



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA CHEMICKÁ

FACULTY OF CHEMISTRY

ÚSTAV CHEMIE POTRAVIN A BIOTECHNOLOGIÍ

INSTITUTE OF FOOD SCIENCE AND BIOTECHNOLOGY

MODERNÍ BYLINY V POTRAVINÁŘSTVÍ

MODERN HERBS IN THE FOOD INDUSTRY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Michaela Adamczyková

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Eva Vítová, Ph.D.

BRNO 2021

Zadání bakalářské práce

Číslo práce: FCH-BAK1679/2020 Akademický rok: 2020/21
Ústav: Ústav chemie potravin a biotechnologií
Studentka: **Michaela Adamczyková**
Studijní program: Chemie a technologie potravin
Studijní obor: Potravinářská chemie
Vedoucí práce: **doc. Ing. Eva Vítová, Ph.D.**

Název bakalářské práce:

Moderní byliny v potravinářství

Zadání bakalářské práce:

- Zpracujte literární přehled dané problematiky:
 - rýmovník (*Plectranthus* spp.) – charakteristika, složení a vlastnosti
 - echinacea (*Echinacea purpurea*) – charakteristika, složení a vlastnosti
 - bioaktivní látky uvedených bylin, jejich význam a možnosti využití v potravinářství
 - těkavé (aromatické) látky uvedených bylin
 - mikroextrakce pevnou fází, plynová chromatografie s hmotnostní detekcí – princip, popis, instrumentace
- Pomocí metody HS–SPME–GC–MS identifikujte a kvantifikujte těkavé (aromatické) látky ve vzorcích uvedených bylin a v extraktech z nich vyrobených.
- Porovnejte profil těkavých látek – bylina vs. extrakt.
- Porovnejte profil těkavých látek – echinacea vs. rýmovník.

Termín odevzdání bakalářské práce: 30.7.2021:

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

Michaela Adamczyková
student(ka)

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

prof. RNDr. Ivana Márová, CSc.
vedoucí ústavu

V Brně dne 1.2.2021

prof. Ing. Martin Weiter, Ph.D.
děkan

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá problematikou těkavých (aromatických) látek rýmovníku (*Plectranthus spp.*) a echinacey (*Echinacea purpurea*).

Teoretická část se zaměřuje na obecnou charakteristiku uvedených bylin, obsah jejich bioaktivních a těkavých látek, jejich význam a možnosti využití v potravinářství.

V experimentální části byly pomocí metody HS-SPME-GC-MS identifikovány a kvantifikovány těkavé látky v uvedených bylinách a v extraktech z nich připravených.

Ve všech vzorcích bylo nalezeno celkem 111 těkavých látek. Látkou zastoupenou v největším množství ve vzorku čerstvého a sušeného rýmovníku byl 3-karen (13,78 % a 14,85 %), v extraktu rýmovníku β -selinen (17,84 %). V čerstvé echinaceji je největší relativní obsah germakrenu D (18,64 %), v sušené je to kafr (58,46 %) a v extraktu echinacey α -kopaen (20,42 %)

ABSTRACT

The bachelor thesis deals with the issue of volatile (aromatic) compounds of *Plectranthus spp.* and *Echinacea purpurea*.

The theoretical part focuses on the general characteristics of the above mentioned herbs, the content of their bioactive and volatile compounds, and on their importance as well as on their potential use in the food industry.

Using the HS-SPME-GC-MS method, the volatile compounds of the herbs and extracts prepared from them were identified and quantified in the experimental part.

A total of 11 volatile compounds were found in all the samples. The most frequent one in the sample of a fresh *Plectranthus* was 3-carene (13,78%) as well as in the sample of dried *Plectranthus* (14,85%). However, in the *Plectranthus* extract it was β -selinene (17,84%). As for *Echinacea*, it is germacrene D (18,64%) in the sample of a fresh one, camphor (58,46%) in the one of dried *Echinacea* and α -copaene (20,42%) in its extract.

KLÍČOVÉ SLOVA

byliny, těkavé látky, SPME, GC-MS

KEY WORDS

herbs, volatile compounds, SPME, GC-MS

ADAMCZYKOVÁ, Michaela. *Moderní byliny v potravinářství*. Brno, 2021. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/131313>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, Ústav chemie potravin a biotechnologií. Vedoucí práce Eva Vítová.

PROHLÁŠENÍ

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

.....

Michaela Adamczyková

PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych poděkovala vedoucí mé bakalářské práce doc. Ing. Evě Vítové, Ph.D. za cenné rady, odborné vedení a věnovaný čas. Děkuji také své rodině a blízkým za podporu v průběhu celého studia.

OBSAH

1	Úvod.....	7
2	Teoretická část.....	8
2.1	Rýmovník (<i>Plectranthus spp.</i>).....	8
2.2	Echinacea (<i>Echinacea purpurea</i>)	9
2.3	Bioaktivní látky	11
2.3.1	Flavonoidy.....	11
2.3.2	Alkaloidy	11
2.3.3	Kyselina kávová	11
2.3.4	Deriváty kyseliny kávové.....	12
2.3.5	Biologicky aktivní látky rýmovníku	13
2.3.6	Biologicky aktivní látky echinacey	13
2.4	Těkavé (aromatické) látky	13
2.4.1	Alkoholy	14
2.4.2	Aldehydy a ketony	15
2.4.3	Ethery	15
2.4.4	Estery.....	15
2.4.5	Kyseliny	15
2.4.6	Terpeny.....	15
2.4.7	Těkavé látky rýmovníku.....	17
2.4.8	Těkavé látky echinacey	20
2.5	Mikroextrakce pevnou fází.....	23
2.6	Plynová chromatografie s hmotnostní detekcí.....	24
3	Experimentální část.....	25
3.1	Laboratorní vybavení.....	25
3.1.1	Přístroje	25
3.1.2	Plyny.....	25
3.1.3	Pracovní pomůcky	25
3.2	Metoda HS-SPME-GC-MS	25
3.2.1	Podmínky SPME extrakce	26
3.2.2	Podmínky GC-MS analýzy	26
3.3	Analyzované vzorky	26
3.3.1	Analýza vzorků a zpracování výsledků analýzy	28

4	Výsledky a diskuze.....	29
4.1.1	Počet identifikovaných látek v analyzovaných vzorcích	35
4.1.2	Obsah identifikovaných látek v analyzovaných vzorcích	36
4.1.3	Procentuální zastoupení identifikovaných látek v analyzovaných vzorcích	37
5	Závěr.....	39
6	Použitá literatura	40
7	Seznam použitých zkratk.....	46
8	Seznam příloh.....	47
9	Přílohy	48

1 ÚVOD

Rýmovník a echinacea jsou zajímavými bylinami hojně pěstovanými a oblíbenými v zahradách a domácnostech, což je jedním z důvodů, proč se jimi zabývá tato bakalářská práce.

Z rodu *Plectranthus spp.* byl pro tuto práci vybrán rýmovník citronový (*Plectranthus amboinicus*), jelikož z tohoto rodu je to v českých domácnostech nejvíce pěstovaný druh. Jedná se o velmi nenáročnou a dostupnou pokojovou rostlinu, která nevyžaduje častou závlivu. Rýmovník potřebuje teplo a světlo, avšak daří se mu i v tmavších a chladnějších místnostech, i přesto by ale v zimním období venku nepřežil. Rostlina je známá především pro svou specifickou výraznou vůni, která by měla odlákat některé druhy hmyzu, například komáry. Odpuzování hmyzu není ale jedinou výhodou rýmovníku. Lze ho využít například při léčbě nachlazení, kdy pomáhá už jen samotné vdechování vůně čerstvého rýmovníku, nebo se z něj vyrábí sirup či med k dochucení čaje. Pro zklidnění kožních poranění se tvoří rýmovníková mast, která má i dezinfekční účinky.

Echinaceu lze během letních měsíců vidět vykvétat na mnoha zahrádkách. Pěstuje se většinou jako okrasná trvalá bylina, která se každý rokem víc a víc rozrůstá. Nejvýraznějším a nejznámějším druhem je třapatka nachová (*Echinacea purpurea*), která láká spoustu opylovačů. Využití této byliny prozatím nachází především ve farmacii, nejčastěji je k sehnání ve formě tinktur nebo tablet, které se používají pro posílení imunity a při léčbě zánětů.

Obě uvedené byliny by se pro své pozitivní účinky na lidské zdraví daly v potravinářství využít ve větší míře než doposud. Zcela určitě by tak příjemně dochutily různé pokrmy a nápoje.

Vzhledem k tomu, že uvedené byliny mají nejen vysokou nutriční hodnotu z hlediska svého složení, ale obsahují i zajímavé těkavé (aromatické) látky, byla cílem této bakalářské práce identifikace a kvantifikace těkavých látek v rýmovníku a echinaceji a následné porovnání profilu těkavých látek uvedených bylin.

2 TEORETICKÁ ČÁST

Tato práce je zaměřena na charakterizaci vybraných bylin (rýmovník, echinacea) z hlediska jejich obsahu bioaktivních a těkavých (aromatických) látek.

