohledem na možnosti odbytu. V současné době se pohybují okolo 7 000 ha. Významnými exportními komoditami ČR s kladnou bilancí zahraničního obchodu jsou pouze kmín a makovi-  
na (PŘIBYLOVÁ A KOL., 2014).

Ve farmaceutickém průmyslu v ČR se zpracovává přibližně 240 druhů LAKR. Seznam rostlin, které jsou povoleny používat pro farmaceutické a terapeutické účely v ČR, stanoví zákon č. 378/2007 Sb. Zákon o léčivech a o změnách některých souvisejících zákonů.



Stále větší důraz se klade na kvalitu využívaných a zpracovávaných LAKR. Kvalitu drogy lze ovlivnit vhodným výběrem rostlinného druhu a odrůdy, která má být výrobní surovinou. Kvalitu ovlivňuje mimo jiné, správná manipulace se zpracovávanou surovinou neboli drogou. Rostliny pro farmaceutické použití se suší v sušárnách při nízkých teplotách, z důvodu zachování těkavých látek a uchovávají se ve zcela naplněných vzduchotěsných obalech, chráněny před světlem, teplem a vlhkostí.

Další hodnocení kvality uvádí Český lékopis, což je základní farmaceutické dílo normativního charakteru závazné na území České republiky, který vychází z Evropského lékopisu. Přispívá k zajištění bezpečných, účinných a jakostních léčiv. Za správnost textů lékopisu odpovídá Lékopisná komise Ministerstva zdravotnictví České republiky (založená v roce 1919), která spolupracuje s Evropskou lékopisnou komisí, jejímž členem je Česká republika od roku 1998. První lékopis byl vydán v roce 1774. Český lékopis má vedle Evropské části i Národní část, obsahující česká specifika, články k jednotlivým léčivým a pomocným látkám, statě a tabulky, které jsou určeny zejména pro lékařenskou praxi. Dále pak zkoušky totožnosti, čistoty a metody stanovení obsahu. (LOMSKÁ, 2005).

V praxi se nejčastěji zpracovávají druhy s obsahem silic, které se získávají destilací vodní parou (ČESKÝ LÉKOPIS 2009). Vonné látky obsažené v rostlinných silicích se také odedávna používali k výrobě parfémů, k parfemaci mýdel, zubních past a dalších kosmetických výrobků. Silice se kromě destilace mohou získávat také extrakcí, nebo lisováním, v dnešní době se však většina silic vyrábí synteticky (PEHLE, JONAS, 2009).

Vzhledem k tomu, že silice jsou přírodním produktem, mají na jejich chemické složení významný vliv jak genetické předpoklady, tak i životní prostředí. Faktory, jako jsou rostlinný druh a poddruh, zeměpisná poloha, čas sklizně, sbíraná část rostliny, způsob izolace mohou také významně ovlivnit chemické složení výsledné silice získané ze surového materiálu odděleného od rostliny (BAŞER, BUCHBAUER., 2010). Právě variabilita složení silic, jakožto přírodní suroviny, je předmětem mnoha výzkumů, které jsou následně využívány při šlechtění rostlin s cílem zvýšení obsahu určitých složek, nebo celkové zvýšení výnosu silice, jelikož se silice díky celé řadě využití stávají významným ekonomickým faktorem v rostlinné výrobě.

K nejvýznamnějším producentům silic patří rostliny z čeledi hluchavkovité, které jsem si pro svou práci vybrala. Obecně mají rostliny z této čeledi široké využití zejména v potravinářství, farmacii, medicíně, včelařství a parfumerii.

## 2 CÍL PRÁCE

Cílem diplomové práce je prostudovat dostupnou literaturu týkající se vybraných siličnatých rostlinných druhů (bazalky pravé /*Ocimum basilicum*/, saturejky zahradní /*Satureja hortensis* L./ a majoránky zahradní /*Origanum majorana*, syn. *Majorana hortensis*/), využívaných jako zelené koření. Prostudovat metody izolace a stanovení jednotlivých složek silic. V experimentální části pak stanovit a porovnat obsah a složení silic ze vzorků vybraných rostlinných druhů, dle platných ISO norem. Silice budou izolovány destilací vodní parou a složení silic pomocí plynové chromatografie.

### 3 LITERÁRNÍ PŘEHLED

#### 3.1 Charakteristika zdrojů

Jako zdroj silice se nejčastěji využívají rostlinné druhy z čeledi hluchavkovitých, Čeleď hluchavkovité */Lamiaceae/* v rámci botanického systému zařazujeme podle KÜHNa, VANČUROVÉ, (1968) takto:

Kmen:	TRACHEOPHYTA – cévnaté rostliny
Podkmen:	ANGIOSPERMOPHYTA - krytosemenné
Třída:	DICOTYLEDONOPSIDA – dvouděložné
Skupina řádů:	TUBIFLORAE – trubkokvěté
Řád:	LAMIALES – hluchavkotvaré
Čeleď:	LAMIACEAE – hluchavkovité

Rostliny čeledi hluchavkovité jsou jednoleté, dvouleté nebo vytrvalé byliny či polokeře, mimo území České republiky se mohou vyskytovat i jako keře a stromy. Lodyhu mají jednoduchou či větvenou. Typickým znakem čeledi hluchavkovitých je čtyřhranný tvar lodyhy a převážně vstřícně nedělené listy (SMALL, 2006). Květy rostlin patřících do této čeledi mají zřetelně souměrné květy, které jsou oboupohlavné či druhotně jednopohlavné. Tvar kalichu je pravidelný trubkovitý až zvonkovitý. Koruna je srostlá z pěti lístků a je zřetelně dvoupyská. Horní pysk je celokrajný často vyklenutý, dolní pysk je obvykle trojlaločný, přičemž střední lalok je největší a postranní laloky jsou redukovány na malé výrůstky. Zpravidla mají čtyři dvoumocné tyčinky, které z koruny nápadně vyčnívají, nebo jsou ukryté pod horním pyskem. Často jsou fertilní pouze dvě tyčinky a zbylé jsou sterilní (SLAVÍK, 2000).

Po opylení, které zajišťují především včely, vznikají čtyři malé tvrdky. Vzácně, u mimoevropských druhů, je plodem peckovice či tobolka. Za charakteristickou vůni rostlin jsou zodpovědné silice, které mají rostliny čeledi hluchavkovité, umístěny v povrchových žlázkách – žláznatých trichomech pokrývající listy (SMALL, 2006).

Do čeledi hluchavkovitých je zahrnuto okolo 220 rodů s více jak 4 000 druhů rostlin. Rozšířeny jsou po celém světě, v České republice můžeme najít okolo 100 druhů rostlin řadících se do 37 rodů, z toho k nám bylo zhruba 10 rodů zavlečeno (KOCIÁN, 2003). Z čeledi hluchavkovitých jsou nejvíce využívány jako tzv. zelené koření tyto druhy:

### 3.1.1 Bazalka pravá (*Ocimum basilicum* L.)

Do rodu *Ocimum* řadíme přibližně 50 druhů bylin a polokeřů vyskytujících se v tropech, subtropích a mírných pásech. Na území ČR roste bazalka vonná (*Ocimum basilicum* L.) (SLAVÍK, 2000).

#### Popis

Bazalka je jednoletá rostlina, dorůstající výšky 30-60 cm. Pochází z tropické oblasti Afriky, kde roste volně v přírodě. Bylo vyšlechtěno několik typů bazalky, které se navzájem liší barvou listů a květů, tvarem stonků, ochlupením listů, vzrůstem rostliny a vůní (PRAKASH, 1990). Má smaragdově zelené lisy s řapíky s vejčitou, červeně nebo zeleně zbarvenou čepelí. Květy jsou bílé, narůžovělé, žlutavé barvy, objevujících se v červenci a srpnu na vrcholech stvolů. Plodem bazalky je červenohnědě zbarvená tvrdka. Typické aroma připomíná směs růží a hřebíčku. Chuť je pepřově nasládlá (BLÜMCHENOVÁ, 1992).

#### Podmínky pěstování

Bazalku vyséváme v březnu do květináčů nebo do pařeniště. Do volné půdy přesazujeme rostliny, až když jsou cca 10 cm vysoké v polovině května po přejití posledních mrazíků. Kvůli dlouhému hlavnímu kořeni snáší špatně přesazování, není tedy vhodné vysévat ji na jednoduché secí misky. Zaléváme ideálně kolem poledne, jelikož mokrá zemina v průběhu noci může způsobovat zahnívání kořenů (MCVICAROVÁ, 1997).

#### Oblasti pěstování

Ideální je vzdušná půda, bohatá na živiny s pH 4,5-7. Vyberáme teplé a před větrem chráněné stanoviště (MCVICAROVÁ, 1997). Vysoká průměrná denní teplota (25-28 °C) a nízká relativní vlhkost vzduchu během kvetení přispívají ke zvýšení obsahu silic (ONOFREI, 2015).

#### Využití

Bazalka je jednou z nejpoužívanějších bylinek na Světě a je součástí základního koření především jihoevropských kuchyní. Pro dochucení jídel se používají čerstvé i sušené listy. Nejhojněji se používá ve středomořské kuchyni nejčastěji v kombinaci s rajčaty. Je hlavní ingrediencí v italské omáčce na těstoviny zvané pesto (ONOFREI, 2015). Je součástí kořenících směsí, používá se do bylinkového másla, zeleninových i masových polévek, do salátů, na italskou pizzu, do omáček, karbanátků, vaječných či žampionových pokrmů (LÁNSKÁ, 2010). Požadavky na kvalitu drogy bazalky pravé podrobně

specifikuje česká technická norma ČSN ISO 11163. Tato norma specifikuje nároky na sušenou bazalku pravou uváděnou do oběhu, požadavky na chuť, vůni, napadení hmyzem a plísněmi, příměsi a chemické složení.

Bazalka se také hojně využívá v lidovém léčitelství především jako účinné stomachikum, karminativum, diuretikum, spasmolytikum, expektorans. Díky obsahu fenolických sloučenin je také významným antioxidantem. Používá se k léčbě revmatismu, onemocnění dýchacích cest, jaterních onemocnění, nemoci zažívacího ústrojí, únavy, bolesti hlavy, kožních onemocnění, také stimulují laktaci žen (KHARE, 2007). Má výrazný protizánětlivý a s tím spojený antialergický účinek. Díky vysokému obsahu silic vykazuje antimikrobiální účinky. Silice má bledě žlutou barvu a charakteristickou sladce kořenitou vůni, která je lehce anýzová, obsahuje látky jako linalool, methylchavikol (estragol), eugenol, methyl-cinnamát inhibující růst mikroorganismů jako *Bacillus pumilus*, *Bacillus anthracis*, *Microsporum gypseum*, *Aspergillus niger*, *Enterobacter aerogenus*, *P. vulgaris*, *Staphylococcus aureus* (LAI, ROY, 2004).

Dle studie z roku 2016, kterou provedl ZŁOTEK ET AL., byly prokázány zvyšující se antimikrobiální i protizánětlivé schopnosti silice bazalky. Tyto účinky byly v přímé korelaci se zvyšujícím se obsahem eugenolu, linaloolu a limonenu v bazalkové silici. Mechanismus účinku těchto složek silic je spojován s vyšší produkcí cytokinů a s modulací exprese prozánětlivých genů.

Látky obsažené v bazalkové silici zvyšují tvorbu žaludečních šťáv, podporují chuť k jídlu a snižují nadýmání. Bazalková silice je doporučována pro zmírnění duševní únavy, tlumí křeče, může posloužit jako první pomoc při bodnutí hmyzem. Silice působí také močopudně a pro své antiseptické a desinfekční účinky ji lze použít při chorobách dolních cest močových. Bazalková silice je součástí výrobků sloužících k ústní hygieně i jiných kosmetických přípravků. (MCVICAROVÁ, 1997). Ve Středním východě, zejména v Palestině, je bazalka považována za posvátnou rostlinu a používá se při náboženských obřadech. Je také známá svým odpuzujícím účinkem vůči komárům. Macerát bazalky pravé a saturejky zahradní lze použít jako postřik proti škůdcům, zejména proti mšicím (ONOFREI, 2015).

### **Obsahové látky**

Bazalka obsahuje taniny (5 %), saponiny, organické kyseliny, mastné kyseliny, minerální látky a silice (0,5-1,5 %), které se obsahově značně liší s ohledem na chemotyp a

roční období (ONOFREI, 2015). Nejvíce bývá zastoupen linalool (35-50 %), dále methylchavicol, nebo-li estragol (15-20 %), cineol, eugenol, methylcinnamat, nerol, linalylacetat a dalších cca 20 sloučenin (VELÍŠEK, 1999). Čistý linalool má čerstvou, čistou, lehkou květinovou vůni s mírným citrusovým dojmem a je používán ve velkém množství do mýdel a čisticích prostředků (BAŞER, BUCHBAUER., 2010). Bazalka je bohatá také na třísloviny, které vykazují adstringentní účinek. Dalšími důležitými obsahovými látkami jsou hořčiny a saponiny, které ztekucují hlen a usnadňují tím vykašlávání (JAROŠ, 1992). Nejvíce silic se vyrobí v Komorském svazu, na Madagaskaru a ve Francii, kde se ročně vyprodukuje až 14 tun vydestilovaných silic (JELEŇ, 2012).

### **3.1.2 Saturejka zahradní (*Satureja hortensis* L.)**

Rod *Satureja* zahrnuje okolo 30 druhů, rostoucích převážně v mírných a subtropických pásech celého světa. Saturejka zahradní je původem z jihovýchodní Evropy, Středomoří a teplých oblastí jihozápadní Asie. V ČR se vyskytuje saturejka zahradní /*Satureja hortensis* L./ (SLAVÍK, 2000).

#### **Popis**

Saturejka zahradní je jednoletá bylina cca 30-60 cm vysoká. Listy jsou temně zelené barvy úzce kopinaté až čárkovité. Listy jsou křížmostojné, na obou stranách mají viditelné siličnaté žlázy, řapíky jsou nevýrazné. Květy jsou drobné bílé, narůžovělé, nafialovělé barvy objevující se od července do října (BLÜMCHENOVÁ, 1992). Tvoří bohatý kořenový systém svazčitých kořínků. Celá rostlina má nafialovělý nádech. Plodem jsou hladké vejčité tvrdky, na povrchu tečkované, tmavé až černohnědé barvy (PAVELA, BÁRNET, 2011).

#### **Podmínky pěstování**

Saturejku vyséváme od konce února do květináčů. Vychází za 14 dnů. Na volný záhon můžeme vysévat, až po přejití posledních mrazů, tedy od poloviny května, do kvalitně připravené půdy. Spon řádků 20 – 30 cm, hloubka setí 1-1,5 cm. Pravidelně kypříme, odplevelujeme a dle potřeby zavlažujeme (BLÜMCHENOVÁ, 1992). Sklízíme v plném květu od července do srpna, kdy nať obsahuje nejvíce silice.

## **Oblasti pěstování**

Vybíráme teplé, slunné a před větrem chráněné stanoviště. Vyhovuje jí půda lehká, kyp-  
rá, hlinitopísčítá, s vysokým podílem humusu. Doporučená oblast je do nadmořské výš-  
ky 600 m. n. m. (PAVELA, BÁRNET, 2011).

## **Využití**

První zmínky o pěstování a využívání saturejky ve střední Evropě pocházejí již z 9. sto-  
letí. Saturejka má velice výraznou ostrou až palčivou chuť, dá se tedy použít všude tam,  
kde se používá pepř (LÁNSKÁ, 2010). Využívá se jak v čerstvém, tak i v sušeném sta-  
vu, sušené listy si dobře uchovávají aroma. Je vhodná do pokrmů z luštěnin, k drůbeží-  
mu, vepřovému i králíčimu masu. Při přípravě zvěřiny a svíčkové. K nakládání okurek a  
zelí. Pro dochucení omáček, polévek, ale také ryb, zejména pstruhů. Často se kombinuje  
s tymiánem, šalvějí, bobkovým listem, rozmarýnem či fenyklem. Je také součástí zná-  
mého provensálského koření (LÁNSKÁ, 2010). Požadavky na kvalitu drogy saturejky  
zahradní podrobně specifikuje česká technická norma ČSN ISO 7928-2. Tato norma  
specifikuje nároky na saturejku zahradní uváděnou do oběhu, požadavky na chuť, vůni,  
napadení hmyzem a plísněmi, příměsi a chemické složení.

Saturejka se v lidovém léčitelství využívá jako účinné adstringens, antidiarhoikum,  
stomachikum, karminativum, expektorans, účinkuje při poruchách trávení, má schop-  
nost tlumit pocit žízně u diabetiků a je také významným antioxidantem. Karvakrol pů-  
sobí současně antibakteriálně a antihelmiticky. Používá se při nemocech horních cest  
dýchacích, napomáhá odkašlávání a současně dezinfikuje dýchací cesty  
(BULÁNKOVÁ, 2005). V íránském lidovém léčitelství se saturejka používá pro zmír-  
nění bolestí svalů a kostí (CROWELL, 1999).