2.1 Rýmovník (*Plectranthus spp.*)

Plectranthus spp. je velkým rodem, který zahrnuje asi 300 druhů rostlin pocházejících z Afriky, Asie a Austrálie [1]. Rostliny tohoto druhu se obvykle pěstují jako pokojové rostliny, jelikož nejsou mrazuvzdorné [2]. Nevyžadují velkou údržbu a dají se jednoduše pěstovat z řízků, či semen [3]. Nejznámějším druhem tohoto rodu je rýmovník citronový (*Plectranthus amboinicus*), což je keř se sklonem k plazivosti, který dorůstá do výšky více než 1 metru. Jeho silné listy jsou vejčitého až srdčitého tvaru, které jsou z obou stran pokryté chlupy. Květy rýmovníku citronového jsou fialové barvy a přeslenovitého květenství. Rýmovník citronový se vyznačuje zejména svými charakteristickými aromatickými a léčivými vlastnostmi, které jsou vyvolávány jeho bohatým chemickým složením [4].

Taxonomické zařazení druhu *Plectranthus amboinicus* je zobrazeno v následující tabulce (Tabulka 1). Dalším druhem rodu *Plectranthus* je například *Plectranthus barbatus* (česky africká kopřiva), jehož nálevy z listů se v Brazílii pijí k léčbě nemocí, jako jsou poruchy trávicího či nervového systému a v Africe se listy rýmovníku vaří jako zelenina podávaná jako příloha k různým pokrmům [1, 5].

Tabulka 1 Taxonomické zařazení druhu *Plectranthus amboinicus* [6]

Klasifikační úroveň	Český název	Latinský název
Říše	Rostliny	<i>Plantae</i>
Podříše	Vyšší rostliny	<i>Embryophyta</i>
Oddělení	Cévnaté rostliny	<i>Tracheophyta</i>
Třída	Nižší dvouděložné	<i>Magnoliopsida</i>
Řád	Hluchavkotvaré	<i>Lamiales</i>
Čeleď	Hluchavkovité	<i>Lamiaceae</i>
Rod	Rýmovník	<i>Plectranthus</i>
Druh	Rýmovník citronový	<i>Plectranthus amboinicus</i>

Rýmovník je důležitou aromatickou léčivou bylinou plnou bioaktivních složek a živin, které jsou důležité pro udržení dobrého zdraví. Rostlina prokazuje řadu biologických vlastností a také účinnost při léčbě respiračních, kardiovaskulárních, orálních, kožních, zažívacích a močových onemocnění [4]. Zejména *Plectranthus amboinicus* (Obrázek 1) a *Plectranthus barbatus* jsou užitečné při kožním onemocnění, například pro léčbu popálenin, ran, vředů, bodnutí hmyzem a alergií. Ve světě ale byly využívány i jiné druhy rodu *Plectranthus*. Například jemně mleté listy *Plectranthus bojeri* sloužily jako obvaz na rány, *Plectranthus laxiflorus* se vtíral do kůže k léčbě malomocenství, *Plectranthus madagascarensis* byl využíván při léčbě svrabu a *Plectranthus vettiveroides* jako vlasové tonikum [1].



Obrázek 1 Rýmovník citronový (*Plectranthus amboinicus*)

Byliny se již od nepaměti využívají ke kulinářským účelům. Rýmovník je dobrým zdrojem výživných složek, které přispívají ke zlepšení chuti díky jeho výraznému aroma a také k prodloužení trvanlivosti potravinových výrobků. Při vaření se využívají především listy rostliny jako náhrada za oregano, k plnění potravin, k zamaskování vůně masa a zároveň ke zvýraznění chuti, nebo lze listy přidávat k marinování pokrmů. Také se používají jako koření rajčatových omáček a mohou být využívány k dochucení piva či vína [4].

2.2 Echinacea (*Echinacea purpurea*)

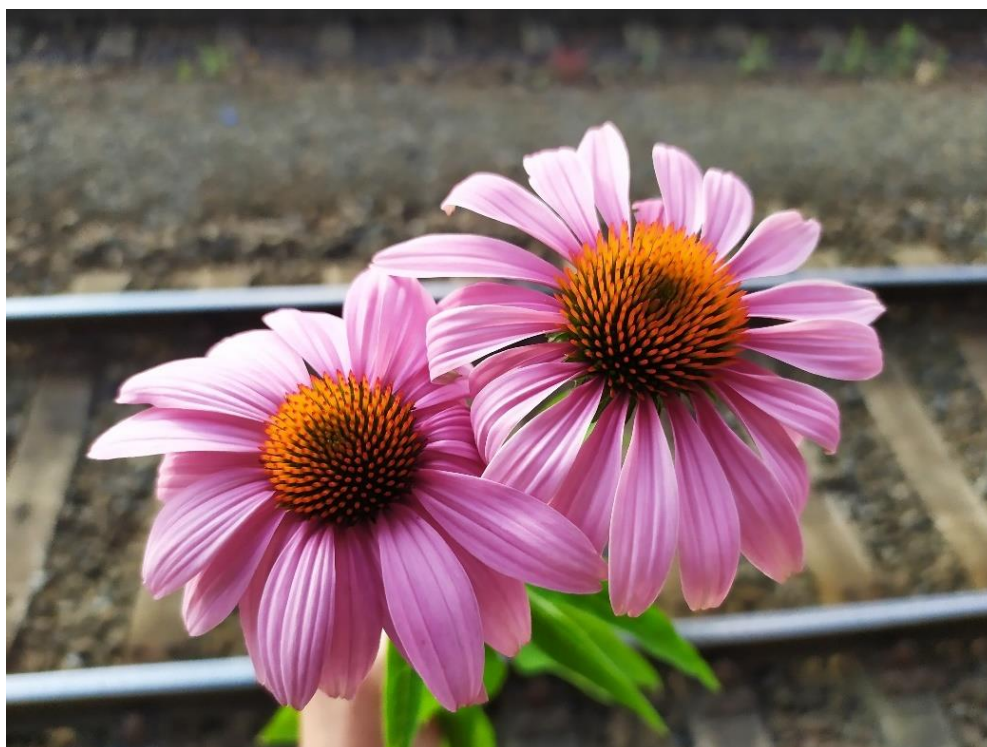
Echinacea purpurea, neboli třapatka nachová, je trvalá rostlina z čeledi hvězdnicovitých (Tabulka 2) pocházející ze Severní Ameriky, která roste většinou v prériích, pustinách a suchých lesích [7]. V dnešní době se pěstuje po celém světě, především komerčně, ale je i velice oblíbenou zahradní rostlinou.

Echinacea má velmi silný kořen a ochlupenou lodyhu, která dorůstá do výšky 1 metru. Listy vyrůstající ze stonku mají vejčitý tvar a drsný povrch. Na vrcholu lodyhy je poměrně velký květ, který vykvétá v červenci a v srpnu. Květ je uprostřed zbarven do purpurově hnědé barvy a je trubkovitého tvaru, vypadající jako bodliny. Okvětní lístky jsou zbarveny do růžova. *Echinacea* nemusí mít pouze růžové květy, například *Echinacea paradoxa* má květy zbarvené do žluta. Existují i další druhy tohoto rodu, jako například *Echinacea angustifolia*, *Echinacea pallida* či *Echinacea sanguinea* [7, 8, 9].

Tabulka 2 Taxonomické zařazení druhu *Echinacea purpurea* [6]

Klasifikační úroveň	Český název	Latinský název
Říše	Rostliny	<i>Plantae</i>
Podříše	Vyšší rostliny	<i>Embryophyta</i>
Oddělení	Cévnaté rostliny	<i>Tracheophyta</i>
Třída	Nižší dvouděložné	<i>Magnoliopsida</i>
Řád	Hvězdicotvaré	<i>Asterales</i>
Čeleď	Hvězdicovité	<i>Asteraceae</i>
Rod	Třapatka	<i>Echinacea</i>
Druh	Třapatka nachová	<i>Echinacea purpurea</i>

Echinacea purpurea (Obrázek 2) je již dlouhou dobu využívána v tradiční medicíně k léčbě různých nemocí, nejvíce se uplatňuje při běžném nachlazení, bolesti v krku a dalších infekcích horních cest dýchacích. Je to bylina, která je velmi oblíbená a používána po celém světě jako čaj nebo kořenový extrakt. Tyto extrakty mají antioxidační, antibakteriální, antivirové a protiplísňové účinky. Z lékařského hlediska mají pozitivní účinky nejen na infekce dýchacích cest, jak je zmíněno již výše, ale také na virová onemocnění, kožní onemocnění (např. na atopický ekzém) a kromě těchto pozitiv bylo zjištěno, že zastavují růst nádorů a rakovinných buněk [11].



Obrázek 2 Třapatka nachová (*Echinacea purpurea*)

2.3 Bioaktivní látky

Bioaktivní látky potravin představují nutriční složky, přirozeně se vyskytující v malém množství v potravinové matici. Jsou produkovány in vivo nebo průmyslově pomocí enzymů. Tyto biologicky aktivní složky potravy vyvolávají fyziologické, behaviorální a imunologické účinky [12].

Bioaktivní látky nacházející se v rostlinách se nazývají fytochemikálie. Fytochemické látky jsou sekundárními metabolity rostlin a jsou nezbytné pro přežití a správnou funkci rostlin. Poskytují tak rostlině ochranu před býložravci a mikroorganismy, regulují růst a také slouží jako kontrola opylování, hnojení a prostředí kořenového systému [13]. Byly provedeny studie naznačující chemopreventivní roli fytochemických látek u určitých forem rakoviny a při kontrole hyperlipidémie [12]. Tyto látky ale nevykazují pouze pozitivní účinky, mohou negativně ovlivnit jiné organismy, například způsobit otravu větších zvířat [14].

2.3.1 Flavonoidy

Nejčastějšími bioaktivními látkami rostlin jsou flavonoidy, což je velice obsáhlá skupina vyšších rostlinných sekundárních metabolitů, nacházející se v plodech, listech i květech rostlin. Molekuly flavonoidů obsahují dva benzenové kruhy spojené řetězcem se třemi uhlíky, který je součástí pyranového cyklu. Podle stupně oxidace pyranového cyklu jsou rozlišovány flavany, flavanoly, flavanony, flavony, flavonoly, antokyanidiny, biflavanoidy, neoflavony a jejich isoderiváty [15, 16].

Nejrozšířenější skupinou flavonoidních pigmentů jsou antokyany. Jsou základem pro květinové barvy, jako je oranžová, purpurová, červená, modrá a další. Antokyany jsou odvozovány ze tří základních typů antokyanidinů (pelargonidin, kyanidin a delphinidin). Fialová, což je barva květu rýmovníku, je založena na derivátech delphinidinu. Zatímco purpurová barva květu třapatky je založena na derivátech kyanidinu. Bylo zjištěno, že antokyanové pigmenty inhibují enzym cyklooxygenázu, který může být znakem počáteční fáze karcinogeneze (tj. přeměna živé buňky na buňku nádorovou) [13].

2.3.2 Alkaloidy

Další skupinou bioaktivních látek jsou alkaloidy. Alkaloidy jsou organické báze obsahující dusík. Největší množství alkaloidů se nachází v kořenech a listech rostliny, méně jich je ve stonku a semenech. Jsou to látky bez zápachu, které se vyznačují hořkou chutí. Značné množství alkaloidů je jedovatých (např. strychnin), jiné jsou návykové (např. kokain) a další mají klinické využití (např. morfin) [13, 17].

2.3.3 Kyselina kávová

Kyselina kávová (2,3-dihydroxycinamová kyselina) je polyfenolová sloučenina, která obsahuje fenolické a akrylové funkční skupiny. Má antioxidační, antibakteriální, antivirové a protirakovinné vlastnosti, ale nízkou biologickou dostupnost, kvůli své špatné rozpustnosti ve vodném prostředí, což omezuje její využití v potravinářském a farmaceutickém průmyslu [18].

2.3.4 Deriváty kyseliny kávové

Nejdůležitějšími složkami *E. purpurea* jsou fenolové sloučeniny zahrnující deriváty kyseliny kávové. Nejběžnější z těchto derivátů jsou kyselina cichorová, echinakosid, kyselina chlorogenová, kyselina kaftarová, kyselina kávová a cynarin [11]. V rýmovníku je obsažena kyselina rozmarýnová a rovněž kyselina kávová [4]. Množství jednotlivých složek se liší dle částí rostliny [11].

Cynarin

Cynarin neboli 1,3-dikafeoylchinová kyselina je nejvýznamnější aktivní složkou artyčoku. Má příznivý účinek na kontrolu žlučových kamenů a pomáhá kontrolovat hladinu cholesterolu. Bylo prokázáno, že je aktivní proti oxidačnímu stresu v lidských leukocytech a byly u něj prokázány hypocholesterolemické, hepatoprotektivní účinky i aktivita proti HIV-1 [19].

Echinakosid

Echinakosid je přírodním fenylethanooidovým glykosidem a poprvé byl izolován z rostliny *Echinacea angustifolia* DC. Bylo zjištěno, že má řadu účinků prospěšných ve farmacii. Vykazuje vysoce pozitivní aktivity při poruchách nervového a kardiovaskulárního systému. Nachází se v podzemních i nadzemních částech léčivých rostlin, především u bylin rodu *Echinacea*, dále pak například rodu *Jasminum* či *Cistanchis* [20]. Echinakosid je považován za vhodnou markerovou sloučeninu pro standardizaci většiny produktů echinaceových produktů [21].

Kyselina cichorová

Další z biologicky aktivních složek v *Echinacea purpurea* je kyselina cichorová neboli 2,3-dikafeoyltartarová kyselina. Je to nutraceutická látka mající protizánětlivé, imunitní, regulační účinky a pro svou indukční aktivitu buněčné apoptózy je možné využít ji k inhibici hyaluronidázy a k ochraně kolagenu, který je hlavní složkou živočišné pojivové tkáně a zároveň nejrozšířenějším funkčním proteinem u savců, před degradací volnými radikály [22]. Mezi deriváty kyseliny kávové je cichorová kyselina hlavní fenolovou sloučeninou v *E. purpurea*. Stejně jako echinakosid, je také vnímána jako vhodný marker pro standardizaci produktů z *Echinacey* [21]. Bylo zjištěno, že kyselina cichorová má imunostimulační a antivirové účinky, jelikož inhibuje enzym integrázy HIV-1 a podporuje aktivitu fagocytů [11].

Kyselina chlorogenová

Kyselina chlorogenová je esterem kyseliny kávové a kyseliny chinové. Je produktem přítomným v rostlinných druzích včetně kávových zrn, čaje, bobulového ovoce, kaka, citrusových plodů, jablek a hrušek. Sloučenina má antioxidační, antibakteriální, protirakovinné a protizánětlivé účinky. Některé studie dokazují, že kyselina chlorogenová může ovlivnit metabolismus lipidů a glukosy u geneticky metabolických poruch [23, 24].

Kyselina kaftarová

Kyselina kaftarová je hlavní složkou třapatky nachové a tvoří se spojením kyseliny kávové a kyseliny vinné. Kyselina kávová je produkována léčivými bylinami. Kyselina vinná je hlavní kyselinou přítomnou v hroznových bobulích. Kyselina kaftarová je hlavním polyfenolem vyskytujícím se nejvíc ve středomořské stravě, která předchází několika chorobám souvisejícím s poškozením endotelu. Tento účinek se dává do souvislosti právě s antioxidačním účinkem kyseliny kaftarové. Kyselina má mnoho užitečných biologických dopadů na tělo lidí i zvířat. Z výzkumu vyšlo najevo, že kyselina kaftarová má významný efekt na snížení glukosy v krvi a také snížení krevního tlaku, tudíž by kyselina mohla být využívána k léčbě cukrovky a hypertenze [25].

Kyselina rozmarýnová

Kyselina rozmarýnová je sekundární metabolit vznikající v těle mnoha rostlin, patřících například do čeledi hluchavkovité (*Lamiaceae*) či brutnákovité (*Boraginaceae*). Hlavním zdrojem kyseliny rozmarýnové jsou rostliny rozmarýnu, především druhy *Rosmarinus officinalis*, *Salvia officinalis* nebo *Mentha spiciata*. Fenolická molekula této kyseliny má mnoho využití v potravinářství jako konzervační látka, v kosmetice i farmaceutickém průmyslu. Vyznačuje se vlastnostmi podporujícími zdraví a má schopnost zabránit peroxidaci lipidů a vázat se na biomakromolekuly, díky čemuž je považována za cenný antioxidant s uplatněním v potravinářském průmyslu [26].

2.3.5 Biologicky aktivní látky rýmovníku

Chemické složení rýmovníku citronového je velmi bohaté. V roce 2016 byla provedena studie, která objevila tyto látky: kyselina kávová, kyselina gallová, kyselina kumarová, kyselina rozmarýnová, kyselina šalvějová a kyselina shimobashirová [4].

2.3.6 Biologicky aktivní látky echinacey

V roce 2021 byly provedeny tři studie zabývající se květem echinacey, které našly podobné bioaktivní látky jako látky obsažené v rýmovníku. Patří mezi ně: kyselina kávová, kyselina gallová, kyselina chlorogenová, kyselina kaftarová, kyselina cichorová, cynarin a echinakosid [27, 28, 29].

2.4 Těkavé (aromatické) látky

V lidské stravě jsou důležité nejen nutriční hodnoty potravin, ale i jejich organoleptické vlastnosti, které se vyznačují vůní, chutí, barvou či texturou. Pod souhrnným názvem aromatické látky se rozumí vonné a chuťové látky. Tyto látky působí na čichové nebo chuťové receptory a spojením těchto mnoha sloučenin je dodáván výsledný vjem potravin či pokrmu [30].

Těkavé sloučeniny mají mnohé využití (potravinářství, farmacie, parfumerství atd.) a lze je řadit mezi alkoholy, aldehydy, ketony, ethery, deriváty mastných kyselin, estery, terpeny, kyseliny a další [17, 30].