Studie, kterou provedl SHARIFI-RAD v roce 2015 s cílem prověřit cytotoxické a anti-  
mikrobiální vlastnosti silice saturejky, ukázala pokles koncentrace životaschopných  
buněk Hep-G2 (hepatocelulární karcinom) a MCF-7 (adenokarcinom prsu). Dále pak  
prokázal antibakteriální a protiplísňové účinky proti *Streptococcus mutants* *S. saliva-*  
*rius*, *Enterococcus faecalis*, *Staphylococcus aureus*, *Candida albicans* a *C. glabrata*.

Výsledky studie z roku 2015, od autorů FARZANEH AT AL, ukázaly, že silice saturej-  
ky vykazuje silné inhibiční účinky na *A. niger*, *P. digitatum*, *B. cinerea* a *R. stolonifer*,  
což jsou nejčastější druhy plísní napadající jahody. Prokazatelný antifungální účinek

silice saturejky způsoben vysokým obsahem fenolických sloučenin, kterou je právě karvakrol.

### **Obsahové látky**

Čerstvá nať saturejky zahradní obsahuje přibližně 28 % sušiny. Sušinė je tvořena z přibližně 5,6 % bílkovin, 2,5 % cukrů, 1,6 % tuků, 9,1 % bezdusíkatých látek, 8,6 % vlákniny a 2,1 % popelovin. Saturejka obsahuje také množství polyfenolických látek, především tříslovin a flavonoidů (4-9 %), obsahuje i hořčiny, pryskyřice a minerální látky. (PAVELA, BÁRNET, 2011).

V suché droze je obsaženo od 0,3-4 % silice, jejíž majoritní složkou je karvakrol (30%) a  $\gamma$ -terpinen (20%). Kromě těchto dvou obsahuje silice také minoritní podíl p-cimenu (9%),  $\alpha$ -terpinenu,  $\beta$ -myrcenu a další aromatické terpeny. (BAŞER, BUCHBAUER., 2010). Karvakrol je jednoduchý fenol, který se využívá jako potravinové aditivu, jelikož inhibuje růst některých druhů bakterií. V lékařství se využívají drogy obsahující karvakrol jako analgetikum, expektorans, antitusikum (PAVELA, BÁRNET, 2011). Složení silice je proměnlivé v závislosti na mnoha faktorech. Kromě silic obsahuje saturejka také flavonoidy, hořčiny, třísloviny, vitamín A, niacin, železo, vápník, hořčík a sodík (RŮŽIČKOVÁ, KOCOURKOVÁ, 2012).

### **3.1.3 Majoránka zahradní (*Majorana hortensis* MOENCH.)**

#### **Popis**

Rod *Majorana* zahrnuje asi 6 druhů, pocházejících převážně od západního Středozeří až po Řecko. V ČR se vyskytuje a pěstuje majoránka zahradní (*Majorana hortensis* MOENCH). Pojmenování majoránka se odvozuje z hebrejského mar, což je v překladu hořký (SLAVÍK, 2000).

Jde o jednoletou silně aromatickou bylinu s přímou, bohatě větvenou 20 - 60 cm vysokou, v mládí čtyřhrannou lodyhou. Kořen je také bohatě větvený, jednotlivé kořeny jsou 150 – 200 mm dlouhé. Dolní listy jsou krátce řapíkaté, horní přisedlé, celokrajné, vejčité až elipticky kopist'ovité 5-10 x 5-18 mm velké. Kvete v červenci až září. Květy jsou uspořádány v lichopřeslenu, skládají lichoklasy, s okrouhlými, žláznatými, listenu podobnými kalichy, které téměř zakrývají koruny. Květy jsou růžové, bílé, nebo světle fialové barvy s výraznou tyčinkou, která vyčnívá z koruny. Plodem je velmi drobná



hnědá tvrdka (NEUGEBAUEROVÁ, 2016). V původní domovině, kterou je Středomoří a Orient, se jedná o vytrvalou bylinu nebo polokeř. U nás se jedná o jednoletou bylinu, která může být v kultuře také dvouletá (JIRÁSEK, STARÝ, 1989). Nejčastěji pěstovanou odrůdou u nás je "Marcelka". Chuť a vůně je jemně štiplavá, svěží kořená a hořká (RŮŽIČKOVÁ, KOCOURKOVÁ, 2012).

### **Podmínky pěstování**

Semena vyséváme brzy na jaře, mladé rostliny pak vysazujeme na záhon, až když nehrozí mrazy. Majoránku je vhodné pěstovat na stejném pozemku nejdéle dva roky. Důležitá je též jarní příprava půdy. Majoránku lze pěstovat i v květináči v domácnosti, jelikož ideální teplota je pro majoránku okolo 20 °C. Vhodná je lehká propustná zemina (směs zeminy a písku), kterou dostatečně utužíme a semena sázíme do hloubky cca 4 mm. První klíčky se objeví až po 8-15 dnech. Dva týdny po výsadbě kypříme půdu mezi řádky a plečkujeme porost (RŮŽIČKOVÁ, KOCOURKOVÁ, 2012). Počáteční pomalý růst klade vyšší nároky na agrotechniku. První sklizeň se provádí za suchého počasí na počátku rozkvětu, druhá pak za zhruba 5 týdnů (BULÁNKOVÁ, 2005).

### **Oblasti pěstování**

Majoránka zahradní vyžaduje pro svůj růst lehčí vápnitou půdu s dostatkem živin a vláhy. Vybíráme tedy slunné oblasti s ne příliš častými srážkami a s mírně kyselou půdou s pH okolo 6,5 (NEUGEBAUEROVÁ, 2016).

### **Využití**

Majoránka se používá v evropských, amerických i afrických kuchyních. Díky obsahu silic má silnou vůni a díky obsahu tríslovin kořenou lehce nahořklou chuť (JIRÁSEK, STARÝ, 1989). Je dobré přidat majoránku ke konci vaření, nejlépe v čerstvém stavu, pro intenzivnější aroma. Používá se především do polévek a uzenin. Je vhodná k ochucení dušeného masa, hodí se ke zvěřině, luštěninám, bramborám a do salátových zálivek (LÁNSKÁ, 2010). Požadavky na kvalitu drogy majoránky zahradní podrobně specifikuje česká technická norma ČSN ISO 10620. Tato norma specifikuje nároky na sušenou majoránku zahradní uváděnou do oběhu, požadavky na chuť, vůni, napadení hmyzem a plísněmi, příměsí a chemické složení.

V léčitelství se majoránka využívá jako účinné stomachikum, antiseptikum, expektoran, karminativum, diuretikum. Působí také jako mírné sedativum při lehkých poruchách neurovegetativního systému a pomáhá při léčbě

nespavosti (HAJLAOUI AT AL., 2016). Využívá se při nemocech trávicích orgánů, jelikož urychluje a podporuje trávení, pomáhá zvyšovat tvorbu a vylučování žaludečních šťáv. Zmírňuje křeče, nadýmání a průjmy. Podporuje vylučování moči. Pomáhá při menstruačních bolestech a migrénách. Při velkých dávkách může působit omamně (IBURG, 2004). Zevně lze majoránku použít na mokravé vyrážky a zdlohavě se hojící rány. Také do ústních vod, kloktadel, nebo do koupelí. Zmírňuje otok sliznic a tím pomáhá uvolňovat dýchání (MELANIE, 2014).

Majoránka je také významnou nektarodárnou rostlinou, s průměrným zdrojem pylu, sloužící jako včelí pastva. Obecně medy mají medy hluchavkovitých rostlin příjemnou chuť i vůni. Například tzv. Hymetský med, pocházející z hory Hymet je směsí nektaru majoránky a tymiánu a byl velice oblíbený již v antickém Řecku (HARAGSIM, 2004).

### **Obsahové látky**

Mezi hlavní obsahové látky majoránky zahradní patří silice (2%), třísloviny (0,9%), hořčiny a vitamín C a A, vápník, železo, hořčík, fosfor, draslík, sodík (NEUGEBAUEROVÁ, 2016).

Složení silice se v závislosti na kultivaru příliš neliší. Hlavními složkami silic jsou terpinen-4-ol (25%-50%),  $\gamma$ -terpinen, sabinenhydrát, thujenhydrát, 1,8-cineol, estragol,  $\alpha$ -terpineol, linalyl acetát, myrcen a linolool (VELÍŠEK, 2002). Ročně je vyprodukováno třicet tun silic a to převážně v Maroku. Majoránková silice má jemnou kořenitou a trochu dřevitou vůni, značně připomíná vůni muškátového oříšku (JELEŇ, 2012).

### **3.1.4 Požadované kvalitativní znaky - legislativa**

Léčivými, aromatickými a kořeninovými rostlinami (LAKR) se v České republice zabývá vyhláška Ministerstva zdravotnictví ČR č. 343/2003 Sb. ze dne 30. září 2003 s účinností od 1. listopadu 2003. Přílohou této vyhlášky je seznam rostlin využívaných pro farmaceutické a terapeutické účely.

Využití hluchavkovitých rostlin jako koření reguluje vyhláška Ministerstva zemědělství č. 398/2016 Sb. o požadavcích na koření, jedlou sůl, dehydratované výrobky, ochucovadla, studené omáčky, dresinky a hořčici ze dne 12. prosince 2016. S účinností od 1. července 2017. Tato vyhláška definuje požadavky na označování a jakost koření a odkazuje na příslušné normy ČSN ISO.

Tabulka 1: Smyslové požadavky na jakost jednotlivých druhů koření (Příloha č. 1 k vyhlášce č. 398/2016 Sb.)

Název koření	Název rostliny	Část rostliny	Vzhled	Barva	Vůně	Chuť
Bazalka	bazalka ( <i>Ocimum basilicum</i> L.)	sušené listy a části květů	řezané nebo celé listy, bez stonků	šedozeleň	v závislosti na odrůdě kořenitá, skořicová až citrónová	sladce nebo kořenitě chutnající v závislosti na odrůdě
Majoránka	majoránka ( <i>Origanum majorana</i> L.)	suchá směs listů, květenství, květů nebo jejich částí	celé nebo sekané kousky listů a vrcholků lodyh, bez stonků	světle zelená, šedozeleň až hnědozelená	charakteristická po majoránce, výrazná	kořenitá, mírně svíravá
Saturejka	saturejka zahradní ( <i>Satureja hortensis</i> L.) saturejka horská ( <i>Satureja montana</i> L.)	sušené listy a části květů nebo celé s nitky	celé nebo řezané, kopinaté listy (saturejka zahradní úzce čárkovité, saturejka horská zakončené špičkou), hladké na povrchu a okrajích, bez stonků, nebo snítky 15-30 cm dlouhé	saturejka zahradní zelená až tmavě červená, saturejka horská listy zelené nebo šedozeleň	výrazně kořenitá	ostrá až štiplavá

Tabulka 2: Fyzikální a chemické požadavky na jakost jednotlivých druhů koření (Příloha č. 4 k vyhlášce č. 398/2016 Sb.)

Název koření	Vlhkost v % hmotnosti nejvýše	Celkový popel v % hmotnosti sušiny nejvýše	Silice v % (ml/100 g) v sušině nejméně	Popel nerozpustný v kyselině v % hmotnosti sušiny nejvýše	Příměsi v % hmotnosti nejvýše		
					Organické vlastní	Organické cizí	Anorganické
Bazalka	12,0	16,0	0,3	2,0	18,0	2,0	2,0
Majoránka	12,0	16,0	0,5	4,5	3,0	1,0	2,0
Saturejka	13,0	11,0	0,4	1,0	4,0	1,0	2,0

Využívají-li se hluchavkovité rostliny k aromatizaci potravin, pak se jejich použití řídí nařízením (ES) č. 1334/2008, které v čl. 3 odst. 2 písm. c) uvádí definici přírodní aro-

matické látky: „přírodní aromatická látka“ je látka získaná vhodnými fyzikálními, enzymatickými nebo mikrobiologickými procesy z materiálů rostlinného, živočišného nebo mikrobiologického původu, buď jako taková, nebo po zpracování za účelem lidské spotřeby jedním nebo více tradičními způsoby přípravy potravin uvedenými v příloze II. Přírodní aromatické látky odpovídají látkám, které se přirozeně vyskytují a lze je nalézt v přírodě.

### 3.2 Silice

Silice jsou produkty sekundárního metabolismu rostlin, vytvářeny při degradaci vysokomolekulárních produktů primárního metabolismu (BAŞER, BUCHBAUER., 2010).

VELÍŠEK, 2002 uvádí, že jsou to intenzivně vonící těkavé směsi olejovité konzistence obsažené v různých částech rostlin. Hlavními složkami silic jsou fenolické sloučeniny, fenoly a jejich estery, těkavé mono- a seskviterpeny, alkoholy, aldehydy, ketony, kyseliny a uhlovodíky. Složení těchto látek a jejich vzájemný poměr závisí na druhu rostliny a na okolních podmínkách v době jejího růstu. Ačkoliv jsou silice složeny z několika desítek látek, obvykle obsahují 1-5 látek, jejichž obsah je majoritní a pro daný rostlinný druh typický (PAVELA, BÁRNET, 2011). Biosyntéza silic v rostlinách je regulována mnoha faktory, na které má vliv například poranění rostliny, světlo, voda, minerální látky obsažené v půdě (KOROCH, JULIANI, ZYGADLO, 2007).

Složky silic jsou tvořeny prostřednictvím čtyř nebo pěti hlavních biosyntetických drah: isoprenoidní (terpenoidy), lipoxygenázovou oxidací lipidů, při fotosyntéze, nebo jako meziprodukty biosyntézy z kyseliny šikimové. Při zrání, lipoxygenázy oxidují polynenasycené mastné kyseliny, čímž se získají aldehydy (2-hexenal), alkoholy (2,6-nonadienol), a estery s nízkou molekulovou hmotností a výrazným aromatem. Rostlinné aminokyseliny fenylalanin a tyrosin jsou vytvořeny prostřednictvím dráhy kyseliny šikimové a mohou být následně deaminovány, oxidovány, a redukovány, čímž se opět vytvoří důležité aromatické látky, jako například cinnamaldehyd a eugenol. Naprostá většina složek silic jsou terpeny [např. uhlovodíky (limonen), alkoholy (menthol), aldehydy (citral), ketony (karvon), kyseliny a estery (geranylacetát)], které jsou vytvořené prostřednictvím isoprenoidní dráhy. Vzhledem k tomu, že všechny tyto mechanismy pracují v rostlinách rozdílně v závislosti na druhu, období růstu a životním prostředí, mnoho ze stejných chemických složek jsou přítomny v celé řadě silic (BAŞER, BUCHBAUER., 2010).

Silice jsou většinou bezbarvé, během zpracování a skladování však mohou vlivem rozkladných reakcí tmavnout a pryskyřičnatět. Za normální teploty bývají tekuté konzistence, jsou těkavé a rozpouštějí se v alkoholu, benzenu, etheru, chloroformu a tucích. Jejich hustota je většinou menší než  $1\text{g/cm}^3$ . Obsah silic se v rostlinách pohybuje od desetin až po jednotky procent. Tvoří se v protoplasmě sekrečních buněk a poté se ukládají v siličných útvarech, odkud se již zpětně neresorbují, jejich vylučování je tak ireverzibilní proces. U čeledi *Lamiaceae* jsou takovýmto útvarem tzv. trichomy. Obecně se silice mohou koncentrovat v některém z rostlinných orgánů (například pouze v květech) nebo mohou prostupovat celou rostlinou (typické pro jehličnany) (TOMKO, 1999).

V současnosti je známo přes 3 000 druhů nejrůznějších silic. Každá z těchto silic má svou charakteristickou vůni, skupenství, rozdílnou těkavost při nízkých teplotách a rozdílnou koncentraci obsahových látek. Většina je téměř bezbarvá, ale například heřmánková silice má tmavě modrou barvu, pomerančová silice je rudé barvy a rezavá je například silice jasmínu (VALÍČEK, 2007).

Z botanického hlediska mají silice pro rostlinu řadu významů, z nichž k nejvýznamnějším patří prevence klíčení semen, ochrana rostlin před vysycháním a napadením škůdci. Zprostředkovávají interakce mezi rostlinou a okolním prostředím, hrají významnou roli při soupeření rostlin, kdy mají silice význam pro přilákání opylovačů (květní silice) a tím zajištění genetického přenosu a zachování druhu, nebo naopak k odlákání škůdců, často slouží silice také jako "volání o pomoc" rostliny, je-li napadena škůdci a "obět" vypařuje vůně, která přitahuje nepřátele těchto škůdců a tím se sama chrání (BAŞER, BUCHBAUER., 2010).

### 3.2.1 Metody izolace

Nejrozšířenější metodou je destilace vodní parou. Pára, která je pod tlakem proháněna rostlinným materiálem s sebou strhává kapičky silic, tato pára se následně vhání do chladiče, kde kondenzuje na vodu a olej, který oddělujeme pomocí dělicí nálevky (KANT, KANTOVÁ, 2004). Tuto metodu použiji i já v praktické části. Dalšími destilačními metodami jsou například destilace za sníženého tlaku, destilace superhorkou parou a mikrovlnná parní destilace.