Významným zdrojem těkavých látek jsou rostliny. Organické molekuly těchto látek lze uchovávat v rostlinné buňce v kapalném formě a následně při kontaktu se vzduchem se tyto molekuly mohou odpařit a vytvářet tak sloučeniny s atomy uhlíku. Kontakt s těkavými látkami se vzduchem lze docílit například rozdrčením listů či květů rostliny. Uvolňováním těchto organických sloučenin rostliny regulují obranné mechanismy proti různým stresovým faktorům, jako jsou například býložravci, rostlinné viry a patogeny, teplota, vlhkost, ozon či potravinová využitelnost [17].

2.4.1 Alkoholy

V potravinách jsou za vonné a chuťové látky považovány alkoholy primární i sekundární. Jako aromatické látky, přidávány do potravin a různých pokrmů, nalézají využití primární alkoholy a jejich estery. Běžně se alkoholy vyskytují v přírodě jako složky různých silic (čerstvé ovoce, zelenina, houby) ve formě monoterpenových či seskviterpenových alkoholů, vykazujících povětšinou sladkou těžkou květinovou vůni [30].

Obvyklou součástí aroma mnoha potravin je ethanol vázaný v nejrůznějších esterech. Má značný vliv na vůni, chuť a energetickou hodnotu velkého množství nápojů a pokrmů, avšak není považován za podstatnou aromatickou složku [30].

V rostlinách je z obvyklých alifatických alkoholů podstatný linalool, který byl v průběhu let nalezen jak v rýmovníku tak v echinaceji. Za významný alkohol je považován také geraniol (zpozorován v rýmovníku navázaný jako ester) či nerol. Běžnou složkou silic bývají také monocyklické monoterpenové alkoholy, které byly v různých výzkumech objeveny i v rýmovníku či echinaceji (např. borneol, karveol nebo terpineol). V echinaceji byl také nalezen seskviterpenový alkohol farnesol, který se běžně nachází v pomerančové silici [30].

Karvakrol

Karvakrol neboli 5-isopropyl-2-methylfenol se nachází nejenom v esenciálním oleji rýmovníku, ale i v mnoha dalších aromatických rostlinách jako je například dobromysl obecná (*Origanum vulgare*), tymián obecný (*Thymus vulgaris*) nebo saturejka horská (*Satureja Montana*) [31]. Karvakrol vykazuje antimikrobiální, antioxidační a protirakovinné vlastnosti. Obzvláště účinný je proti patogenům přenášeným potravinami (např. *Escherichia coli*, *Salmonella*, *Bacillus cereus*), kdy inhibuje jejich růst a produkci toxinů [32].

Thymol

Izomerem karvakrolu je thymol, tedy 2-isopropyl-5-methylfenol, který je významnou složkou především tymiánového oleje. Má antioxidační, antibakteriální, antifungální a antiparazitické vlastnosti. Vyznačuje se protirakovinnou schopností, která je způsobena inhibicí buněčného růstu, apoptozy a depolarizace mitochondriální membrány rakovinných buněk. Také byla potvrzena aktivita thymolu proti chřipce a respiračnímu syncytiálnímu viru [33]. V malých koncentracích nachází využití v kosmetice jako denaturační a vonné přísady, ve farmaceutickém průmyslu a také v potravinářství, kde slouží jako konzervační látka proti syntetickým aromatům a mikroorganismům pocházejícím z potravin [34].

2.4.2 Aldehydy a ketony

Značně důležitými vonnými a chuťovými látkami jsou těkavé aldehydy a ketony, které jsou všeobecně nejrozšířenějšími organickými sloučeninami. Jejich přítomnost v potravinách většinou žádoucí není, jelikož dochází k tvorbě nepříjemných pachů a chutí (např. při autooxidaci lipidů). Velmi častým monoterpenovým aldehydem je citral, který je přítomen zejména v silicích citrusových plodů, zázvoru či pepře. V roce 2020 byl citral nalezen i v rýmovníku. Dalšími aldehydy nalezenými v rýmovníku či echinaceji jsou například hexanal a nonanal, které se vyznačují lojovitou vůní [30, 35].

2.4.3 Ethers

Přesto, že jsou ethers v potravinách hojně nalézány, jako vonné a chuťové látky se využívají jen zřídka. Jako složky silic a jako sekundární aromatické látky se v potravinách vyskytují některé alkylarylethers, přičemž nejčastěji to jsou sloučeniny odvozené od anisolu či veratrolu. V echinaceji byl nalezen estragol, což je významný ether vyskytující se především v estragonové silici (*Artemisia dracunculus*) [30].

2.4.4 Estery

Produkty reakcí kyselin s alkoholy jsou estery, které mají v potravinách největší zastoupení. Významnými vonnými látkami jsou většinou estery nižších mastných kyselin a nižších aromatických kyselin s nižšími alifatickými a aromatickými alkoholy [30].

V rýmovníku byl nalezen například geranyl acetát, karvakryl acetát či nerol acetát (Tabulka 3). Dle studií se echinacea v souvislosti s obsahem esterů v porovnání s rýmovníkem jeví jako chudší, ale lze najít ethyl linoleát nebo nerolidol acetát (Tabulka 4). Vnitřními estery hydroxykyselin jsou laktony, které se také velice často vyskytují v nejrůznějších silicích. Příkladem je kumarin, který je obsažen v mnoha čerstvých rostlinných pletivech a vůni připomíná seno [30].

2.4.5 Kyseliny

Významnými složkami rostlinných produktů jsou karboxylové kyseliny, které mají vliv na průběh enzymových a chemických reakcí, mikrobiologickou stabilitu potravin během skladování a zpracování, organoleptické a technologické vlastnosti. Značné množství karboxylových kyselin funguje jako prekurzory jiných aromatických látek (např. příslušné estery a laktony). Nejčastěji se vyskytující karboxylovou kyselinou v potravinách je kyselina octová. Lze ji nalézt jako obvyklou složku ovoce a potravin, při jejichž výrobě probíhají kvasné procesy. Dalšími kyselinami, které byly v různých výzkumech zjištěny i v rýmovníku či echinaceji, jsou kyselina valerová, hexanová nebo kaprylová [30].

2.4.6 Terpeny

Terpeny, známé pod názvem isoprenoidy, jsou největšími, nejrozmanitějšími a nejstaršími známými biomolekulami, které byly získány ze sedimentů starých až 2,5 miliardy let. Jejich výskyt je možný nejen u zvířat, ale především u rostlin, kterým dodávají vůni, chuť i pigment. Klasifikace terpenů závisí na organizaci a počtu izoprenových jednotek,

ze kterých se terpeny skládají. Dělí se na acyklické a cyklické terpeny. Dále se rozlišují na monoterpeny, seskviterpeny, diterpeny, triterpeny, tetraterpeny a polyterpeny [36, 37].

Nejjednoduššími terpeny jsou monoterpeny, což jsou hlavní složky éterických olejů a vůní různých květů, plodů i listů a považují se za ty nejvoňavější. Hlavním účelem těchto látek je přilákání opylovačů, ale také odpuzování organismů žijících se rostlinami [36, 37].

Mnohem větší a stabilnější skupinou, než jsou monoterpeny, je skupina seskviterpenů, které lze přirozeně nalézt v rostlinách, houbách a také v hmyzu. Acyklickými sloučeninami seskviterpenů jsou kupříkladu farnesany, které jsou využívány jako přírodní pesticid proti hmyzu [36, 37].

Cymen

Cymen je aromatická substituovaná sloučenina, která patří mezi monoterpeny. Přirozeně se vyskytuje v mnoha rostlinách. Výjimkou nejsou ani rýmovník a echinacea. Je také přítomen v některých rostlinách na bázi potravin, jako je například mandarinka, mrkev, grapefruit nebo maliny. Byly prokázány jeho antioxidační, antivirové, antibakteriální, antifungální, protinádorové, protizánětlivé a antidiabetické vlastnosti [38].

Germakren D

Dle vybraných studií (Tabulka 4) je germakren D látkou, která má v silicích echinacey největší obsah. Také je významnou složkou rostliny *Sambucus canadensis*. Germakren D náleží do skupiny seskviterpenů a vyskytuje se nejenom v rostlinách, ale i mikrobech a mořských organismech a lze ho využít k hubení hmyzu [39].

Humulen

Často vyskytující se látkou v rostlinách je humulen, který patří do skupiny seskviterpenů. Humulen je schopen bránit páření ovocných mušek a tím poskytuje rostlinám ochranu. Je hlavní složkou éterického oleje chmele otáčivého (*Humulus lupulus*) [40]. Vyskytuje se obvykle i v rýmovníku a echinaceji.

2.4.7 Těkavé látky rýmovníku

Rýmovník je bylina, ve které se nachází velké množství aromatických látek. Ve studiích zkoumajících aromatický profil listů rýmovníku bylo dosud nalezeno přes 90 těkavých látek. Pro zajímavost zde bylo vybráno 9 studií a jejich výsledky jsou přehledně shrnuty v následující tabulce (Tabulka 3).