Další ze způsobů získávání silic je lisování za studena, tento způsob se praktikuje především u silice z citrusových plodů. Takto vylisovaná tekutina není čistou silicí, obsa-

huje i vodu a různé jiné látky, je to tedy většinou obtížně oddělitelná emulze. V některých případech se pak dále oddělují na odstředivce (KYSILKA 2007).

Nejšetnější a zároveň nejvíce zdlouhavou metodou je tzv. enflauráž, neboli extrakce tukem. Tato metoda je finančně náročná a využívá se nejčastěji v kosmetice (ŠPERGL, 2001)

Další metodou je extrakce nepolárními rozpouštědly, například benzinem nebo petroletherem. Tato metoda se používá především u získávání silic z květů. Tímto způsobem získaný extrakt se nazývá miscela, ta se dále rafinuje, aby se odstranily nežádoucí příměsi (KANT, KANTOVÁ, 2004).

V moderních technologiích se k získávání vonných a chuťových látek často využívá extrakce kapalinami v superkritickém stavu (zvláštní skupenský stav, který spojuje vlastnosti kapalin a plynů, vzniká zahřátím plynu nebo kapaliny na teplotu vyšší, než je její kritická teplota a současném stlačení na hodnotu vyšší než je její kritický tlak.), nejčastěji se používá CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, propan, metanol, amoniak a toluen. Díky snadnému odpaření rozpouštědla nehrozí rezidua jako v případě klasické extrakce organickými látkami (PAVELA, BÁRNET, 2011).

### 3.2.2 Složení silic

**Terpeny** - tvoří základ silic a jsou v nich bohatě zastoupeny. Mezi terpeny řadíme několik tisíc přírodních látek. Vyskytují se ve všech formách živé hmoty, ale biologické funkce známe jen u malého počtu z nich. Terpeny lze především považovat za "smyslové molekuly" (HAY & WATERMAN 1993). Základní stavební jednotkou terpenů je isopren (2-methylbuta-1,3-dien), dle počtu těchto izoprenových jednotek rozeznáváme: monoterpeny, které jsou tvořeny dvěma isoprenovými jednotkami. Monoterpeny jsou těkavé kapaliny vyskytující se převážně v rostlinách. Mezi monoterpeny patří například limonen v citronové a pomerančové silici, thujon, menthol obsažený v mátové silici, citral a myrcen z vavřínové silice. Dalším zdrojem rozmanitosti struktur terpenů jsou změny prostorového uspořádání molekul prostřednictvím center asymetrie. Například menthol má tři asymetrické uhlíky, může tedy teoreticky tvořit osm různých stechiometrických konformací. Tyto izomery mají i odlišné organoleptické vlastnosti (HAY & WATERMAN, 1993). Seskviterpeny jsou tvořeny třemi isoprenovými jednotkami, jsou obsaženy například v povrchovém vosku některých druhů ovoce. Mezi seskviterpeny patří například farnesol nebo kandinen z jalovcové silice. Triterpeny tvoří čtyři isopre-

nové jednotky, vyskytují se především jako složky pryskyřice jehličnatých stromů. Dále rozeznáváme tetraterpeny a polyterpeny. Celkem známe více než 22 000 terpenoidů. Mají velkou strukturní variabilitu, řadíme mezi ně sloučeniny acyklické, cyklické, uhlovodíky i sloučeniny obsahující atomy kyslíku (VELÍŠEK, 2002). Biosyntéza terpenů probíhá dvěma cestami. První takzvaná mevalonátová cesta, ke které dochází v cytosolu buněk. Druhým je tzv. pyruvátová cesta, terpeny jsou syntetizovány přes 1-deoxy-D-xyluloso-5-fosfát v plastidech buněk (ZULAK, BOHLMANN 2011).

U silic se často provádí tzv. deterpenace, což je odstranění monoterpenových a seskviterpenových uhlovodíků nejčastěji za pomoci destilace za sníženého tlaku, extrakcí nebo adsorpcí. Terpenové uhlovodíky nemají na charakter vůně příliš velký vliv, hlavními nositeli vůně jsou především kyslíkaté sloučeniny. Deterpenové silice jsou odolnější vůči autooxidaci (VELÍŠEK, 2002).

**Estery** – bylo identifikováno více než tisíc různých sloučenin. Těžké estery aromatických kyselin jsou významnou vonnou složkou koření, ovoce, zeleniny a květů rostlin. Doprovázejí často příslušné karboxylové kyseliny a alkoholy. Estery aromatických kyselin a aromatických alkoholů mají zpravidla těžké balzámové vůně. Typickou ovocnou vůni pak mají estery nízkomolekulárních kyselin a alkoholů (VELÍŠEK, 2002).

**Alkoholy** - jsou přirozenými složkami silic. Vznikají jako sekundární látky při fermentačních a termických procesech. Vyskytují se běžně alifatické, alicyklické, heterocyklické a aromatické alkoholy, také primární, sekundární a terciální a alkoholy s více hydroxyskupinami. Jako látky aromatické se uplatňují především primární alkoholy a jejich estery (VELÍŠEK, 1999).

**Aldehydy** – téměř všechny nasycené alifatické aldehydy mají význam jako vonné látky. Složkami silic bývají nejčastěji aromatické a terpenové aldehydy. Z aromatických aldehydů je nejvíce rozšířen benzaldehyd, který se vyskytuje jak volný, tak i vázaný. Je významnou složkou aromatu destilátů z peckovin, hořkomandlové silice a skořicové silice. Z terpenových aldehydů jsou nejvýznamnější monoterpenové aldehydy. Nejčastěji se vyskytující alifatický nenasycený aldehyd je citral, který je vonnou složkou mnoha silic především citrusových plodů (VELÍŠEK, 1999).

**Ketony** – v potravinách bývají přítomny především nasycené a nenasycené alifatické ketony se 3-17 atomy uhlíku, které vznikají různými mechanismy. Jako aromatické lát-

ky jsou významné monoterpenové ketony, jakým je mimo jiné i karvon, který je typickou vonnou složkou kmínové a koprové silice. Dihydrokarvon a s ním isomerní menthon jsou významnou složkou mátové silice (VELÍŠEK, 1999).

### 3.2.3 Využití silic

Silice jsou přírodní látky s téměř všestranným využitím. Používání silic, případně jejich izolovaných složek se v poslední době zvyšuje. V parfumerii a kosmetice jsou mimo jiné součástí mnoha ústních vod. Silice jsou využívány také jako složky botanických insekticidů. Kromě přímých insekticidních účinků byly u mnoha silic prokázány také repelentní, protipožerové, antiovipoziční účinky, které jsou spojeny s inhibicí růstu larv nebo snížením plodnosti dospělců. Díky své těkavosti také vykazují omezenou perzistenci v polních podmínkách. Přípravky na bázi silic jsou používány především pro ochranu skleníkových kultur, u domácích a hospodářských zvířat na ochranu před parazity. Při ochraně ovoce a zeleniny využívají přípravky na bázi silic především drobní pěstitelé a ekologičtí zemědělci (PAVELA, BÁRNET, 2011).

V potravinářství se siličnaté rostliny používají jako dochucovadla nápojů a pokrmů. V potravinářské technologii se využívají též při výrobě aromat (JIRÁSEK, STARÝ, 1989). Obecný trend snižování používání syntetických potravinářských přísad vzbudil zájem o využití silic také jako konzervačních látek (ZŁOTEK, MICHALAK-MAJEWSKA, SZYMANOWSKA, 2016).

Antimikrobiální aktivita silic je dána jejich aktivními složkami, kterými jsou izopreny (monoterpeny, seskviterpeny), fenoly a uhlovodíky. Látky fenolové povahy (například thymol, karvakrol), patří z hlediska antimikrobiální aktivity k nejučinnějším (KOROCH, JULIANI, ZYGADLO, 2007).

Ve farmacii se silice využívají pro přípravu léčiv a doplňků stravy. V humánní medicíně má mnoho využití. Ze silic lze izolovat menthol a kafr, které mají dráždivý a prokrvující účinek na pokožku. Hojně používané jsou i masti z heřmánku, šalvěže a řebříčku, které mají protizánětlivý účinek. Ovlivňují například autonomní nervový systém, mají významné antioxidační účinky, protirakovinné vlastnosti a zvyšují penetrační činnost. Ve formě nálevů a odvarů se využívají pro povzbuzení žaludeční činnosti, zlepšení chutě k jídlu, na upravení trávení a celkové uklidnění organismu (TOMKO, 1999). Antioxidační a protizánětlivé účinky vykazuje většina silic. Zánět a oxidace jsou totiž úzce spojeny:



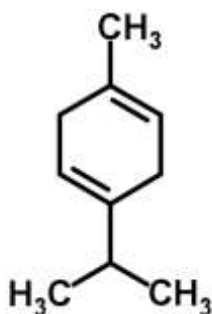
Antioxidanty uhasí volné radikály, které poškozují buňky a vedou k zánětu (ZŁOTEK, MICHALAK-MAJEWSKA, SZYMANOWSKA, 2016).

Jednou z nejvýznamnějších látek při léčbě nádorů je d-limonen, který je hlavní složkou olejů citrusové kůry. Další významnou látkou je v tomto směru perillyl alkohol, který působí jako inhibitor farnesyl transferázy (farnesyl transferáza umožňuje post translační modifikaci signálních proteinů Ras, která vede k onkogenní transformaci buňky). Perillyl alkohol podávaný testovaným myším vedl ke snížení počtu nádorů o 58%. Podobné účinky vykazují i další látky z řady terpenových alkoholů, jako je například geraniol, carveol, farnesol, nerolidol,  $\beta$ -citronellol, linalool, a mentol. Konzumace stravy s vysokým obsahem ovoce a zeleniny bohaté na monoterpeny, snižuje riziko vzniku rakoviny tlustého střeva, prsní žlázy, jater, slinivky břišní a plic (CROWELL, 1999).

Silice nacházejí využití i v aromaterapii, což je alternativní medicína, která užívá těkavé vonné látky, přírodní i syntetické rostlinné silice za účelem změny mysli, nálady, procesu poznávání nebo zdraví (DAVISOVÁ, 2005).

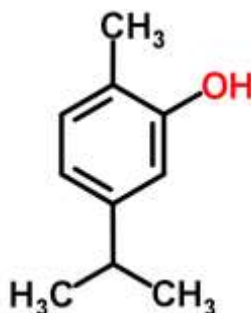
#### 3.2.4 Významné složky destilovaných silic

$\gamma$ -terpinen je monoterpen, přírodního původu, nacházející se v mnohých aromatických rostlinách. Běžně se vyskytuje ve třech izomerech  $\alpha$ ,  $\beta$  a  $\gamma$ . Tyto izomery mají podobné biologické účinky. Tvoří hlavní část silic citrusů, kmínu, pepře, hřebíčku, skořice, zázvoru, celeru, koriandru, hroznového vína a čaje. Má silné antioxidační účinky. Často se pro svou vůni v kosmetickém a potravinářském průmyslu. V lékařství jsou drogy obsahující tuto látku používány jako antioxidanty, při léčbě nachlazení a žaludečních potíží. Vykazuje protizánětlivé a antimikrobiální vlastnosti.  $\Gamma$ -terpinen má také prokazatelné pesticidní účinky (VELÍŠEK, 2002).



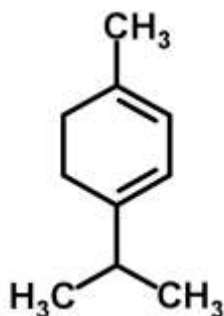
Obrázek 1:  $\gamma$ -terpinen (ROYAL SOCIETY OF CHEMISTRY, 2015)

**karvakrol:** Je jednoduchý fenol, který se využívá jako potravinové aditivum pro ochranu proti bakteriální kontaminaci. Inhibuje růst některých kmenů bakterií. Kromě toho má fungicidní, baktericidní a insekticidní účinky. V lékařství se využívají drogy obsahující tuto látku jako analgetikum, expektorans, antitusikum, používá se při léčbě kožních onemocnění a proti nadýmání.



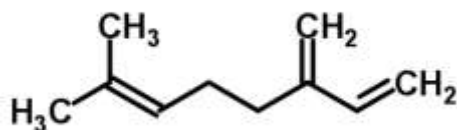
Obrázek 2: karvakrol (ROYAL SOCIETY OF CHEMISTRY, 2015)

**$\alpha$ -terpinen** je monoterpenový uhlovodík, tvořící složku tymiánové, kmínové, majoránkové, fenyklové a pomerančové silice. Běžně se také v bylinných silicích vyskytují dva isomery lišící se polohou dvojné vazby  $\alpha$ -terpenen a  $\gamma$ -terpenen (VELÍŠEK, 2002).



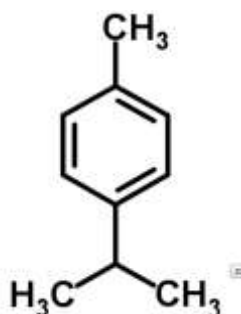
Obrázek 3:  $\alpha$ -terpinen (ROYAL SOCIETY OF CHEMISTRY, 2015)

**$\beta$ -myrcen** je monoterpenový uhlovodík, který je obsažen v silici chmelu a v koriandru. Vyznačuje se zemitou až pižmovou vůní s jemnými ovocnými tóny. U myrcenu byly prokázány silné protizánětlivé účinky. Působí také jako sedativum a svalový relaxans.



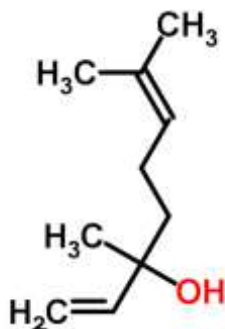
Obrázek 4:  $\beta$ -myrcen (ROYAL SOCIETY OF CHEMISTRY, 2015)

**p-cymen** patří do skupiny aromatických uhlovodíků, vzniká rozkladem citranu a voní intenzivně po tymiánu.



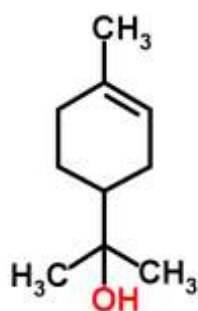
Obrázek 5: *p-cymen* (ROYAL SOCIETY OF CHEMISTRY, 2015)

**linalool** je monoterpenová sloučenina je hlavní složkou silic různých aromatických druhů (levandule, konvalinka), je obsažen také v silici ze semen koriandru. Psychofarmakologické studie prováděné in vivo, prokázaly účinky linaloolu na centrální nervový systém, má sedativní a antikonvulzivní (působící proti křeči, antikonvulzivum je léčivo používané pro léčbu a prevenci epileptických záchvatů) účinky. Linalool má inhibiční účinek na glutamátové receptory (glutamát u savců totiž plní funkci základního excitacevního neurotransmiteru) v krysím kortexu (ELISABETSKY, MARSCHNER, ONOFRE SOUZA, 1995)

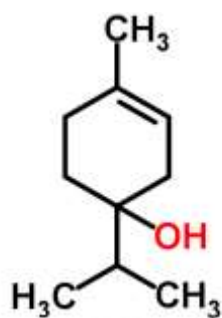


Obrázek 6: *linalool* (ROYAL SOCIETY OF CHEMISTRY, 2015)

Častými složkami silic, patřících do skupiny alifatických a alicyklických alkoholů je také  **$\alpha$ -terpineol**, který se vyskytuje v silici majoránky, kardamonu, badyánu a vavřínu, dále **terpinen-4-ol**, který je hlavní složkou silice majoránky. Vykazuje vysokou protinádorovou účinnost proti rakovině prsu, tlustého střeva, žaludku, plic a vaječníků (HAJLAOUI AT AL., 2016). Vyskytuje se také v silici muškátového ořechu, tymiánu a je jednou z hlavních složek tea tree oleje (VELÍŠEK, 2002).



Obrázek 7:  $\alpha$ -terpineol (ROYAL SOCIETY OF CHEMISTRY, 2015)



Obrázek 8: terpinen- 4-ol (ROYAL SOCIETY OF CHEMISTRY, 2015)

## 4 MATERIÁLY A METODIKA

### 4.1 Destilace

Destilace vodní parou je nejběžnější metoda využívaná pro stanovení obsahu silic v rostlinných drogách. Díky destilaci dosáhneme nejlepší výtěžnosti s vysokou kapacitou. Provádí se na zvláštním přístroji za předepsaných podmínek. Jde o relativně nenáročnou metodu, která poskytuje dobré výsledky.

Samotné stanovení se provádí podle charakteru zkoušené drogy. Do destilační baňky převedeme předepsané množství destilační kapaliny, přidáme předepsané množství zkoušené drogy a několik varných kaménků, poté připojíme kondenzační část. Nálevkou N se vlije do přístroje voda tak, aby její hladina dosáhla bodu B (obrázek 9). Kapalinu v baňce zahřejeme na teplotu bodu varu a destiluje se předepsanou dobu, předepsanou rychlostí, obvykle rychlostí 2 ml.min<sup>-1</sup> až 3 ml.min<sup>-1</sup>. Po uplynutí určené doby, ukončíme zahřívání a po cca 10 minutách odečteme objem kapaliny v dělené trubici (ČESKÝ LÉKOPIS, 2009).

Zjišťování obsahu silic pro farmaceutické účely se postup destilace řídí vždy českým lékopisem. Pro potravinářské účely se většinou řídíme ISO normou.

#### 4.1.1 Princip destilace

Principem destilace je převedení kapaliny v páru jejím zahřátím, odvedení páry a následnou kondenzací páry. Slouží k dělení, nebo čištění směsí na základě odlišných teplot varů jejich složek.

Vodní pára za vysokého tlaku prochází rostlinným materiálem a aromatické komponenty jsou z něj do páry extrahovány. Následně jsou vonné látky parou unášeny do horní části kolony a chladiče, kde spolu s vodou kondenzují, esenciální oleje jsou poté odděleny z vodní hladiny díky rozdílné hustotě (TREPKOVÁ, VONÁŠEK, 1997).

#### 4.1.2 Postup práce

Před samotnou destilací byla celá destilační aparatura vyčištěna 10% kyselinou chromsírovou důkladně propláchnuta destilovanou vodou a mechanicky vyčištěna, za pomoci kartáčů. Stanovení silic bylo provedeno ve dvou opakování z každého vzorku. Při určení navážky drogy, objemu destilované vody a určené doby destilace jsem se řídila ČSN 6571. Pro bazalku tato norma uvádí 50 g sušené, jemně drcené natě a 500 ml desti-

lované vody po dobu pěti hodin. Pro saturejku je zde uvedeno 40 g sušené, jemně drčené natě se 600 ml destilované vody po dobu čtyř hodin a pro majoránku také 40 g sušené, jemně drčené natě se 600 ml destilované vody po dobu pěti hodin (ČSN ISO 6571). Před destilací byl zkoušený vzorek bazalky rozemlet tak, aby jeho většina prošla sítím s otvory o velikosti 315  $\mu\text{m}$ , jak uvádí norma ČSN ISO 11163. U saturejky zahradní byl rostlinný materiál rozemletý dle metody uvedené v ISO 7928-2 tak, aby prošel beze zbytku sítím s otvory o velikosti 300  $\mu\text{m}$ . Majoránka byla destilována v nerozemletém stavu, dle normy ČSN ISO 10620. Materiál byl vložen do destilační baňky o objemu 1000 ml a vždy doplněn stanoveným množstvím destilované vody. Byly přidány varné kamínky, aby se zabránilo utajenému varu. Pro účely následného stanovení složení silice pomocí plynové chromatografie se nepřidával xylen, jelikož takto vydestilovanou silici nelze snadno od xylenu oddělit. Po uplynutí 4 hodin u majoránky a 5 hodin u bazalky a saturejky bylo odečteno množství objemu silice na stupnici. Silice byla šetrně převedena do vialky, označena a uskladněna v mrazničce pro další rozbor.

Silice byly stanoveny destilací s vodní parou za dodržení podmínek dané metody. Vždy z rostliny ve vysušeném stavu a po důkladném rozmělnění. Výsledky jsou vyjádřeny v ml a vztaženy na 100 g vysušené drogy.

$$x \% = \frac{100 \cdot a}{n}$$

a – objem silice v ml

n – navážka vzorku v g

x – objem silice ve 100 g sušené drogy

## 4.2 Chromatografie

Pro analýzu aromatických sloučenin byla použita metoda plynové chromatografie, což je běžně používaná separační metoda, založená na separaci jednotlivých složek vzorku v koloně. Jde o rychlou a jednoduchou metodu, další výhodou je malé množství vzorku potřebného k analýze a vysoká účinnost separace látek. Kolony mohou být kapilární (o délce 15-60 m s vnitřním průměrem 0,1-0,6 mm) nebo náplňové (s délkou 1-2 m a vnitřním průměrem 2-3 mm). Vzorek se vnaší mezi dvě vzájemně nemísitelné fáze, mezi mobilní (pohyblivá) a stacionární (nepohyblivá). Mobilní fázi tvoří nosný plyn, který je umístěn v tlakové lahvi, ta obsahuje většinou vodík, dusík, helium, nebo argon. Dusík je inertní, nehořlavý a zároveň nejlevnější. Vodík dovoluje nejrychlejší analýzu, ale je

výbušný ve směsi s kyslíkem nebo se vzduchem, což je jeho hlavní nevýhoda. Helium se používá hlavně v kombinaci plynové chromatografie s hmotnostním detektorem. Za tlakovou lahví je umístěno čistící zařízení, které zachycuje nečistoty, nežádoucí stopy ostatních plynů a stopy reaktivního kyslíku. Vzorek (plyn, kapalina) se dávkuje injekční stříkačkou přes septum do injektoru, kde se odpaří a následně jsou tyto páry unášeny nosným plynem (mobilní fází), přes fázi stacionární, kde jsou postupně jednotlivé složky zachycovány. Nosný plyn putuje až ke konci kolony a dělicí proces se neustále opakuje. Tímto principem se jednotlivé složky ve vzorku postupně separují. Složky, které opouštějí kolony, jsou indikovány detektorem. Kvalitativní zastoupení složek se pak určí z časového průběhu a z intenzity signálu vysílaného detektorem (KLOUDA, 2003).

Rozlišujeme plamenově ionizační detektor (FID) nebo hmotnostní detekcí (MS). Princip plamenově ionizačního detektoru spočívá v ionizaci vzorku s C-H vazbou mezi elektrodami při průchodu přes hořící plamen v detektoru. Ionty poté vedou elektrický proud. Plamenový ionizační detektor je univerzální, protože detekuje téměř vše, pouze s výjimkou kyseliny mravenčí, formaldehydu, anorganických par a plynů. Signál detektoru, tedy elektrický proud, se po zesílení zapisovačem zapisuje v podobě píku, neboli chromatografická křivka (KLOUDA, 2003).

Kvantitativní a kvalitativní vyhodnocení píků se provádí porovnáním se standardem. Sledují se retenční časy a retenční objemy, na jejichž základě můžeme určit, o jakou látku se jedná. Kvantitativní analýza spočívá v porovnávání výšky a plochy píku, čím je výška a plocha větší, tím je obsah dané složky ve vzorku vyšší (ZŁOTEK, MICHALAK-MAJEWSKA, SZYMANOWSKA, 2016).

#### **4.2.1 Postup**

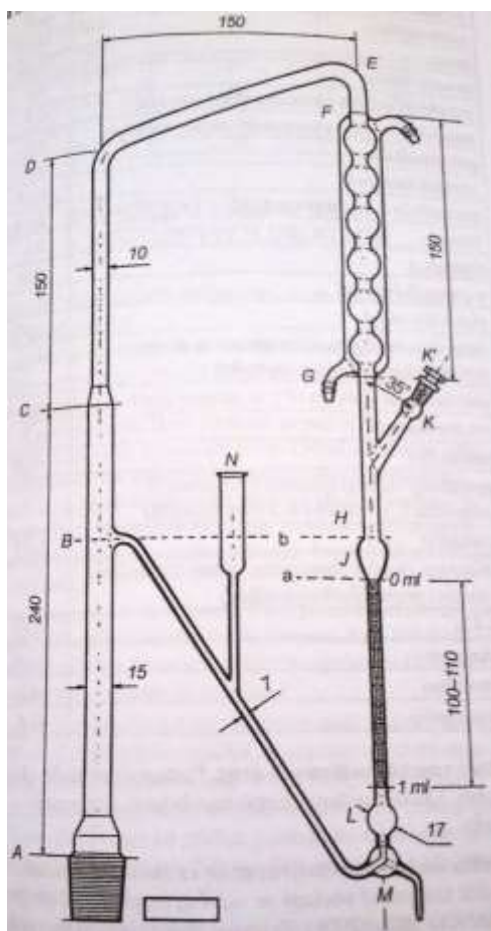
Do 10 ml vialky byly nepipetovány 4 ml deionizované vody a 1 ml rostlinného extraktu a poté byla vialka uzavřena víčkem se septem. Takto připravený vzorek byl analyzován metodou statické head-space ve spojení s GC/MS. Byla použita kapilární kolona SLB-5MS (60m x 0,25 mm x 0,25  $\mu$ m). Nosným plynem bylo helium (1,5 ml/min). Objem vzorku, tedy plynné fáze byl 250  $\mu$ l. Kalibrační křivka a vlastní stanovení analýz metodou vnějšího standardu byly zpracovány a vyhodnoceny pomocí softwarového programu Xcalibur. Ke zjištění zastoupení obsahu jednotlivých složek ve vzorku se používá porovnání s vnějším standardem s nástřikem kalibračních vzorků. Tento způsob posky-

tuje informace o retenčním čase a relativní odezvě pro analyzovanou látku. Výsledek se uvádí jako aritmetický průměr výsledků dvou nezávisle připravených vzorků.

### 4.3 Použité přístroje

#### Destilační aparatura

Destilační aparatura se skládá z destilační baňky o vhodném objemu s kulatým dnem a krátkým zabroušeným hrdlem, na širším konci o vnitřním průměru 29 mm. Dále z kondenzační části, která přiléhá k destilační baňce zábrusem tak, že spolu tvoří jednolitý celek; použité sklo má nízký koeficient roztažnosti. Destilační baňka je zahřívána vhodným tepelným zdrojem, který nám umožňuje přesné nastavení teploty destilace. Celou aparaturu drží stojan s kruhem pokrytým izolačním materiálem (ČESKÝ LÉKOPIS, 2009)



Obrázek 9: Přístroj na stanovení silic v rostlinných drogách, rozměry v milimetrech (ČESKÝ LÉKOPIS, 2009)



## **Plynový chromatograf**

Plynový chromatograf s hmotnostním detektorem. Chromatograf musí být uzpůsoben pro práci s kapilárními kolonami. Ohřev musí umožňovat izotermální i teplotně programovatelný provoz. Chromatograf musí být dále vybaven vhodným vyhodnocovacím zařízením (PC vybavený vhodným profesionálním softwarem).

vhodná kapilární kolona pro daný účel (např. SLB-5MS)

autosampler (např. CombiPal)

analytické váhy

kalibrovaná pipeta (1 ml)

kalibrované odměrné baňky (10 ml, 25 ml)

mikrostřičkačky (10  $\mu$ l, 50  $\mu$ l, 100  $\mu$ l)

vialky (10 ml) s víčky se septem

helium (čistota min. 5.5)

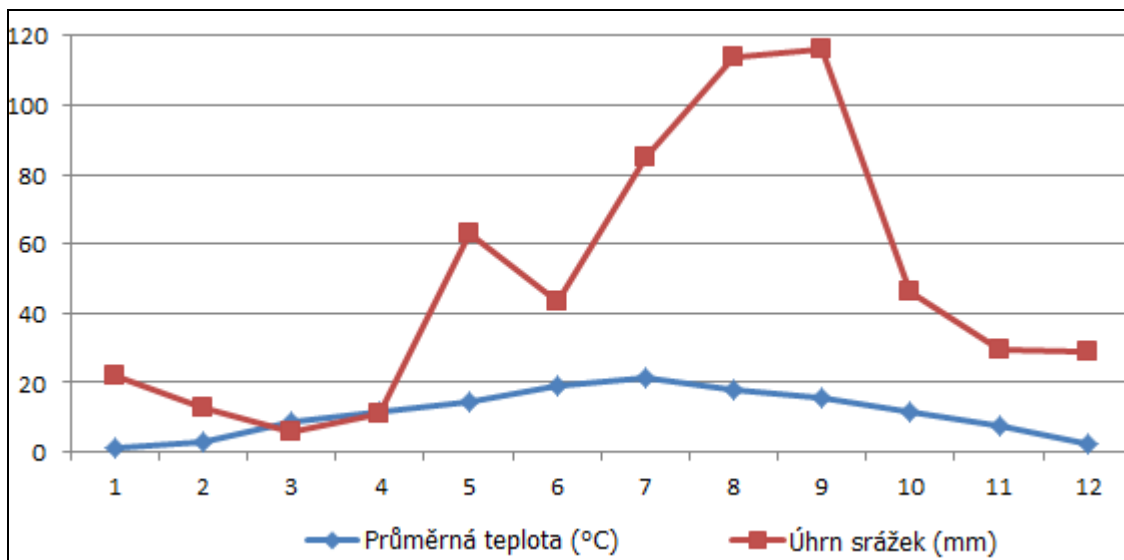
standarty (limonen, cineol, linalool, kafr, borneol, alfa-terpineol, linalyl-acetát)

## **4.4 Zdroje a původ vzorků**

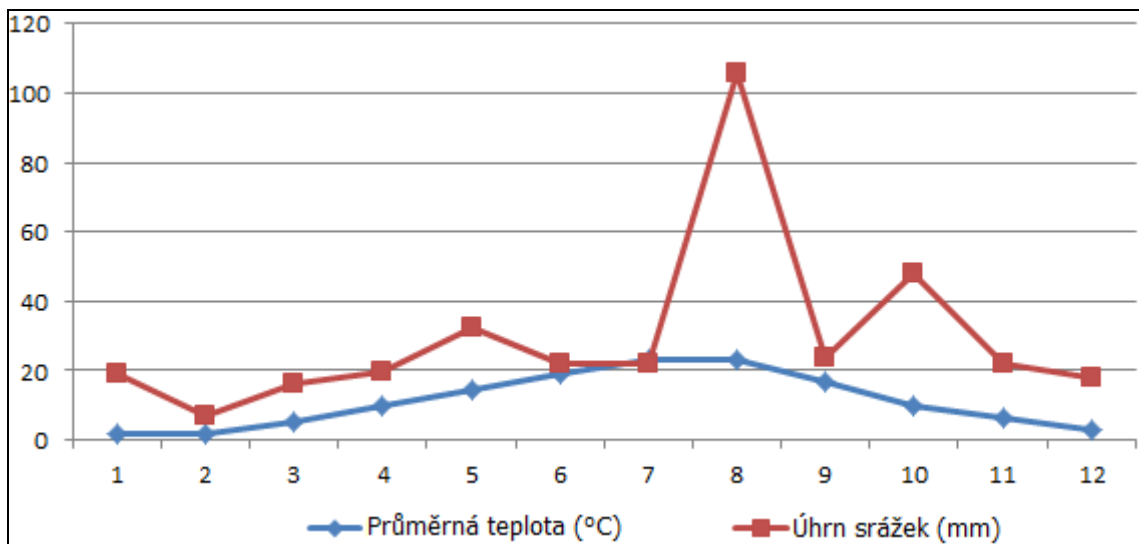
Pro ověření metodiky stanovení silic a jejich složení byly v roce 2014, 2015 a 2016 pěstovány vybrané druhy (bazalka pravá, saturejka zahradní a majoránka zahradní) na pozemku polní pokusné stanice AF MENDELU v Žabčicích.

Pracoviště Žabčice se nachází ve vzdálenosti necelých 25 km jižně od města Brna (s. z. š. 49°01' v. z. d. 16°16'). Leží v Dyjsko-svrateckém úvalu. Na území pracoviště Žabčice se nejčastěji vyskytují genetické půdní typy černozemě, mírně podzolované drnové půdy a nivní půdy glejové. Hladina podzemní vody osciluje okolo hloubky 100 cm. Zrnitostně se jedná o těžkou půdu. Prakticky celý profil je jílovitohlinitý (49,3 – 58,3 % jílnatých částic), v hloubce okolo 50 cm pak můžeme najít zrnitostně těžší úsek, jež je jílovitý (69,4 % jílnatých částic). Pozemky jsou většinou rovinnatého charakteru s nadmořskou výškou 179 m. n. m. Katastrální území Žabčic se nachází v kukuřičné výrobní oblasti, podoblasti K<sub>2</sub>. Patří mezi nejteplejší oblasti v ČR. Zároveň jde o suchou oblast s typickým vnitrozemským klimatem s průměrnými ročními srážkami 380 - 550 mm a průměrnou roční teplotou 10,07 °C není pro zemědělskou výrobu ideální. Suchost klimatu zvyšují větry, které způsobují velký výpar půdní vláhy. Vodní srážky ve vegetačním období jsou rozloženy velmi nerovnoměrně. Do oblasti pracoviště zasahuje též

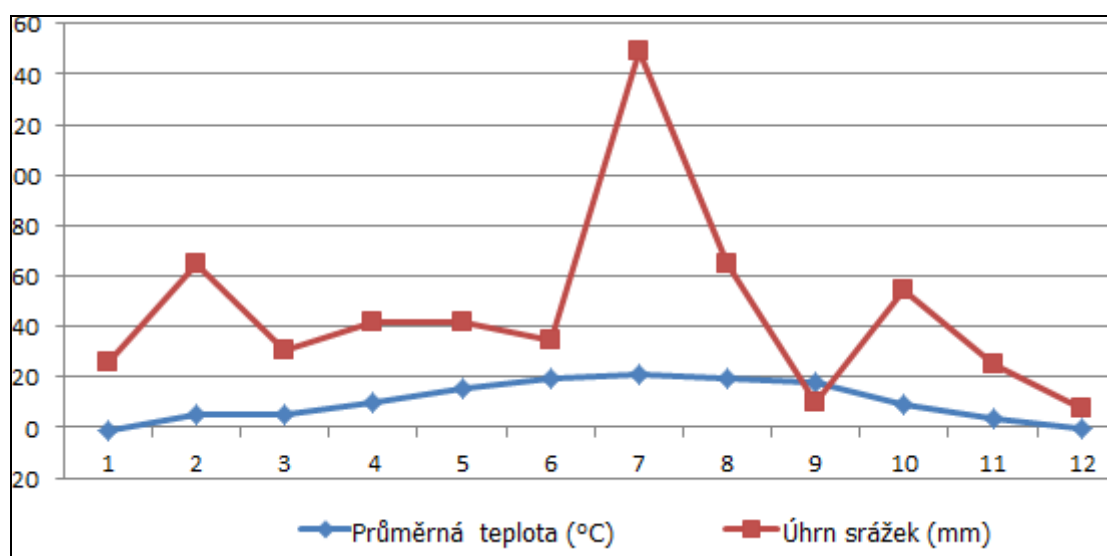
dešťový stín. Hodnota Langova dešťového faktoru se pohybuje okolo 57; tato charakteristika řadí pokusnou lokalitu k nejsušším regionům. Třicetiletý průměr ročních úhrnů srážek činí 480 mm. Trvání slunečního svitu kolísá v rozmezí 1800 – 2000 hodin za rok. Hodnoty průměrných teplot vzduchu a srážkových úhrnů v jednotlivých měsících jsou znázorněny v grafech 1-3.