Tabulka 3 Přehled identifikovaných těkavých látek v rýmovníku citronového (*Plectranthus amboinicus*) ve studiích prováděných v letech 2012–2020; látka nacházející se v bylině ve vybrané studii (×); [41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 35].

sloučenina	2012	2014	2014	2018	2019	2020	2020	2020	2020
1-felandren						×			
2,3-butandiol									×
2-ethylhexanol									×
2-nonanon									×
2-propanon									×
5-methylheptanol									×
amorfen					×			×	
aromadendren	×								
benzaldehyd									×
bergamoten				×		×	×	×	×
bisabolen				×		×	×		
bisabolol						×	×		
borneol				×	×	×			
cedren epoxid					×				
citral									×
cymen	×	×	×	×	×	×	×	×	×
cymenen					×				
cymenol									×
dekanal									×
elemen								×	
eudesmol					×				
eugenol							×		
farnesen						×		×	
felandren					×	×	×		
fenchon								×	
furfural									×
geranyl acetát		×							×
germakren D								×	
globulol						×			
guaiol					×				
hex-2-en-1-al								×	
hex-3-en-1-ol								×	

Tabulka 3 Přehled identifikovaných těkavých látek v rýmovníku citronového (*Plectranthus amboinicus*) ve studiích prováděných v letech 2012–2020; látka nacházející se v bylině ve vybrané studii (×); [41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 35]. – pokračování

sloučenina	2012	2014	2014	2018	2019	2020	2020	2020	2020
hexanal								×	
hexanol									×
hexylcinnamaldehyd									×
himachalen					×				
humulen	×			×			×	×	
humulen epoxid II							×		
ionon									×
isoaskaridol									×
isoborneol							×		
isogermakren D								×	
kadinen				×	×	×		×	
kafr			×		×	×		×	×
kalamen					×			×	×
kamfen					×	×			
karen		×	×					×	×
karotol									×
karvakrol	×	×	×	×	×	×	×	×	×
karvakryl acetát						×			
karveol									×
karyofylen	×	×		×	×	×	×	×	
karyofylen oxid					×	×		×	
kopaen								×	
kubeben								×	
kubebol								×	
kyselina kaprylová									×
kyselina octová									×
kyselina valerová									×
levomenthol									×
limonen					×	×		×	×
linalool		×			×	×	×	×	×
mentha-1,3,8-trien					×				
methyl karvakrol								×	
muuro-la-3,5-dien					×				
muuro-len					×	×	×	×	×
myrcen	×	×		×	×	×	×		
nerol		×							
nerol acetát		×							
nerolidol						×	×		

Tabulka 3 Přehled identifikovaných těkavých látek v rýmovníku citronového (*Plectranthus amboinicus*) ve studiích prováděných v letech 2012–2020; látka nacházející se v bylině ve vybrané studii (×); [41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 35]. – pokračování

sloučenina	2012	2014	2014	2018	2019	2020	2020	2020	2020
nonanal						×		×	×
nonylester acetát								×	
ocimen		×			×	×	×	×	
oktan-3-ol								×	
oktanal									×
okten-3-ol				×		×	×	×	
pinen				×	×	×		×	
sabinen					×	×		×	
sabinen hydrát								×	
santalen						×	×		
selinen				×	×			×	
seskvifelandren						×	×	×	
terpinen	×	×	×	×	×	×	×	×	
terpinen-4-ol				×	×	×	×		×
terpineol					×	×	×		×
terpinolen				×	×	×	×	×	
thujen				×	×	×	×	×	
thymol	×			×	×	×	×		×
thymol acetát				×					
undekanal									×
undekanol									×
zingiberen							×		

2.4.8 Těkavé látky echinacey

Echinacea je stejně jako rýmovník rostlinou bohatou na nejrůznější těkavé látky. V průběhu let 1999–2021 byly provedeny studie, které byly zaměřeny na identifikaci aromatických látek nacházejících se v květu byliny *Echinacea purpurea*. Nalezené látky jsou opět přehledně zobrazeny v následující tabulce (Tabulka 4).

Tabulka 4 Přehled identifikovaných těkavých látek v echinaceji (*Echinacea purpurea*) ve studiích prováděných v letech 1999–2021; látka nacházející se v bylině ve vybrané studii (×); [49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56].

sloučenina	1999	2005	2006	2011	2017	2020	2020	2021
1,5-epoxysalvial-4-en		×					×	
14-muurool-5-en-4-on			×					
1-hexanol	×							
2-hexen-1-ol	×							
2-hexenal	×				×			
2-methyl-4-pentenal	×							
3-hexen-1-ol	×							
3-hexenol acetát								×
6-methylheptanon		×						
8-dodeken-1-ol						×		×
albikanol		×						
amorfen						×		×
aromadendren			×			×		×
bergamoten			×			×		×
bicyklogermakren						×		×
bisabolen			×			×		×
bourbonen								×
bulnesen						×		×
cedran		×						
cedren			×					
cedrol					×			
cyklodeka-1,5-dien		×						
cyklonona-1,4-dien								
cyklosativen						×		×
cymen	×	×	×	×	×			
elemen			×			×	×	×
estragol					×			
ethyl linoleát							×	
eugenol							×	
farnesen			×			×		×
farnesol			×					

Tabulka 4 Přehled identifikovaných těkavých látek v echinaceji (*Echinacea purpurea*) ve studiích prováděných v letech 1999–2021; látka nacházející se v bylině ve vybrané studii (×); [49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56]. – pokračování

sloučenina	1999	2005	2006	2011	2017	2020	2020	2021
felandren		×	×	×	×			
fenchan							×	
fytol							×	
germakren B						×		×
germakren D		×	×		×	×	×	×
germakren D-4-ol						×		×
globulol			×					
guaien						×		×
guaiol			×					
heptan						×		×
hexadekan							×	
hexanal	×							
humulen		×	×	×	×	×	×	×
humulen oxid		×						
isocedrol								
isoleden		×		×				
isomenthon					×			
jonon						×		×
kadinen		×	×	×		×	×	×
kadinol		×	×	×	×		×	
kamfen	×	×		×				
kamfolen		×						
karveol		×			×			
karvon		×		×	×			
karyofylen	×	×	×	×	×	×	×	×
karyofylen oxid		×	×	×	×		×	
kopaen			×			×		×
kopanon		×		×				
kubenen	×		×		×	×		×
kubenol			×					
kurkumen			×					
kyselina hexanová							×	
limonen	×	×	×	×	×			
linalool					×			
linalyl acetát				×				
mentha-1,3,8-trien				×				
mentha-1,4,8-trien		×						
mentha-1,5-dien-8-ol		×						

Tabulka 4 Tabulka 4 Přehled identifikovaných těkavých látek v echinaceji (*Echinacea purpurea*) ve studiích prováděných v letech 1999–2021; látka nacházející se v bylině ve vybrané studii (×); [49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56]. – pokračování

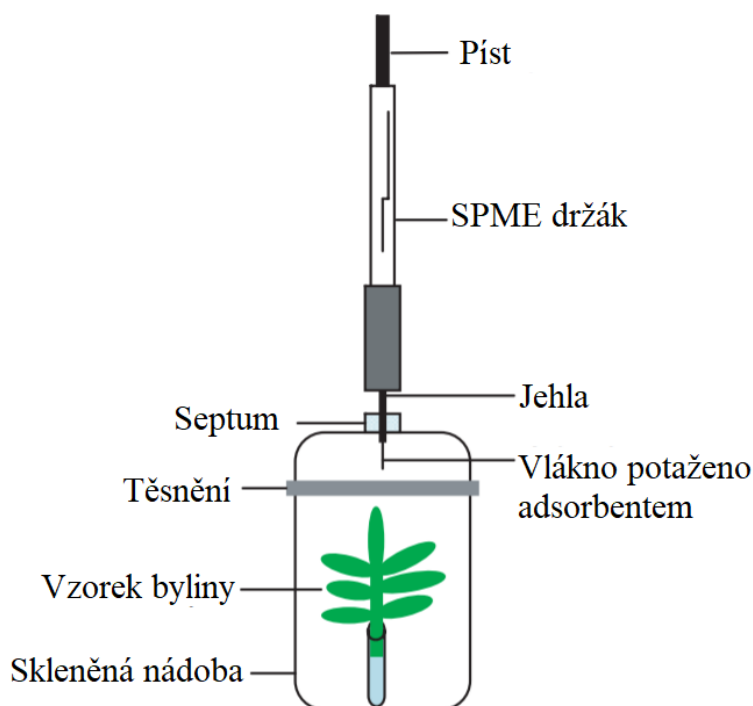
sloučenina	1999	2005	2006	2011	2017	2020	2020	2021
muurola-4,5-dien						×		×
muurolen					×	×		×
myrcen	×	×	×	×		×		×
myrtenal		×						
naftalen		×			×			
neofytadien							×	
nerolidol		×	×	×				
nerolidol acetát						×		×
ocimen	×							
oktadekan							×	
oplopanon							×	
pentadekan						×		×
pentadeken						×		×
peperiton					×			
pinen	×	×	×	×	×			×
pinokarvol		×		×				
pinokarvon		×		×				
sabinen	×	×	×	×				
selina-3,7-dien						×		×
silvenon		×						
spathulenol		×	×	×			×	
terpinen	×							
terpinolen	×							
tetradeken						×		×
thymol		×		×				
trideken								×
valerenol		×		×				
verben		×		×				
verbenol		×		×				
verbenon		×		×				
viridiflorol		×			×			
widrol		×		×				
ylangen						×		×
ylangenol							×	

2.5 Mikroextrakce pevnou fází

Pro stanovení těkavých látek v rámci této práce byla použita plynová chromatografie s hmotnostní detekcí ve spojení s mikroextrakcí pevnou fází (Obrázek 3).