**Graf 1:** Průměrné teploty vzduchu (°C) a srážkové úhrny (mm) v Žabčicích za rok 2014



**Graf 2:** Průměrné teploty vzduchu (°C) a srážkové úhrny (mm) v Žabčicích za rok 2015



**Graf 3:** Průměrné teploty vzduchu (°C) a srážkové úhrny (mm) v Žabčicích za rok 2016

Na polní pokusné stanici v Žabčicích byly vysety a vysázeny vybrané rostlinné druhy, za účelem následného stanovení obsahových látek. V termínech nejvhodnějších z hlediska obsahových látek byla provedena sklizeň rostlinného materiálu. U bazalky je čas sběru když se začnou objevovat bílé květy (zpravidla červen, červenec). Sklizeň majoránky provádíme 2–3 krát za sezonu před rozkvetem a za suchého počasí. Rostlinky sestříhneme cca 5 centimetrů nad zemí, aby mohly znovu obrazit. Saturejku sklízíme taktéž před rozkvetem, zpravidla začátkem července. Sklizený materiál byl usušen při teplotě do 40 °C. Takto získaná droga byla následně zpracovávána a hodnocena. Obsah silic byl stanoven pomocí destilace vodní parou na ÚPŠRR MENDELU. Vzorke silic byly předány pro další analýzu stanovení jednotlivých složek silice do Výzkumného ústavu pivovarského a sladařského (VÚPS).

#### 4.5 Zpracování výsledků

Dosažené výsledky byly statisticky vyhodnoceny pomocí statistického programu STATISTICA (data analysis software system), StatSoft, Inc. (2011), version 10. Získaná data byla vyhodnocena jednofaktorovou analýzou variance s následným testováním podle Fishera (LSD test),  $P = 0,05$ . Hodnoty vybraných složek silice byly vyjádřeny procenticky. Tyto pak byly před hodnocení analýzou variance transformovány úhlovou transformací ( $x' = \arcsin \sqrt{x}$ ) (CHLOUPEK 1996). Výsledky jsou v práci zpracovány numericky i graficky.

## 5 VÝSLEDKY A DISKUZE

Ve vysušené zelené hmotě sledovaných druhů zeleného koření byl stanoven obsah silic podle metodiky, kterou uvádí ISO normy. Podle normy ISO 6571 by měl být minimální obsah silic v bazalce 0,3%, pro saturejku 0,5% a pro majoránku uvádí tato norma minimální obsah 0,3% v sušině. Průměrný obsah silic u vybraných druhů, ve sledovaném období (2014-2016) byl u bazalky pravé 0,56% u saturejky zahradní 2,45% a u majoránky zahradní 2,61 %. Výsledky tedy splňují požadavky ISO normy na minimální obsah silic. U saturejky zahradní byl naměřen obsah silic více než 4 krát vyšší, než je toto minimální množství a u majoránky zahradní dokonce více než 8 krát vyšší množství. Tento fakt lze zdůvodnit příznivými podnebními podmínkami ve sledovaných letech, kdy bylo suché a teplé počasí. Pozemky v Žabčicích se vyznačují teplým a suchým klimatem, (spadají do podoblasti K2, která patří mezi nejteplejší oblasti ČR) což sice není ideální pro zemědělskou výrobu, ale rostlinám z čeledi *Lamiaceae*, tyto podmínky vyhovují.

Tabulka 3: Analýza variance majoránky zahradní pěstované v letech 2014-2016 pro celkový obsah silic a jejich složení

Zdroj proměnlivosti	n-1	Obsah silic	$\beta$ -myrcene	$\alpha$ -terpinen	p-cymen	limonen	$\gamma$ -terpinen	sabinene -hydrate	linalool	terpinen-4-ol	$\alpha$ -terpineol	linalyl acetat	$\beta$ -caryophyllen
		PČ											
Rok	2	0,69**	0,03	4,961**	0,72**	0,02	2,21**	7,03***	0,06	54,60***	7,03***	0,18	0,01
Chyba	3	0,05	0,01	0,132	0,02	0,005	0,16	0,01	0,05	0,29	0,01	0,08	0,01

Pozn.: \* -  $p \leq 0,05$ ; \*\* -  $p \leq 0,01$ ; \*\*\* -  $p \leq 0,001$ ;

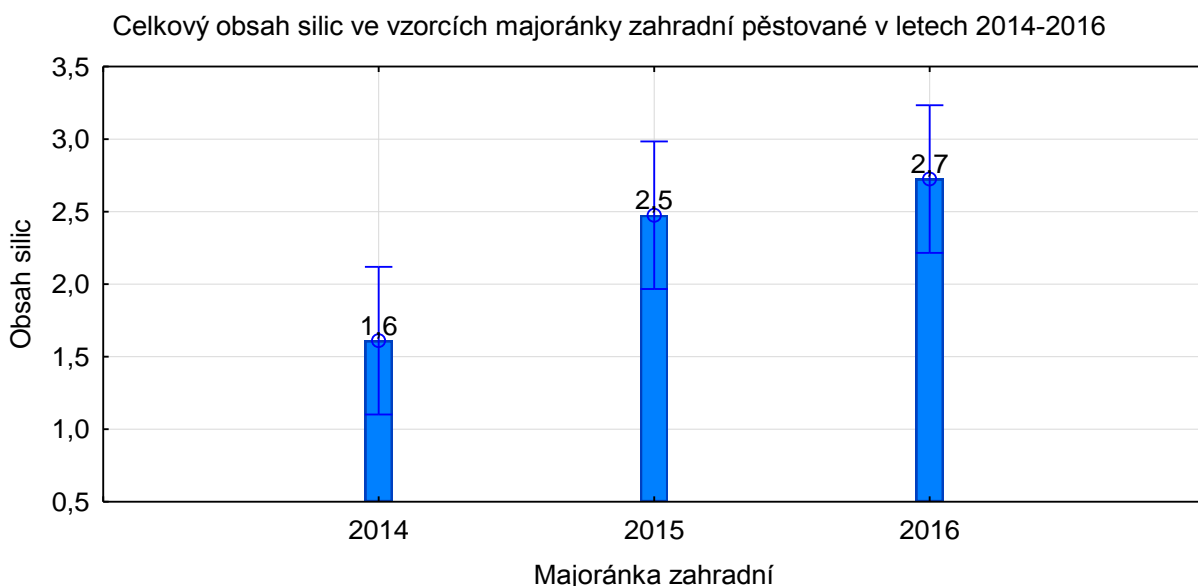
Z analýzy variance (tabulka 3) vyplývá, že ve vzorcích majoránky zahradní ve sledovaných letech 2014-2016 byl zjištěn statisticky vysoce průkazný vliv ročníku na celkový obsah silic a složek silice  $\alpha$ -terpinen, p-cymen a  $\gamma$ -terpinen. Ročník statisticky velmi vysoce ovlivňoval složky silice sabinene-hydrate, terpinen-4-ol a  $\alpha$ -terpineol. Oproti tomu nebyl zjištěn statisticky průkazný vliv ročníku na ostatní sledované složky silice.

Tabulka 4: Průměrný obsah silic a jejich složení ve vzorcích majoránky zahradní pěstované v letech 2014-2016

Majoránka zahradní	Obsah silic	$\beta$ -myrcene	$\alpha$ -terpinen	p-cymen	limonen	$\gamma$ -terpinen	sabinene -hydrate	linalool	terpinen-4-ol	$\alpha$ -terpineol	linalyl acetat	$\beta$ -caryophyllen
2014	1,61 a	2,10 a	6,30 a	14,00 c	1,65 a	12,55 a	0,05 a	3,50 a	49,50 c	5,10 a	3,35 a	1,90 a
2015	2,48 b	1,85 a	9,45 c	12,80 a	1,85 a	14,65 b	3,80 c	3,15 a	39,05 a	8,85 c	2,75 a	1,80 a
2016	2,73 b	1,98 a	7,88 b	13,40 b	1,75 a	13,60 ab	1,93 b	3,33 a	44,28 b	6,98 b	3,05 a	1,85 a

Pozn.: Průměrné hodnoty označené odlišnými písmeny ve sloupcích se od sebe statisticky významně liší při  $p=0,05$ ; obsah silic v ml/100 g, složky silice v %

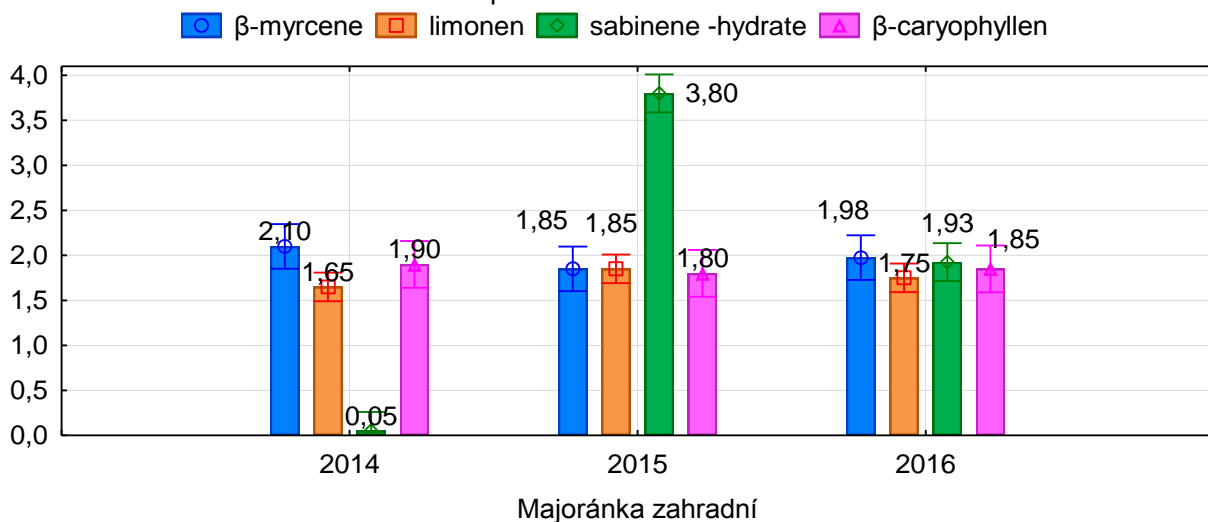
Složení silice majoránky zahradní odpovídá výsledkům řady studií, které uvádí jako hlavní složky majoránkové silice terpinen-4-ol,  $\gamma$ -terpinen, p-cymen,  $\alpha$ -terpinen,  $\alpha$ -terpineol, sabinen hydrátu a dalších. Množství těchto složek se samozřejmě mění v závislosti na několika faktorech. Těmito faktory jsou například vliv druhu, použitá část rostliny, období růstu, původ byliny, klimatické podmínky, adaptivní metabolismus rostlin, podmínky sušení a destilace a mnoha dalších (HAJLAOUI AT AL., 2016).



**Graf 4:** Celkový obsah silic ve vzorcích majoránky zahradní pěstované v letech 2014-2016

Ve vzorcích majoránky zahradní byl zjištěn statisticky průkazně nižší obsah silice v pěstitelském roce 2014 (1,61 ml/100 g), oproti rokům 2015 (2,48 ml/100 g) a 2016 (2,73 ml/100 g).

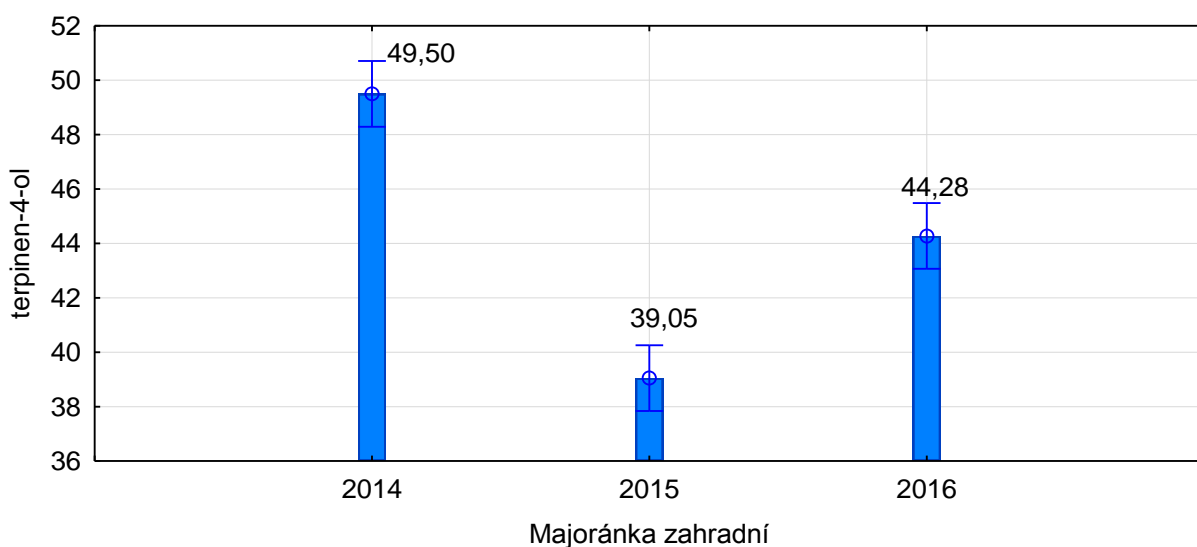
Obsah vybraných složek silice ( $\beta$ -myrcene, limonen, sabinene-hydrate,  $\beta$ -caryophyllen) majoránky zahradní pěstování v letech 2014-2016



**Graf 5:** Obsah vybraných složek silice ( $\beta$ -myrcene, limonen, sabinene-hydrate,  $\beta$ -caryophyllen) majoránky zahradní pěstování v letech 2014-2016

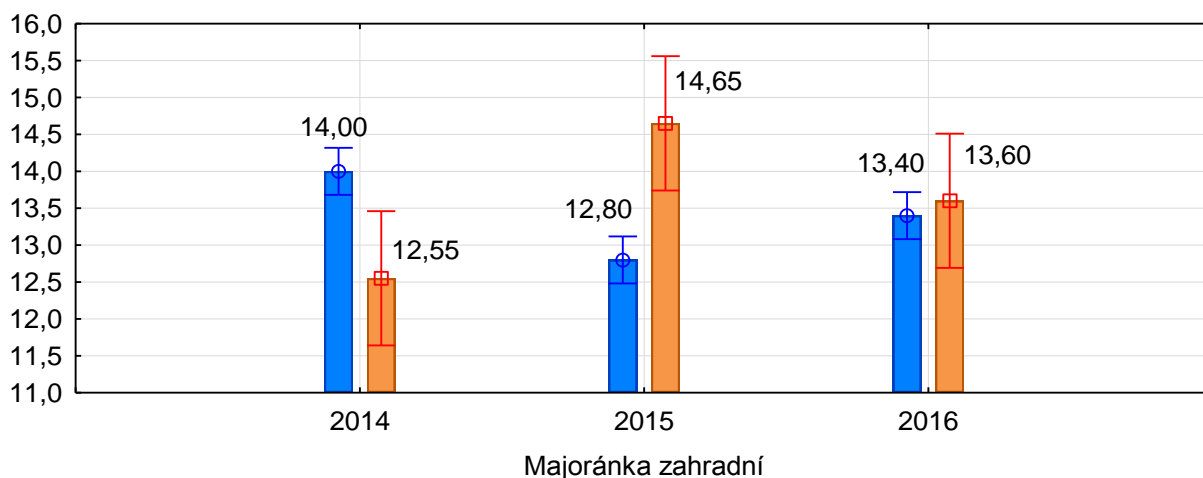
Z grafu 5 (tabulka 3) je zřejmé, že nebyly zjištěny statisticky průkazné rozdíly v obsahu složky silice  $\beta$ -myrcen (1,85 – 2,10 %), limonen (1,65 – 1,85 %) a  $\beta$ -caryophyllen (1,80 – 1,90 %). Poměrně vysoké rozdíly, statisticky průkazné byly u složky silice sabinene-hydrate. Statisticky průkazně nejvyšší obsah této složky byl ve vzorcích z roku 2015 (3,80 %). V roce 2016 byl průměrný obsah sabinene-hydratu 1,93 %. V roce 2014 však byl obsah této složky minimální (0,05 %).

Obsah složky terpinen-4-ol ve vzorcích majoránky zahradní pěstované v letech 2014-2016



**Graf 6:** Obsah složky terpinen-4-ol ve vzorcích majoránky zahradní pěstované v letech 2014-2016

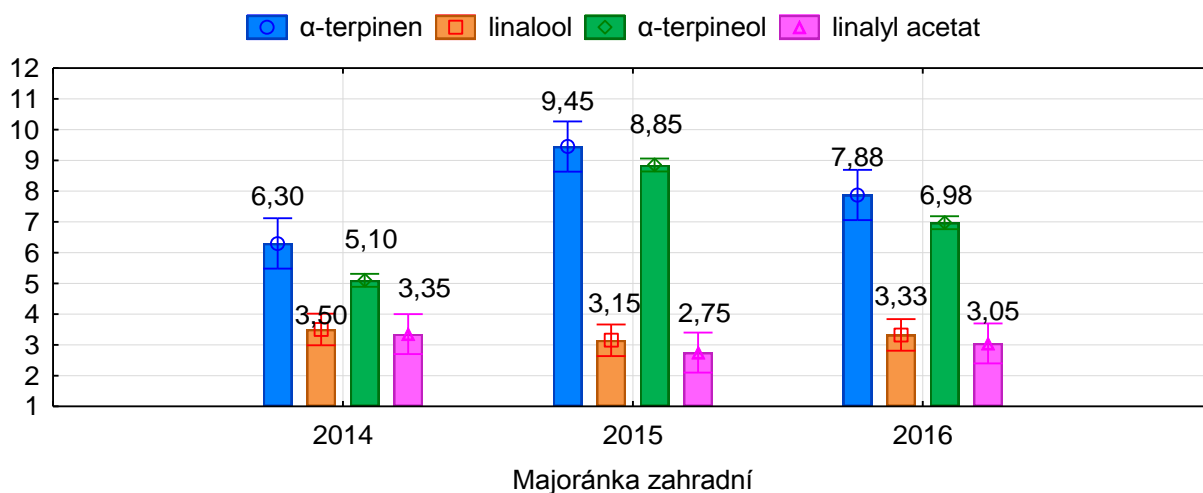
Obsah vybraných složek silice (p-cymen,  $\gamma$ -terpinen) majoránky zahradní pěstované v letech 2014-2016



**Graf 7:** Obsah vybraných složek silice (p-cymen,  $\gamma$ -terpinen) majoránky zahradní pěstované v letech 2014-2016

Z tabulky 3 a grafu 6 a 7 vyplývá, že nejvíce zastoupenou složkou silice byl terpinen-4-ol, kdy v roce 2014 byl zjištěn nejvyšší obsah této složky (49,5 %). Tyto vzorky se statisticky průkazně lišily od vzorků z roku 2015 i 2016. Nejnižší obsah složky silice terpinen-4-ol byl zjištěn ve vzorcích z roku 2015 (39,05 %). Vyšší procentické zastoupení bylo zjištěno také u složek silice p-cymen a  $\gamma$ -terpinen. Nejvyšší obsah složky silice p-cymen byl zjištěn ve vzorcích majoránky zahradní pěstované v roce 2014 (14,00%), ty se statisticky průkazně lišily od vzorků pěstovaných v roce 2015 (12,80 %), ale i v roce 2016 (13,40 %). Složka silice  $\gamma$ -terpinen byla zjištěna statisticky průkazně vyšší ve vzorcích z roku 2015 (14,65 %), ty se však statisticky průkazně nelišily od vzorku z roku 2016 (13,60 %). Statisticky průkazný rozdíl nebyl zjištěn mezi vzorky z roku 2014 (12,55 %), kdy byl obsah této složky nejnižší, a vzorky z roku 2016.

Obsah vybraných složek silice ( $\alpha$ -terpinen, linalool,  $\alpha$ -terpineol, linalyl acetat) majoránky zahradní pěstované v letech 2014-2016



**Graf 8:** Obsah vybraných složek silice ( $\alpha$ -terpinen, linalool,  $\alpha$ -terpineol, linalyl acetat) majoránky zahradní pěstované v letech 2014-2016

Z grafu 8 (tabulka 3) vyplývá, že složka silice  $\alpha$ -terpinen byla statisticky průkazně nejvyšší v roce 2015 (9,45 %). Podobně tomu bylo i ve složce  $\alpha$ -terpineol, kdy byl statisticky průkazně nejvyšší obsah zjištěn ve vzorcích z roku 2015 (8,85 %). Oproti tomu v roce 2014 byl zjištěn statisticky průkazně nejnižší obsah složek silice  $\alpha$ -terpinen (6,30 %) a  $\alpha$ -terpineol (5,10 %). Ve vzorcích majoránky zahradní nebyly zjištěny statisticky průkazné rozdíly v jednotlivých letech pěstování u složek silice linalool (3,15 – 3,50 %) a složky silice linalyl acetat (2,75 – 3,35 %).



Tabulka 5: Analýza variance bazalky pravé pěstované v letech 2014-2016 pro celkový obsah silic a jejich složení

Zdroj proměnlivosti	F-1	Obsah silic	$\beta$ -myrcene	cincol	$\gamma$ -terpinen	linalool	terpinen-4ol	$\alpha$ -terpineol	estragol	karvon	bornyl acetate	eugenol	$\alpha$ -bergamoten
		PČ											
Rok	2	0,13*	0,55	5,28	0,80**	93,16*	23,12***	0,50*	502,45***	27,01**	1,71**	0,15**	21,45
Chyba	3	0,01	0,24	6,51	0,01	7,57	0,03	0,03	3,67	0,25	0,02	0,00	4,15

Pozn.: \* -  $p \leq 0,05$ ; \*\* -  $p \leq 0,01$ ; \*\*\* -  $p \leq 0,001$ ;

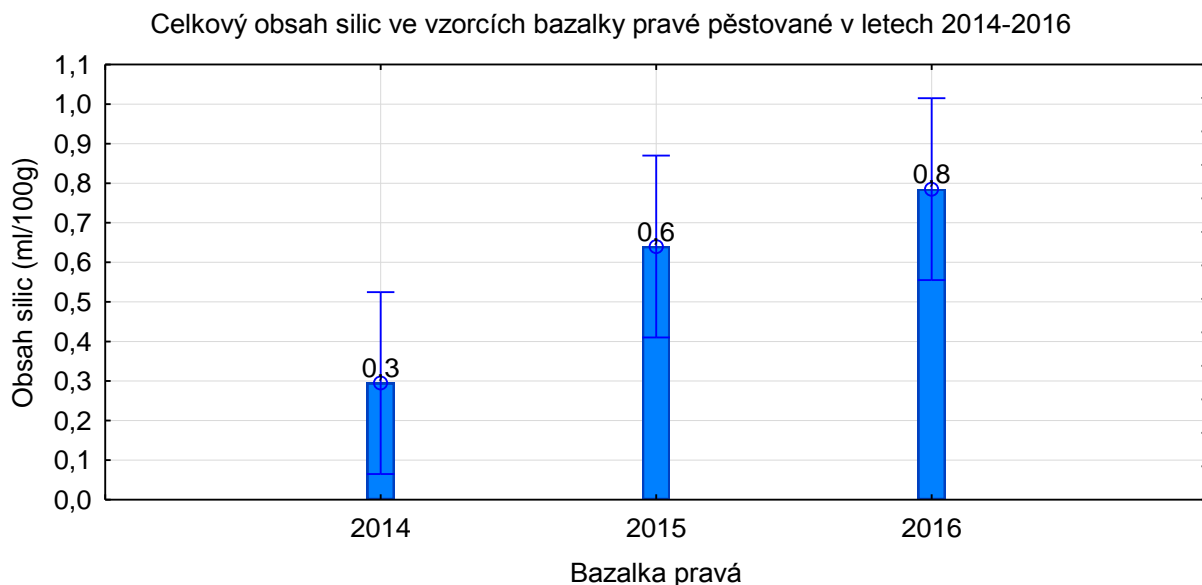
Ve vzorcích bazalky pravé pěstované v letech 2014-2016 byl zjištěn statisticky průkazný vliv roku na celkový obsah silic, složky silice linalool a  $\alpha$ -terpineol. Statisticky vysoce průkazné rozdíly mezi jednotlivými roky pěstování byly u složek silice  $\gamma$ -terpinen, karvon, bornyl-acetate a eugenol. Statisticky velmi vysoce průkazné rozdíly v letech 2014-2016 byly u složek silice terpinen-4-ol a estragol. Rok pěstování neměl průkazný vliv na obsah složek  $\beta$ -myrcen, cineol a  $\alpha$ -bergamoten.

Tabulka 6: Průměrný obsah silic a jejich složení ve vzorcích bazalky pravé pěstované v letech 2014-2016

Bazalka pravá	Obsah silic	$\beta$ -myrcene	cincol	$\gamma$ -terpinen	linalool	terpinen-4ol	$\alpha$ -terpineol	estragol	karvon	bornyl acetate	eugenol	$\alpha$ -bergamoten
2014	0,30 a	2,20 a	14,85 a	0,00 a	50,55 b	0,00 a	1,00 b	0,00 a	7,45 c	1,95 c	1,05 c	10,45 b
2015	0,64 b	1,15 a	11,60 a	1,25 c	36,90 a	6,80 c	0,00 a	31,70 c	0,10 a	0,10 a	0,50 a	3,90 a
2016	0,79 b	1,68 a	13,23 a	0,78 b	43,73 ab	3,40 b	0,50 ab	15,85 b	3,78 b	1,03 b	0,78 b	7,18 ab

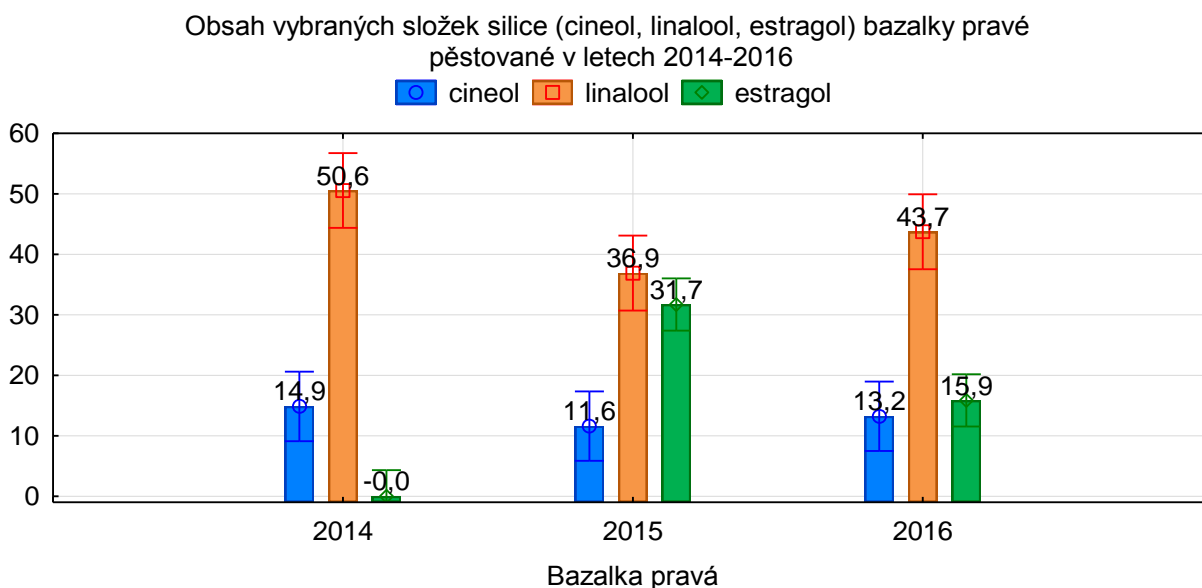
Pozn.: Průměrné hodnoty označené odlišnými písmeny ve sloupcích se od sebe statisticky významně liší při  $P=0,05$ ; obsah silic v ml/100 g, složky silice v %

Hlavní obsahové složky silice majoránky zahradní jsou linalool, estragol (neboli methylchavikol) a cineol, tyto složky jsou uváděny, jako nejvíce zastoupené, i ve studiích z roku 2016 od autorů BRUNI AT AL a ZŁOTEK AT AL.



**Graf 9:** Celkový obsah silic ve vzorcích bazalky pravé pěstované v letech 2014-2016

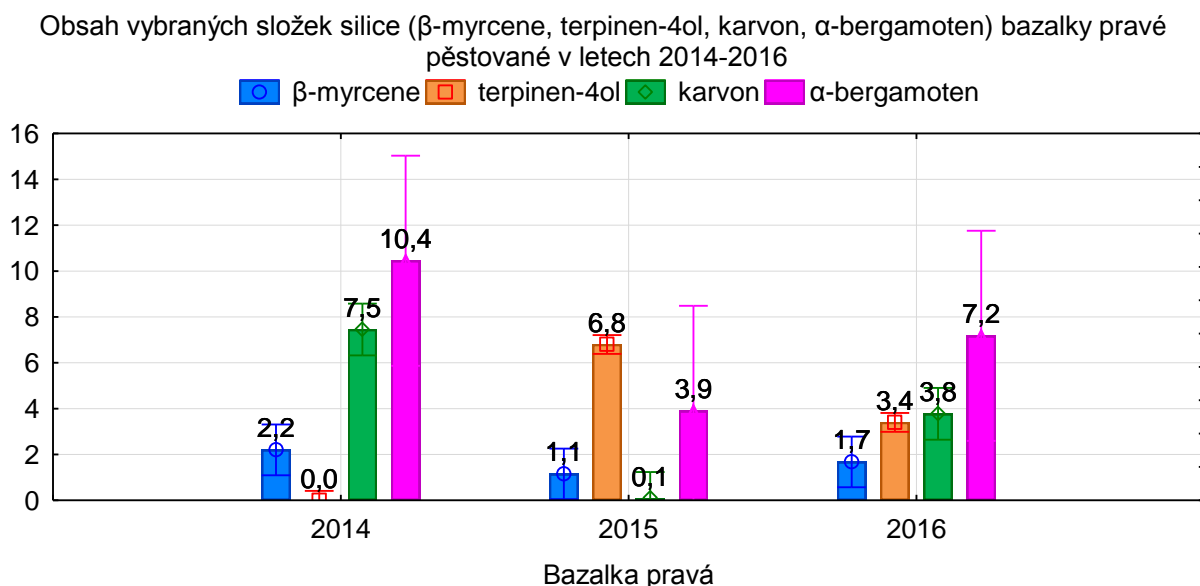
Celkový obsah silic (graf 9, tabulka 5) byl zjištěn nejvyšší ve vzorcích z roku 2016 (0,79 ml/100 g), ty se však statisticky průkazně nelišily od vzorku z roku 2015 (0,64 ml/100 g).



**Graf 10:** Obsah vybraných složek silice (cineol, linalool, estragol) bazalky pravé pěstované v letech 2014-2016

Z grafu 10 (tabulka 5) vyplývá nejvyšší zastoupení složky silice linalool ve vzorcích bazalky pravé. Nejvyšší obsah byl zjištěn ve vzorcích z roku 2014 (50,55 %), ty se však statisticky průkazně nelišily od vzorku z roku 2016 (43,73 %). Složka silice cineol byla zjištěna nejvyšším zastoupením v roce 2014 (14,85 %), tyto vzorky se však statisticky

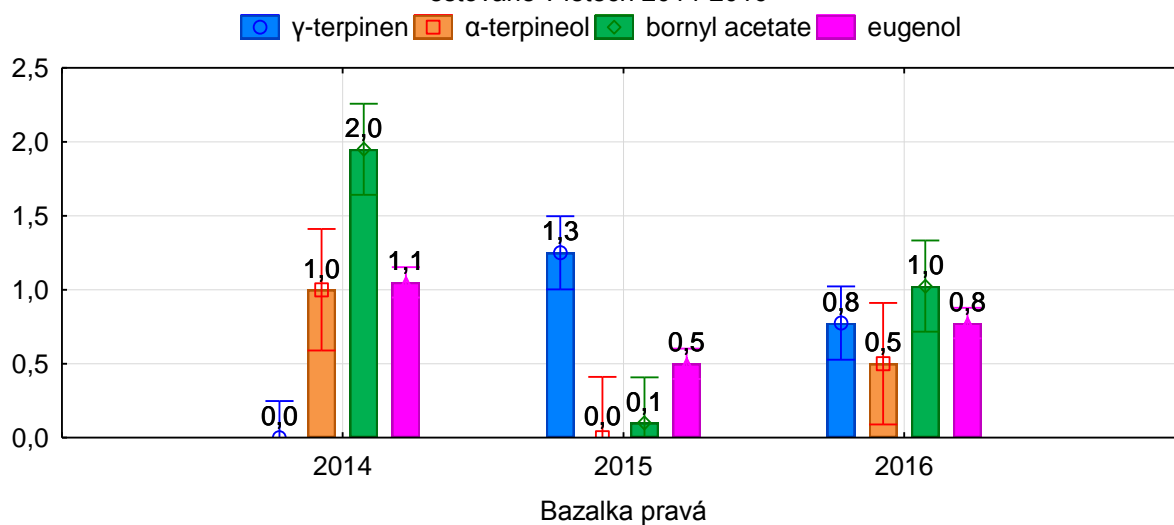
průkazně nelišili od ostatních let 2015 (11,60 %) a 2016 (13,23 %). Velké rozdíly v jednotlivých letech byly zjištěny u složky silice estragol, kdy v roce 2014 nebyla v detekovatelném množství oproti tomu však v roce 2015 byl průměrný obsah estragolu až 31,7 % a v roce 2016 15,85 %.