Mikroextrakce pevnou fází (SPME) je analytickou metodou, během které je SPME vlákno vystaveno vzorku, aby se na něj sorbovaly cílené analyty. Ty jsou následně desorbovány tepelnou desorpcí, nebo pomocí rozpouštědla [57]. Existují dva druhy metod SPME, a to Head-space (HS-SPME) a Direct-immersion (DI-SPME). HS-SPME funguje tak, že vlákno je vloženo do vialky přes uzávěr se septem do prostoru nad vzorkem, což umožňuje absorpci a adsorpci analytů na vlákno. Po určité době je vlákno vyjmuto a vloženo do přístrojů pro plynovou či kapalinovou chromatografii. Aby byly analyty uvolněny z vlákna, je pro plynovou chromatografii vlákno zahříváno, pro kapalinovou chromatografii se pro eluci analytů využívá mobilní fáze. Během DI-SPME je vlákno ponořeno přímo do roztoku vzorku [58].

Metoda SPME je často využívána ve spojení s plynovou chromatografií, jelikož nejsou potřeba žádná rozpouštědla [58]. SPME se vyznačuje opětovnou použitelností, tepelnou desorpcí a absencí organických rozpouštědel a možností snadné automatizace. Vzhledem k tomu, že je tato metoda jednoduchá, vysoce selektivní a časově úsporná, má mnohé využití, zejména v oblasti potravinářství, biochemie, životního prostředí, léčivých rostlin a farmacii [57].



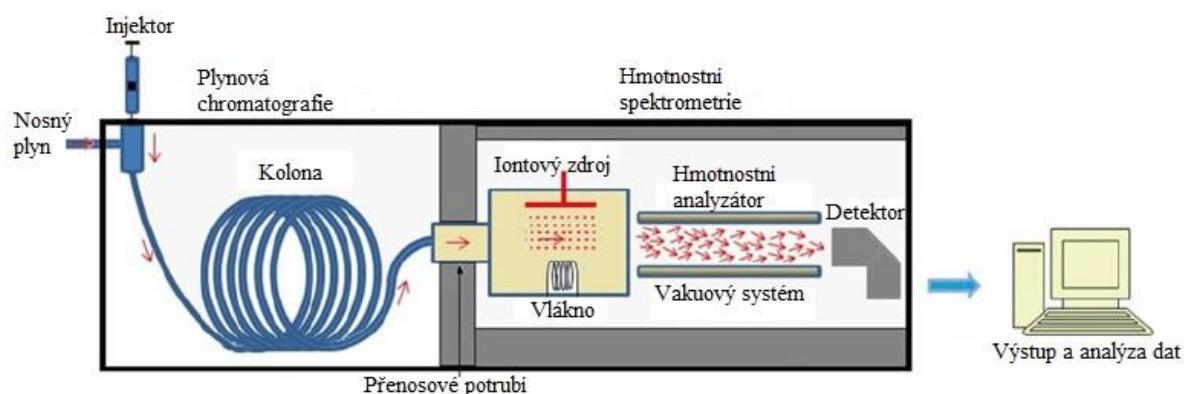
Obrázek 3 Schéma mikroextrakce tuhou fází – převzato a upraveno [59]

2.6 Plynová chromatografie s hmotnostní detekcí

Plynová chromatografie s hmotnostní detekcí (Obrázek 4) je kombinace dvou výkonných analytických metod [60]. Plynová chromatografie (GC) je vhodná pouze pro sloučeniny, které lze odpařit bez rozkladu. Mezi tyto sloučeniny patří většina rozpouštědel a pesticidy, komponenty v příchutích, éterické oleje, uhlovodíková paliva a mnoho léků. Sloučeniny, jako jsou kyseliny, aminokyseliny, aminy, amidy, netěkavé léky, sacharidy a steroidy, musí projít derivatizací (tj. chemická přeměna, která vede k příhodnějším vlastnostem látky), aby došlo ke zvýšení jejich těkavosti [61]. Pro plynovou chromatografii se používá plynový chromatograf, přístroj poskytující časové oddělení složek ve směsi. Principem plynového chromatografu je odpaření vzorku v injektoru, což je vyhřívaný vstupní otvor, dále oddělení složek směsi v koloně a detekce každé složky detektorem. Důležitým aspektem k přenosu vzorku z injektoru, přes kolonu a do detektoru nebo hmotnostního spektrometru je nosný plyn, tedy mobilní fáze (obvykle je používán vodík nebo helium). Náplň kolony je povlak stacionární fáze. Oddělení složek je určeno rozdělením každé složky mezi mobilní a stacionární fázi [60].

Hmotnostní spektrometrie (MS) je analytická metoda měřící poměr hmotnosti k náboji nabitých částic. Umožňuje přesné určení molární hmotnosti a rozpoznávání polymerních přísad a nečistot [62]. Přístroj, který se pro tuto metodu využívá, se nazývá hmotnostní spektrometr. Spektrometry pracují se separovanými ionty plynné fáze za nízkého tlaku interakcí s magnetickými nebo elektrickými poli na nabitých částicích [60].

Ve většině studií o éterických olejích a těkavých látkách bylin se přednostně používá GC-MS, kvůli snazší identifikaci sloučenin eluujících z kolony. Obecně se využívají kapilární kolony z oxidu křemičitého, potažené polárními i nepolárními stacionárními fázemi. Pro stanovení těkavých látek v rostlině může být za polární stacionární fázi považován například polyethylenglykol a za nepolární dimethylpolysiloxan. Eluce sloučenin se provádí při teplotním programování, počínaje teplotou kolem 35–70 °C až po konečnou teplotu 220–260 °C. Identifikace analytů je prováděna porovnáváním jejich retenčních časů/indexů a MS spekter s hodnotami uvedenými v literatuře nebo databázích MS [63].



Obrázek 4 Schéma plynové chromatografie s hmotnostní detekcí – převzato a upraveno [64]

3 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

Cílem experimentální části bakalářské práce je identifikace a kvantifikace těkavých (aromatických) látek ve vzorcích uvedených bylin a v extraktech z nich vyrobených pomocí metody HS-SPME-GC-MS.

3.1 Laboratorní vybavení

3.1.1 Přístroje

- Plynový chromatograf TraceTM 1310 se split/splitless injektorem (Thermo Fisher Scientific Inc., Waltham, MA, USA)
- Hmotnostní detektor ISQTM LT Single Quadropole (Thermo Fisher Scientific Inc., Waltham, MA, USA)
- Knihovna spekter NIST/EPA/NIH, Verze 2.0 (Gaithersburg, Maryland, USA)
- Analytické digitální váhy HELAGO, GR-202-EC, Itálie
- Počítač PC

3.1.2 Plyny

- Helium, čistota 4.8., v tlakové lahvi s redukčním ventilem (SIAD, Česká republika)

3.1.3 Pracovní pomůcky

- SPME-vlákno DVB/CAR/PDMS 50/30 μm (Supelco, Bellefonte, Pennsylvania, USA)
- Vialky o objemu 10 ml se šroubovacím magnetickým uzávěrem
- Běžné laboratorní sklo a pomůcky
- Keramický nůž

3.2 Metoda HS-SPME-GC-MS

Pro identifikaci těkavých látek ve vzorcích rýmovníku a echinacey byla využita metoda head space mikroextrakce tuhou fází ve spojení s plynovou chromatografií s hmotnostní detekcí (Obrázek 5).