**Graf 11:** Obsah vybraných složek silice ( $\beta$ -myrcene, terpinen-4-ol, karvon,  $\alpha$ -bergamoten) bazalky pravé pěstované v letech 2014-2016

Z grafu 11 (tabulka 5) vyplývá, že mezi jednotlivými vzorky ve sledovaných letech 2014-2016 u složky silice  $\beta$ -myrcen nebyly zjištěny statisticky průkazné rozdíly. Nejvyšší obsah  $\beta$ -myrcenu byl v roce 2014 (2,20 %), v roce 2015 (1,15 %) a v roce 2016 (1,68 %). Složka silice terpinen-4-ol vykazovala v jednotlivých letech sledování statisticky průkazné rozdíly, kdy nejvyšší obsah byl zjištěn ve vzorcích z roku 2015 a to až 6,80 %. V roce 2016 byl obsah terpinen-4-ol 3,40 %, což bylo dvakrát méně, než v roce 2016. V roce 2014 nebyla složka terpinen-4-ol v detekovatelném množství. Podobnou tendenci vysokého kolísání v jednotlivých letech sledování vykazovala složka silice karvon, která však byla zjištěna statisticky průkazně nejvyšší v roce 2014 (7,45 %), což byl více jak dvojnásobně vyšší obsah kavonu oproti vzorkům z roku 2016 (3,78 %) a několikanásobně statisticky nižší množství karvonu bylo zjištěno ve vzorcích z roku 2015 (0,10 %). Složka silice  $\alpha$ -bergamoten byla zjištěna statisticky průkazně nejvyšší ve vzorcích z roku 2014 (10,45 %), ty se však statisticky průkazně nelišily od vzorků z roku 2016 (7,18 %). Nejnižší obsah  $\alpha$ -bergamotenu byl zjištěn ve vzorcích z roku 2015 (3,90 %), ty se však také statisticky průkazně nelišily od vzorků z roku 2016.

Obsah vybraných složek silice ( $\gamma$ -terpinen,  $\alpha$ -terpineol, bornyl acetate, eugenol) bazalky pravé pěstované v letech 2014-2016



**Graf 12:** Obsah vybraných složek silice ( $\gamma$ -terpinen,  $\alpha$ -terpineol, bornyl acetate, eugenol) bazalky pravé pěstované v letech 2014-2016

Složky silice  $\gamma$ -terpinen,  $\alpha$ -terpineol, bornyl acetát a eugenol se pohybovaly v nižším procentickém zastoupení a to od 0 do 1,95 % (graf 12, tabulka 5). Složka silice  $\gamma$ -terpinen vykazovala v jednotlivých letech sledování statisticky průkazné rozdíly. Nejvyšší obsah této složky byl zjištěn ve vzorcích z roku 2015 (1,25 %). Složka silice  $\alpha$ -terpineol byl v roce 2015 v nedetekovatelném množství, avšak v roce 2016 byl zjištěn obsah této složky 0,5 %. Tyto vzorky se však statisticky průkazně nelišili od vzorků z roku 2014 (1,00 %).

*Tabulka 7: Analýza variance saturejky zahradní pěstované v letech 2014-2016 pro celkový obsah silic a jejich složení*

Saturejka zahradní	n-1	Obsah silic	$\beta$ -myrcene	$\alpha$ -terpinen	p-cymen	$\gamma$ -terpinen	karvakrol
		PČ					
Rok	2	2,79**	0,50**	0,01	7,41**	61,61**	124,82**
Chyba	3	0,13	0,01	0,02	0,02	0,01	0,17

Pozn.: \* -  $p \leq 0,05$ ; \*\* -  $p \leq 0,01$ ; \*\*\* -  $p \leq 0,001$ ;

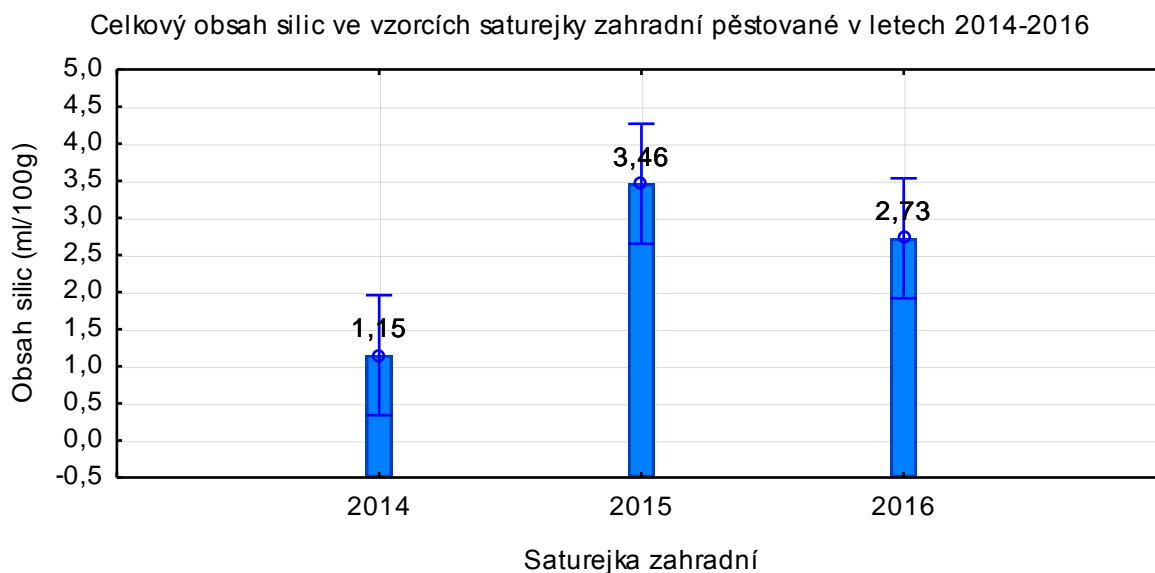
Ze sledovaných vzorků saturejky zahradní byla provedena analýza variance, z které vyplývá, že statisticky průkazný vliv měl ročník (2014-2016) jak na celkový obsah silic, tak na sledované složky silice, kromě  $\alpha$ -terpinenu.

Tabulka 8: Průměrný obsah silic a jejich složení ve vzorcích bazalky pravé pěstované v letech 2014-2016

Saturejka zahradní	Obsah silic	$\beta$ -myrcene	$\alpha$ -terpinen	p-cymen	$\gamma$ -terpinen	karvakrol
2014	1,15 a	2,35 c	3,10 a	9,60 c	38,90 c	46,05 a
2015	3,46 b	1,35 a	3,25 a	5,75 a	27,80 a	61,85 c
2016	2,73 b	1,85 b	3,18 a	7,68 b	33,35 b	53,95 b

Pozn.: Průměrné hodnoty označené odlišnými písmeny ve sloupcích se od sebe statisticky významně liší při P=0,05; obsah silic v ml/100 g, složky silice v %

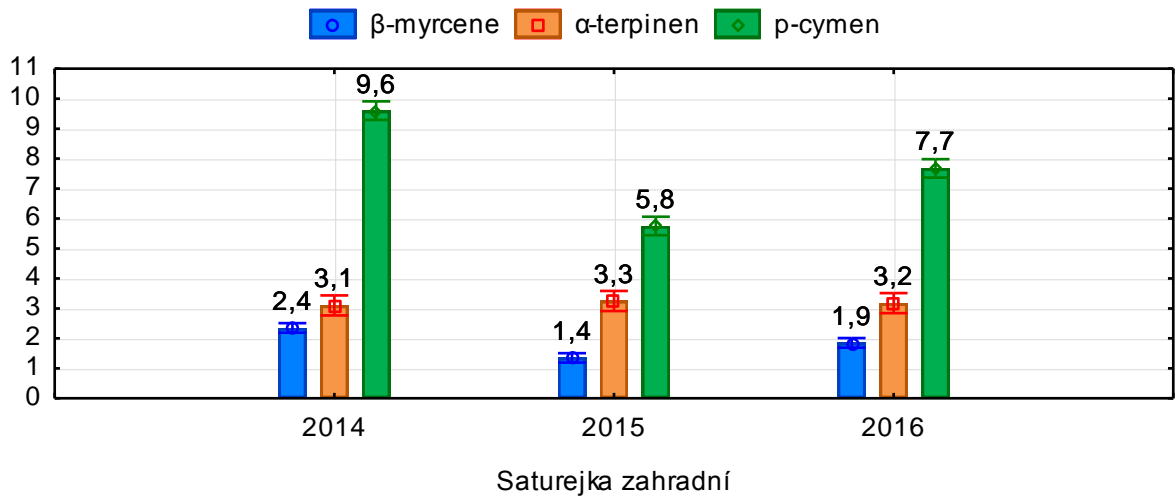
Hlavní obsahové složky silice saturejky zahradní jsou  $\gamma$ -terpinen, karvakrol a p-cymen, což odpovídá údajům z dostupné literatury (EL-GOHARY AT AL, 2015), (BAŞER, BUCHBAUER., 2010).



**Graf 13:** Celkový obsah silic ve vzorcích saturejky zahradní pěstované v letech 2014-2016

Nejvyšší obsah silic byl zjištěn ve vzorcích z roku 2015 (3,46 ml/100g) ty se však statisticky průkazně nelišily od vzorků z roku 2016 (2,73 ml/100g).

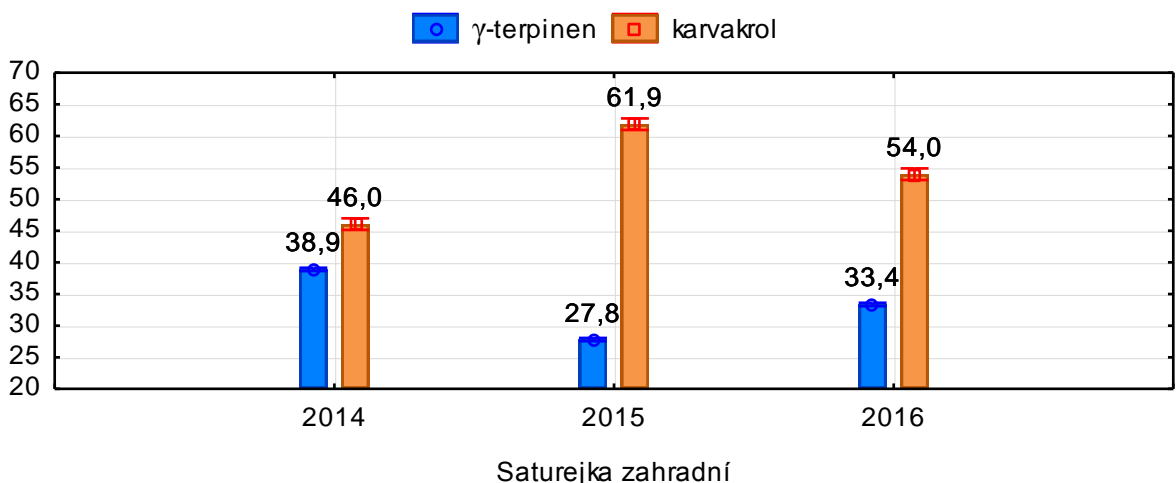
Obsah vybraných složek silice ( $\beta$ -myrcene,  $\alpha$ -terpinen, p-cymen) saturejky zahradní pěstované v letech 2014-2016



**Graf 14:** Obsah vybraných složek silice ( $\beta$ -myrcene,  $\alpha$ -terpinen, p-cymen) saturejky zahradní pěstované v letech 2014-2016

Složka silice beta-myrcen byla zjištěna statisticky průkazně nejvyšší v roce 2014 (2,35 %), oproti tomu statisticky nejnižší obsah  $\beta$ -myrcenu byl zjištěn ve vzorcích z roku 2015 (1,35 %). Z grafu 14 je zřejmé, že v obsahu  $\alpha$ -terpinenu nebyly zjištěny významné rozdíly (od 3,10 do 3,25 %). Statisticky průkazně nejvyšší obsah složky silice p-cymen byl zjištěn ve vzorcích z roku 2014 (9,60 %).

Obsah vybraných složek silice ( $\gamma$ -terpinen, karvakrol) saturejky zahradní pěstované v letech 2014-2016



**Graf 15:** Obsah vybraných složek silice ( $\gamma$ -terpinen, karvakrol) saturejky zahradní pěstované v letech 2014-2016

Ve vzorcích saturejky zahradní byly zjištěny v nejvyšším procentickém zastoupení složky silice  $\gamma$ -terpinen a karvakrol. Obsah  $\gamma$ -terpinenu byl statisticky průkazně nejvyšší, podobně jako u složky p-cymen ve vzorcích z roku 2014 (38,90 %). V roce 2016 byl obsah  $\gamma$ -terpinenu 33,35 % a ve vzorcích z roku 2015 27,80 %. Z grafu 15 je zřejmé, nejvyšší zastoupení karvakrolu ve vzorcích z roku 2015 a to až 61,9 %, 2016 (53,95 %) a 2014 (46,05 %).

## 6 ZÁVĚR

V experimentální části byl stanoven obsah silic v zeleném koření druhů bazalka pravá, saturejka zahradní a majoránka zahradní.

Ze statistického hodnocení vyplývá, že vliv ročníku byl statisticky průkazný u bazalky, saturejky i majoránky. Zároveň byl statistický významný i vliv ročníku na obsah jednotlivých složek silic. Což jen potvrzuje teoretické znalosti zpracované v literární části, že na výslednou kvalitu kořeninových rostlin má vliv soubor vnějších agroekologických faktorů, mezi které patří například podnebí, půda, agrotechnika a další.

Sluneční svit významně ovlivňuje především syntézu silic. Ovšem požadavky na intenzitu a délku osvětlení jsou u jednotlivých rostlinných druhů různé. Obecně však rostliny z čeledi hluchavkovitých mají rády teplá a slunná stanoviště a pěstují se především v nížinách.

Dalším významným faktorem z hlediska obsahu a složení silic je doba sklizně rostlin. Ideální je sklizeň před rozkvětem. Nejlépe v dopoledních hodinách a za slunného počasí. Tyto ideální podmínky nemohly být vzhledem k časové náročnosti pokusu dodrženy při všech sklizních u všech rostlinných druhů. Což mohl být jeden z faktorů, který se podílel na rozdílech v jednotlivých letech.

Je důležité u rostlin, které chceme využívat ať už ve farmacii, nebo v potravinářství pro jejich vysoký obsah silic, sledovat nejen celkový obsah silic, ale také složení silic. Jednotlivé složky mají významný vliv na výslednou biologickou aktivitu. Ve studii z roku 2015, kterou provedl BEATOVIC ET AL., byl antioxidační potenciál silic v korelaci s hlavním podílem těkavých sloučenin, především se sloučeninami obsahujícími fenolický kruh s OH skupinou, například eugenol, který je považován za jednu z hlavních složek zodpovědných za antioxidační vlastnosti bazalkové silice.

Oproti tomu antimikrobiální vlastnosti majoránkové silice jsou zapříčiněny zejména vysokým obsahem kyslíkatých monoterpenů, jako je například terpin-4-ol-terpinol a p-cymen. Další sloučeniny, jako je  $\gamma$ -terpinen,  $\alpha$ -terpinen a sabinene-hydrate vykazují také významné antimikrobiální vlastnosti. Tyto sloučeniny zvyšují permeabilitu mikrobiálních buněk a tekutost membrány, čímž narušují jejich základní vlastnosti a funkce.



Terpinen-4-ol, vykazuje mimo jiné také vysokou protinádorovou účinnost (HAJLAOUI AT AL., 2016).

Celkové obsahy silic byly u všech sledovaných rostlinných druhů vyšší, než požaduje ISO 6571. U majoránky zahradní byl obsah silic dokonce více než 8 krát vyšší a u saturejky zahradní 4 krát vyšší. Tento fakt by bylo možné přisoudit vhodným klimatickým podmínkám pro pěstování rostlin z čeledi *Lamiaceae*, které panují na katastrálním území obce Žabčice.

Na výslednou kvalitu koření má významný vliv právě obsah silic, které tvoří výsledné aroma pokrmu. Z tohoto důvodu je minimální obsah silic v hluchavkovitých rostlinách, používaných jako koření, uveden také v legislativě. Konkrétně ve vyhlášce Ministerstva zemědělství č. 398/2016 Sb. o požadavcích na koření, jedlou sůl, dehydratované výrobky, ochucovadla, studené omáčky, dresinky a hořčici ze dne 12. prosince 2016.