Obrázek 5 Plynový chromatograf s hmotnostní detekcí

3.2.1 Podmínky SPME extrakce

- Doba inkubace (temperace): 10 min
- Teplota extrakce a inkubace (teplota agitátoru): 40 °C
- Doba extrakce: 20 min
- Agitátor zapnutý: 5 s
- Agitátor vypnutý: 60 s
- Hloubka ponoření vlákna do vialky: 20 mm

3.2.2 Podmínky GC-MS analýzy

- Kapilární kolona TG-WaxMS (30 m × 0,25 mm × 0,5 μm)
- Teplota injektoru (teplota desorpce): 240 °C
- Dávkování: splitless, ventil uzavřený 10 minut
- Hloubka ponoření vlákna do injektoru: 40 mm
- Nosný plyn: Helium
- Průtok nosného plynu: 1 ml·min⁻¹
- Teplotní program: 40 °C s výdrží 1 minuta, vzestupný gradient 5 °C/min do 220 °C s výdrží 22 minut, celková doba analýzy 60 minut
- Hmotnostní detektor v módu EI
- Energie ionizačních elektronů: 70 eV
- Teplota iontového zdroje: 200 °C
- Skenovací rozsah m·z⁻¹: 30-370 amu
- Rychlost skenování: 0,2 s

3.3 Analyzované vzorky

V této práci byly analyzovány vzorky rýmovníku citronového (*Plectranthus amboinicus*) a echinacey (*Echinacea purpurea*). Obě rostliny byly analyzovány v čerstvé podobě, sušené a ve formě extraktu. Na následujícím obrázku (Obrázek 6) je ukázka vzorků uvedených bylin v čerstvé a sušené podobě

Příprava vzorků z čerstvých bylin:

Pro vzorek rýmovníku byly použity listy rýmovníku citronového (*Plectranthus amboinicus*) pěstovaného v laboratorních podmínkách. Listy byly nakrájeny keramickým nožem na drobné kousky a do vialek bylo naváženo po 2 g připravené byliny. Takto nachystané vialky byly uzavřeny nepropustným uzávěrem.

Pro vzorek echinacey byly použity květy třapatky nachové (*Echinacea purpurea*) získané od soukromého pěstitele. Květy byly nakrájeny keramickým nožem na drobné kousky a do vialek bylo naváženo po 1 g takto připravených čerstvých květů. Následně byly vialky uzavřeny nepropustným uzávěrem.

Příprava vzorků ze sušených bylin:

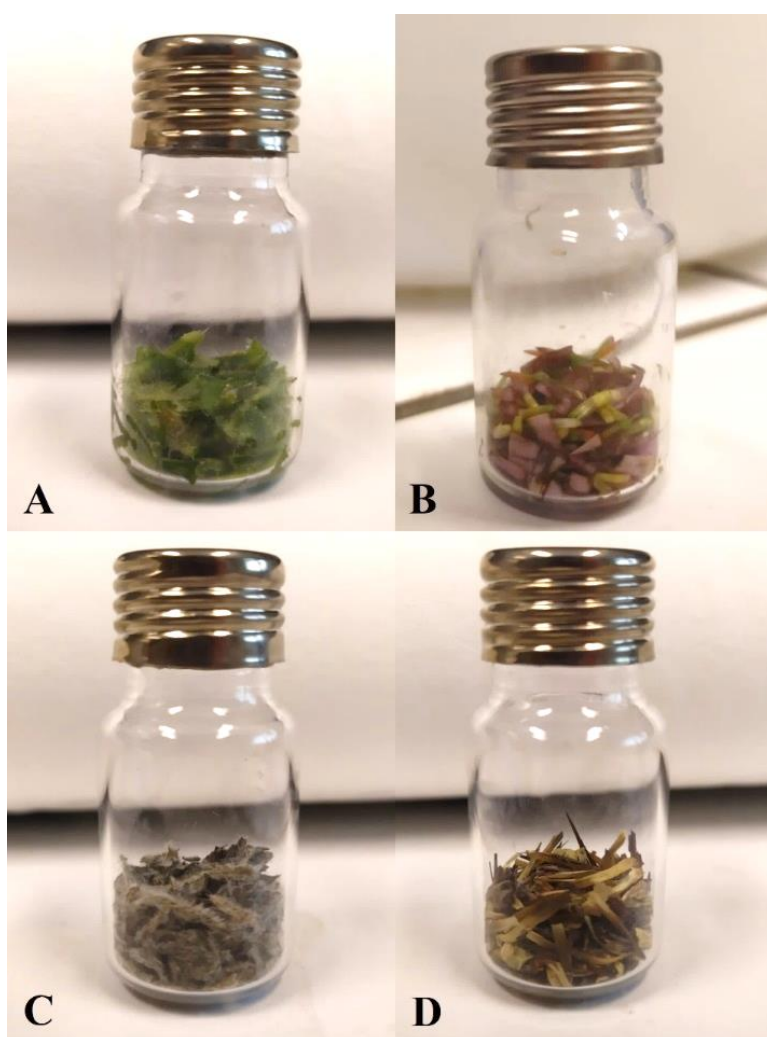
Z rýmovníku byly sesbírány listy, které byly sušeny při teplotě 50 °C až do konstantní hmotnosti po dobu cca 20 hodin. Listy po vysušení byly nadrceny na menší části. Poté bylo do vialek naváženo po 0,3 g takto připraveného vzorku a vialky byly uzavřeny nepropustným uzávěrem.

Pro vzorek sušené echinacey byly využity komerčně získané sušené nadrcené květy echinacey. Do vialek bylo naváženo po 0,3 g sušené byliny a vialky byly uzavřeny nepropustným uzávěrem.

Příprava extraktů:

Pro extrakt rýmovníku bylo do Erlenmeyerovy baňky naváženo 10 g najemno nakrájených čerstvých listů byliny, bylo přidáno 50 ml rozpouštědla (40% ethanol), baňka byla přikryta alobalem a extrakce probíhala při teplotě 40 °C po dobu 40 minut.

Extrakt z echinacey byl připraven také navážením 10 g sušeného květu do Erlenmeyerovy baňky, bylo přidáno 50 ml rozpouštědla (40% ethanol), baňka byla přikryta alobalem a následná extrakce probíhala po dobu 60 minut při teplotě 60 °C.



Obrázek 6 Připravené vzorky (A – čerstvý rýmovník; B – čerstvá echinacea; C – sušený rýmovník; D – sušená echinacea)

3.3.1 Analýza vzorků a zpracování výsledků analýzy

Vialky s připravenými vzorky byly umístěny do autosampleru a následně byla spuštěna analýza pomocí programu Xcalibur 2.2. Těkavé látky byly identifikovány na základě porovnávání retenčních časů a hmotnostních spekter s knihovnou spekter. Obsah identifikovaných sloučenin je vyjádřen semikvantitativně pomocí ploch příslušných píků na chromatogramu nebo jako relativní obsah (v %).

Pro každé stanovení byla analýza provedena dvakrát ($n = 2$). Data byla zpracována v programu Microsoft 365 – Excel, výsledky jsou prezentovány formou sloupcových grafů.

4 VÝSLEDKY A DISKUZE

Tato práce je součástí rozsáhlé studie zabývající se možností získávání extraktů biologicky aktivních látek z vybraných druhů přírodních rostlinných materiálů a jejich aplikací do potravin. Pro tuto práci byly vybrány rýmovník (*Plectranthus spp.*) a echinacea (*Echinacea purpurea*). Jako charakterizující parametry byly sledovány těkavé (aromatické) látky, pro jejich stanovení byla použita metoda HS-SPME-GC-MS.

Obě uvedené byliny byly analyzovány čerstvé, sušené a následně z nich byl připraven extrakt ve 40% ethanolu; cílem bylo posoudit, který vzorek, resp. jeho úprava, poskytne nejbohatší spektrum aromatických látek, a bude tedy nejvhodnější pro případnou aplikaci do potravin.

Ve všech vzorcích bylo nalezeno celkem 111 těkavých látek, jejich přehled, rozdělení podle chemických skupin a procentuální zastoupení (relativní obsah) je uveden v tabulce (Tabulka 5).

Ve vzorku čerstvého rýmovníku měl největší zastoupení 3-karen (13,78 %), kafr (9,11 %) a E- α -bergamoten (8,51 %). Ve vzorku čerstvého květu echinacey to byl germakren D (18,64 %), γ -muurolen (12,07 %) a δ -amorfen (11,91 %).

Těkavé látky ve vzorku sušených listů rýmovníku se víceméně shodují s látkami nalezenými v čerstvém rýmovníku. Nejvíce je zastoupen také 3-karen (14,85 %), E- α -bergamoten (10,33 %), kafr (7,01 %). Větší zastoupení v sušeném rýmovníku má i γ -terpinen (7,56 %). Látky ve vzorku sušené echinacey a čerstvé echinacey byly identifikovány podobně, v sušené echinaceji je na rozdíl od čerstvé nejvíce kafru (58,46 %) a oktan-3-ol acetátu (6,89 %).

Extrakt rýmovníku opět ukazuje vysoký obsah látek 3-karen (14,27 %) i E- α -bergamoten (13,37 %). Dále bylo v tomto extraktu identifikováno velké množství β -selinenu (17,84 %) a karyofylenu (9,96 %). Extrakt echinacey prokázal významný podíl α -kopaenu (20,42 %). Dalšími těkavými látkami s velkým zastoupením v extraktu echinacey byly karyofylen (17,45 %) a γ -muurolen (11,03 %).

Dle studií identifikace a kvantifikace těkavých látek (Tabulka 3) v rýmovníku citronovém byl v největším zastoupení očekáván terpenový alkohol karvakrol, který byl ve většině uvedených studií v zastoupení větším než 10 %. Arumugam a kol. [46] v roce 2020 uvedl karvakrol dokonce v zastoupení 43,3 %. V našem experimentu byl karvakrol sice nalezen ve všech vzorcích rýmovníku, ale jeho množství nepřesáhlo 10 %. Nejvíce ho bylo v extraktu byliny (3,26 %).