## 7 PŘEHLED POUŽITÉ LITERATURY

BAŞER, K, BUCHBAUER, G. Handbook of essential oils: science, technology, and applications. Boca Raton: CRC Press/Taylor, 2010. 975 s., ISBN 14-200-6315-4.

BEATOVIĆ, D., KRSTIC-MILOŠEVIĆ, D., TRIFUNOVIĆ, S., ŠILJEGOVIĆ, J., GLAMOCLIIJA, J., RISTIĆ, M., & JELACIĆ, S. Chemical composition, antioxidant and antimicrobial activities of the essential oils of twelve *Ocimum basilicum* L. cultivars grown in Serbia. *Records of Natural Products*, 2015. 9 (1), 62–75.

BLŮMCHENOVÁ, A., *Zelené koření: a jeho pěstování a užití v kuchyni*. Praha: merkur, 1992. ISBN 80-7032-565-8.

BULÁNKOVÁ, I., *Léčivé rostliny na naší zahradě*. Grada Publishing as, 2005.

BRUNI, R., BELLARDI M. a PARRELLA G. Change in Chemical Composition of Sweet Basil (*Ocimum basilicum* L.) Essential Oil Caused by Alfalfa mosaic virus. *Journal of Phytopathology*, 2016. 164(3), 202-206, ISSN 09311785.

CROWELL, P. L. Prevention and therapy of cancer by dietary monoterpenes. *J. Nutr.*, 129, 1999. 775–778.

ČESKÝ LÉKOPIS 2009. Praha: Grada Publishing, 2009. 1184 s., ISBN 978-80-247-2994-7.

ČSN ISO 7928-2 (58 0535) Saturejka -Specifikace. Část 2., Saturejka zahradní (*Satureja hortensis* Linnaeus). Praha: Český normalizační institut, 1999.

ČSN ISO 10620 (58 0522) Majoránka sušená (*Origanum majorana* L.) - Specifikace. Praha: Český normalizační institut, 1997.

ČSN ISO 11163 (58 0528) Bazalka sušená (*Ocimum basilicum* L.) - Specifikace. Praha: Český normalizační institut, 1998.

DAVISOVÁ, P. *Aromaterapie od A do Z*. Praha: Alternativa, 2005. 532 s., ISBN 80-85993-96-1.

EL-GOHARY, A. E., A. G. EL GENDY, S. F. HENDAWY, S. E. EL-SHERBENY, M. S. HUSSEIN a M. GENEVA. Herbabe yield, essential oil content and composition of

summer savory (*Satureja hortensis* L.) as affected by sowing date and foliar nutrition. *Genetics*, 2015. 5(2), 170-178, ISSN 13145770.

ELISABETSKY, E., MARSCHNER, J., ONOFRE SOUZA, D., Effects of linalool on glutamatergic system in the rat cerebral cortex. *Neurochemical research*, 1995, 20.4: 461-465.

FARZANEH, M., KIANI H., SHARIFI R., REISI M. a HADIAN J., Chemical composition and antifungal effects of three species of *Satureja* (*S. hortensis*, *S. spicigera*, and *S. khuzistanica*) essential oils on the main pathogens of strawberry fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 2015. 109, 145-151, ISSN 09255214.

HAJLAOUI, H., MIGHRI H., AOUNI M., GHARSALLAH N. a KADRI A., Chemical composition and in vitro evaluation of antioxidant, antimicrobial, cytotoxicity and anti-acetylcholinesterase properties of Tunisian *Origanum majorana* L. essential oil. *Microbial Pathogenesis*, 2016. 95, 86-94, ISSN 08824010.

HAY, R.K.M., WATERMAN, P.G. *Volatile Oil Crops – their biology, biochemistry and production*. Longman Scientific & Technical, Harlow., 1993. ISBN: 0-582-00557-4.

CHLOUPEK, O., *Zemědělský výzkum*. Academia, Praha, 1. vyd., 1996. 188 s. ISBN: 80-200-0576-5.

ČSN ISO 6571 (58 0196) Stanovení obsahu těkavých olejů (silic): koření, kořenící látky a byliny. Praha: Český normalizační institut, 1994.

IBURG, A., *Lexikon koření. Původ, chuť, použití, recepty*. Čestlice: Rebo Productions, 2004. ISBN 80-7234-375-0.

JAROŠ, Z. *Léčivé látky z rostlin*. České Budějovice: Nakladatelství DONA, 1992. ISBN 80-85463-04-0.

JELEŇ, H. *Food flavors: chemical, sensory and technological properties*. Boca Raton: CRC Press, 2012. ISBN 9781439814925.

JIRÁSEK, V., STARÝ, F. *Atlas léčivých rostlin*. Praha: SNP, 1989. 319 s.

KANTH, J., KANTHOVÁ, J. *Přírodní léčiva, homeopatie, éterické oleje, krystaly, domácí léky*. Praha: Slovart, 2002. 256 s. ISBN 80-7209-547-1.

KHARE C., P. Indian Medicinal Herbs. An Illustrated Dictionary. Springer Berlin, Heidelberg, 2007. 812 p.

KOCOURKOVÁ, B., PLUHÁČKOVÁ H. a KOVÁRNÍK J., ed. Aktuální otázky pěstování léčivých, aromatických a kořeninových rostlin: 19. odborný seminář s mezinárodní účastí: Brno 16. ledna 2014. V Brně: Mendelova univerzita v Brně, 2014. ISBN 978-80-7375-933-9.

KOROCH, R. A., JULIANI, H. R. a J., A. ZYGADLO. Bioactivity of Essential Oils and Their Components. In: BERGER, Ralf Günter: Flavours and fragrances: Chemistry, Bioprocessing and Sustainability, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2007. 42-64 s., ISBN 978-3-540-49338-9.

KLOUDA, P. Moderní analytické metody. Vyd. 2. upr. Ostrava: Pavel Klouda, 2003. 132 s. ISBN 80-86369-07-2.

LAI, P. K., ROY, J. Antimicrobial and Chemopreventive Properties of Herbs and Spices. Current Medicinal Chemistry, 2004. vol. 11, no. 11, s. 1451-1460.

LÁNSKÁ, D. Koření a jeho užití v ilustracích Zdenky Krejčové. Praha: Aventinum, 2010. ISBN 978-80-7442-002-3.

LOMSKÁ, H. Evropský lékopis a Česká republika in Praktické lékárenství: časopis postgraduálního vzdělávání pro farmaceuty. Olomouc: Solen, leden 2005. ISSN 1801-2434.

MCVICAROVÁ, J. Velká kniha bylinek. Praha: Volvox globator, 1997. 253 s. ISBN 80-7207-051-7.

MELANIE, W., Léčivé rostliny: nejlepší využití pro zdraví celé rodiny. Grada Publishing, as, 2014.

Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1334/2008 ze dne 16. prosince 2008 o aromatech a některých složkách potravin s aromatickými vlastnostmi pro použití v potravinách nebo na jejich povrchu a o změně nařízení Rady (EHS) č. 1601/91, nařízení (ES) č. 2232/96 a č. 110/2008 a směrnice 2000/13/ES.

NEUGEBAUEROVÁ, J. Pěstování léčivých a kořeninových rostlin. Vyd. 2. upr. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2016. ISBN 978-80-7509-383-7.

ONOFREI, V., et al. *Ocimum basilicum* L.: Presence, influence and evolution in human concerns ever. *Agronomy Series of Scientific Research/Lucrari Stiintifice Seria Agromonomie*, 2015, 58.1.

PAVELA, R., BÁRNET, M. Alternativní plodina saturejka zahradní (*Satureja hortensis* L.) pěstování, význam, využití v ochraně rostlin. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby, 2011. ISBN: 978-80-7427-083-3.

PEHLE, T., JONAS, S. *Parfém*. Lisse: Rebo international, 2009. 295 s., ISBN 978-80-255-0050-7.

PRAKASH, V. *Leafy spices*. Boca Raton: CRC Press, FL, USA, 1990, 114 s.

PŘIBYLOVÁ A KOL. Situační a výhledová zpráva – Léčivé, aromatické a kořeninové rostliny, Ministerstvo zemědělství, MZe Praha, 2014, 44 s. ISBN 978-80-7434-192-2.

SHARIFI-RAD, J., et al. Composition, cytotoxic and antimicrobial activities of *Satureja intermedia* CA Mey essential oil. *International journal of molecular sciences*, 2015, 16.8: 17812-17825.

SLAVÍK, B. *Květena České republiky*, sv. 6. Praha: Academia, 2000, s. 554-709. ISBN: 80-200-0306-1.

SMALL, E. *Velká kniha koření, bylin a aromatických rostlin*. Praha: Volvox globator, 2006. 1021 s. ISBN 80-7207-462-8.

TOMKO, J. *Farmakognózia*. Vyd. 2. Martin: Vydavatelstvo Osvěta, 1999. ISBN 80-8063-014-3.

TREPKOVÁ, E., VONÁŠEK F. *Vůně a parfémy: Tajemství přitažlivosti*. Praha: Maxdorf, 1997. ISBN 80-85800-48-9.

VALÍČEK, P. *Pochutiny a koření*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2007. 84 s.

VANČUROVÁ, R., KÜHN, F. *Polnohospodárska botanika: Systematika rastlín*. Vyd. 1. Bratislava: Slovenské vydavateľstvo pôdohospodárskej literatúry, 1968. 488 s.

VELÍŠEK, J. *Chemie potravin*. Vyd. 1. Tábor: OSSIS, 1999, 304 s. ISBN 80-902391-4-5.

VELÍŠEK, J. *Chemie potravin 2*. Vyd. 2. Tábor: OSSIS, 2002. 320 s. ISBN 80-86659-01-1.

Vyhláška 343/2003 Sb. ze dne 30. září 2003, kterou se vydává seznam rostlin využívaných pro farmaceutické a terapeutické účely.

Vyhláška 398/2016 Sb. ze dne 12. prosince 2016 kterou se provádí § 18 písm. a), d), h), i), j) a k) zákona č. 110/1997 Sb., o potravinách a tabákových výrobcích a o změně a doplnění některých souvisejících zákonů, pro koření, jedlou sůl, dehydratované výrobky a ochucovadla a hořčici.

Zákon č. 378/2007 Sb., o léčivech a o změnách některých souvisejících zákonů (zákon o léčivech).

ZULAK, K. G.; BOHLMANN, J. Terpenoid biosynthesis and specialized vascular cells of conifer defense. *Journal of Integrative Plant Biology*, 2010. 52.1: 86-97.

ZŁOTEK, U., MICHALAK-MAJEWSKA M., SZYMANOWSKA U., Effect of jasmonic acid elicitation on the yield, chemical composition, and antioxidant and anti-inflammatory properties of essential oil of lettuce leaf basil (*Ocimum basilicum* L.). *Food Chemistry*, 2016. 213, 1-7, ISSN 03088146.

#### **Online zdroje:**

HARAGSIM, O., Některé cizokrajné druhové medy. *Moderní včelař*, 2004. č. 2, s. 4-5. [cit. 24. října 2016] Dostupné na World Wide Web: [http://old.mendelu.cz/~apridal/mv/archiv/2004\\_02\\_MV.pdf](http://old.mendelu.cz/~apridal/mv/archiv/2004_02_MV.pdf).

KOCIÁN, P., Lamiaceae – hluchavkovité. *Květena ČR*. [cit. 24. října 2016] Dostupné na World Wide Web: <http://www.kvetenacr.cz/celed.asp?IDceled=6>.

KYSILKA J., Silice, [cit. 16. září 2016]. Dostupné na World Wide Web: <http://.biotox.cz/naturstoff/chemie/ch-silice.html>.

ROYAL SOCIETY OF CHEMISTRY, 2015, [cit. 6. dubna 2017]. Dostupné na World Wide Web: <http://.chemspider.com/Chemical-Structure.7181.html>.

RŮŽIČKOVÁ, G., KOCOURKOVÁ, B. Zelené koření. In: Multimediální DVD z předmětu Koření -zdroje pěstování a zpracování. 2012. [cit. 29. října 2016]. Dostupné na World Wide Web: [http://www.pssp.cz/multi\\_dvd/zelene-koreni.html](http://www.pssp.cz/multi_dvd/zelene-koreni.html).

ŠPERGL. Původní technologie, 2001. [cit. 18. února 2017]. Dostupné na World Wide Web: <http://.tech-info.cz/parfumerie/silice.html>.

ŠTOLCOVÁ, M. Léčivé, aromatické a kořeninové rostliny. Praha: Česká zemědělská univerzita, 2006. 75 s. ISBN: 80-213-1567-9 [cit. 23. listopadu 2016] Dostupné na World Wide Web: <http://etext.czu.cz/sekce.php?id=publikace>.

## 8 SEZNAM OBRÁZKŮ

**Obrázek 1:**  $\gamma$ -terpinen (Royal Society of Chemistry, 2015)

**Obrázek 2:** karvakrol (Royal Society of Chemistry, 2015)

**Obrázek 3:**  $\alpha$ -terpinen (Royal Society of Chemistry, 2015)

**Obrázek 4:**  $\beta$ -myrcen (Royal Society of Chemistry, 2015)

**Obrázek 5:** p-cymen (Royal Society of Chemistry, 2015)

**Obrázek 6:** linalool (Royal Society of Chemistry, 2015)

**Obrázek 7:**  $\alpha$ -terpineol (Royal Society of Chemistry, 2015)

**Obrázek 8:** terpinen- 4-ol (Royal Society of Chemistry, 2015)

**Obrázek 9:** Přístroj na stanovení silic v rostlinných drogách, rozměry v milimetrech (ČESKÝ LÉKOPIS, 2009)

## 9 SEZNAM TABULEK

**Tabulka 1:** Smyslové požadavky na jakost jednotlivých druhů koření (Příloha č. 1 k vyhlášce č. 398/2016 Sb.)

**Tabulka 2:** Fyzikální a chemické požadavky na jakost jednotlivých druhů koření (Příloha č. 4 k vyhlášce č. 398/2016 Sb.)

**Tabulka 3:** Analýza variance majoránky zahradní pěstované v letech 2014-2016 pro celkový obsah silic a jejich složení

**Tabulka 4:** Průměrný obsah silic a jejich složení ve vzorcích majoránky zahradní pěstované v letech 2014-2016

**Tabulka 5:** Analýza variance bazalky pravé pěstované v letech 2014-2016 pro celkový obsah silic a jejich složení

**Tabulka 6:** Průměrný obsah silic a jejich složení ve vzorcích bazalky pravé pěstované v letech 2014-2016

**Tabulka 7:** Analýza variance saturejky zahradní pěstované v letech 2014-2016 pro celkový obsah silic a jejich složení

**Tabulka 8:** Průměrný obsah silic a jejich složení ve vzorcích bazalky pravé pěstované v letech 2014-2016

## 10 SEZNAM GRAFŮ

**Graf 1:** Graf průměrných teplot vzduchu ( $^{\circ}\text{C}$ ) a srážkových úhrnů (mm) v Žabčicích za rok 2014

**Graf 2:** Graf průměrných teplot vzduchu ( $^{\circ}\text{C}$ ) a srážkových úhrnů (mm) v Žabčicích za rok 2015

**Graf 3:** Graf průměrných teplot vzduchu ( $^{\circ}\text{C}$ ) a srážkových úhrnů (mm) v Žabčicích za rok 2016

**Graf 4:** Celkový obsah silic ve vzorcích majoránky zahradní pěstované v letech 2014-2016

**Graf 5:** Obsah vybraných složek silice ( $\beta$ -myrcene, limonen, sabinene-hydrate,  $\beta$ -caryophyllen) majoránky zahradní pěstování v letech 2014-2016

**Graf 6:** Obsah složky terpinen-4-ol ve vzorcích majoránky zahradní pěstované v letech 2014-2016

**Graf 7:** Obsah vybraných složek silice (p-cymen,  $\gamma$ -terpinen) majoránky zahradní pěstované v letech 2014-2016

**Graf 8:** Obsah vybraných složek silice ( $\alpha$ -terpinen, linalool,  $\alpha$ -terpineol, linalyl acetat) majoránky zahradní pěstované v letech 2014-2016

**Graf 9:** Celkový obsah silic ve vzorcích bazalky pravé pěstované v letech 2014-2016



**Graf 10:** Obsah vybraných složek silice (cineol, linalool, estragol) bazalky pravé pěstované v letech 2014-2016

**Graf 11:** Obsah vybraných složek silice (beta-myrcene, terpinen-4-ol, karvon, alfa-bergamoten) bazalky pravé pěstované v letech 2014-2016

**Graf 12:** Obsah vybraných složek silice ( $\gamma$ -terpinen,  $\alpha$ -terpineol, bornyl acetate, eugenol) bazalky pravé pěstované v letech 2014-2016

**Graf 13:** Celkový obsah silic ve vzorcích saturejky zahradní pěstované v letech 2014-2016

**Graf 14:** Obsah vybraných složek silice ( $\beta$ -myrcene,  $\alpha$ -terpinen, p-cymen) saturejky zahradní pěstované v letech 2014-2016

**Graf 15:** Obsah vybraných složek silice ( $\gamma$ -terpinen, karvakrol) saturejky zahradní pěstované v letech 2014-2016