Studie zabývající se těkavými látkami echinacey (Tabulka 4) ve většině udávají, že hlavní složkou těkavých látek je germakren D. Dle výsledků této práce se germakren D ve všech vzorcích opravdu nachází, ale ne v takovém množství. V čerstvé echinaceji je jeho relativní obsah 18,64 %, v sušené 1,20 % a v jejím extraktu 6,68 %.

Byly identifikovány i látky vyskytující se ve všech vzorcích rýmovníku i echinaceji. Patří mezi ně α -pinen, limonen, o-cymen, α -kopaen, karyofylen, humulen, δ -amorfen a kubenen.

Tabulka 5 Přehled těkavých látek nalezených v jednotlivých vzorcích rýmovníku a echinacey zařazených do jednotlivých skupin; stopové množství (st.) < 0,5 %; látka nalezená pouze u jednoho vzorku (*); RT – retenční čas.

RT [min]	sloučenina	skupina	čerstvý rýmovník	čerstvá echinacea	sušený rýmovník	sušená echinacea	extrakt rýmovníku	extrakt echinacey
5,58	α -pinen	monoterpeny	st.	3,90 %	st.	1,08 %	1,39 %	2,66 %
5,68	β -thujen	monoterpeny	st.	-	0,69 %	-	-	st.*
6,52	ethanol	alkoholy	-	-	-	-	st.	st.
6,53	kamfen	monoterpeny	0,93 %	-	0,60 %	st.*	-	0,53 %*
7,11	hexanal	aldehydy	-	-	-	2,16 %	-	-
7,33	β -pinen	monoterpeny	-	st.	-	-	-	0,92 %
8,41	3-karen	monoterpeny	13,78 %	-	14,85 %	-	14,27 %*	-
8,85	sabinen	monoterpeny	-	st.	-	-	0,72 %	-
8,93	β -myrcen	monoterpeny	3,42 %	6,97 %	5,84 %	st.	-	-
9,27	terpinolen	monoterpeny	3,46 %	-	6,45 %	st.*	2,02 %	-
9,75	heptanal	aldehydy	-	-	-	st.	-	-
9,81	limonen	monoterpeny	2,52 %	st.	2,50 %	1,06 %	0,77 %	st.
10,16	β -felandren	monoterpeny	1,17 %	-	1,50 %	-	-	-
10,22	eukalyptol	monoterpeny	-	-	-	st.*	-	-
10,73	2-hexenal	aldehydy	st.	-	-	-	-	-
10,98	trans- β -ocimen	monoterpeny	-	-	-	0,96 %*	-	-
11,02	α -felandren	monoterpeny	st.*	-	-	-	st.	3,42 %
11,14	γ -terpinen	monoterpeny	3,63 %	-	7,56 %	st.	3,65 %	-
11,48	cis-ocimen	monoterpeny	-	-	st.	-	-	-
11,83	p-cymen	monoterpeny	2,88 %*	-	-	2,10 %*	st.	-
11,90	o-cymen	monoterpeny	6,70 %	1,81 %	3,99 %	1,90 %*	3,07 %	2,88 %
12,26	4-karen	monoterpeny	0,60 %	-	1,33 %	-	st.	-
12,28	m-cymen	monoterpeny	-	st.	-	-	-	-

Tabulka 5 Přehled těkavých látek nalezených v jednotlivých vzorcích rýmovníku a echinacey zařazených do jednotlivých skupin; stopové množství (st.) < 0,5 %; látka nalezená pouze u jednoho vzorku (*); RT – retenční čas. – pokračování

RT [min]	sloučenina	skupina	čerstvý rýmovník	čerstvá echinacea	sušený rýmovník	sušená echinacea	extrakt rýmovníku	extrakt echinacey
12,40	oktan-3-ol acetát	estery	-	-	-	6,89 %*	-	-
12,54	oktanal	aldehydy	-	-	st.*	st.*	-	-
12,98	3E-DMNT	monoterpeny	-	st.	-	-	-	-
13,65	isoterpinolen	monoterpeny	st.	-	-	-	st.	-
13,84	sulkaton	ketony	-	-	-	0,62 %	-	-
14,17	hexanol	alkoholy	st.	st.	-	-	-	-
15,06	cis-3-hexen-1-ol	alkoholy	0,56 %	st.	-	-	-	-
15,21	oktan-3-ol	alkoholy	0,87 %	-	-	0,97 %*	-	-
15,31	nonanal	aldehydy	st.	-	st.	0,97 %	-	-
15,45	fenchon	ketony	st.	-	st.	-	-	-
16,53	cymenen	monoterpeny	st.	-	st.	-	-	-
16,67	1-okten-3-ol	alkoholy	4,44 %	-	-	-	1,01 %	-
16,94	α-kubeben	seskviterpeny	-	2,16 %	st.	-	-	0,68 %
17,10	kyselina octová	kyseliny	-	-	-	1,80 %	-	-
17,30	oktyl acetát	estery	st.	-	st.	-	st.	-
17,40	α-ylangen	seskviterpeny	-	-	-	-	-	1,59 %
17,67	ethylhexanol	alkoholy	-	-	-	st.	-	-
17,70	α-kopaen	seskviterpeny	3,42 %	6,46 %	6,54 %	st.	2,06 %	20,42 %
17,75	ylangen	seskviterpeny	-	0,72 %	-	-	-	-
17,99	dekanal	aldehydy	-	-	-	0,80 %	-	-
18,56	kafr	monoterpeny	9,11 %	-	7,01 %	58,46 %*	5,75 %	-
18,91	benzaldehyd	aldehydy	-	-	-	st.*	-	-
19,04	butan-2,3-diol	alkoholy	-	-	-	st.*	-	-

Tabulka 5 Přehled těkavých látek nalezených v jednotlivých vzorcích rýmovníku a echinacey zařazených do jednotlivých skupin; stopové množství (st.) < 0,5 %; látka nalezená pouze u jednoho vzorku (*); RT – retenční čas. – pokračování

RT [min]	sloučenina	skupina	čerstvý rýmovník	čerstvá echinacea	sušený rýmovník	sušená echinacea	extrakt rýmovníku	extrakt echinacey
19,06	β-kopaen	seskviterpeny	-	st.*	-	-	-	-
19,16	linalool	monoterpeny	st.	-	0,86 %	st.*	-	-
19,86	nonanol acetát	estery	0,66 %	-	st.	-	0,90 %	-
20,01	bornyl formát	estery	-	-	-	1,00 %*	-	-
20,04	E-α-bergamoten	seskviterpeny	8,51 %	-	10,33 %	-	13,37 %	0,70 %
20,06	β-ylangen	seskviterpeny	-	4,92 %	-	-	-	-
20,24	β-elemen	seskviterpeny	-	1,09 %	-	0,77 %*	-	-
20,40	karyofylen	seskviterpeny	5,70 %	3,64 %	6,16 %	st.	9,96 %	17,45 %
20,58	terpinen-4-ol	alkoholy	-	-	-	2,22 %	-	-
20,62	methyl karvakrol	monoterpeny	4,79 %	-	2,33 %	-	3,99 %	-
21,32	ethoxybenzen	ethery	st.*	-	-	-	-	-
21,37	ethyl dekanoát	estery	0,62 %*	-	-	st.*	1,82 %*	-
21,62	β-santalen	seskviterpeny	1,75 %	-	1,15 %	-	1,01 %	-
21,70	3,5-muuroladien	seskviterpeny	-	4,30 %	-	-	-	1,07 %
21,84	cadina-1(6),4-dien	seskviterpeny	-	-	-	-	-	0,96 %
21,86	nonanol	alkoholy	st.	-	-	-	-	-
21,92	E-β-famesen	seskviterpeny	0,75 %	-	0,81 %	0,58 %*	st.	-
22,14	humulen	seskviterpeny	2,93 %	6,73 %	5,08 %	st.	4,56 %	3,98 %
22,41	E-β-bergamoten	seskviterpeny	-	-	-	-	st.	-
22,49	seskvisabinen	seskviterpeny	0,57 %	-	0,62 %	-	-	-
22,55	γ-muurolen	seskviterpeny	-	12,07 %	-	0,84 %	-	11,03 %
22,61	bicyklozeskvifelandren	seskviterpeny	-	1,38 %	st.	-	-	-
22,85	α-terpineol	monoterpeny	st.	-	st.	st.	-	-

Tabulka 5 Přehled těkavých látek nalezených v jednotlivých vzorcích rýmovníku a echinacey zařazených do jednotlivých skupin; stopové množství (st.) < 0,5 %; látka nalezená pouze u jednoho vzorku (*); RT – retenční čas. – pokračování

RT [min]	sloučenina	skupina	čerstvý rýmovník	čerstvá echinacea	sušený rýmovník	sušená echinacea	extrakt rýmovníku	extrakt echinacey
22,94	borneol	monoterpeny	-	-	-	st.*	-	-
23,04	germakren D	seskviterpeny	-	18,64 %	-	1,20 %*	-	6,68 %
23,09	aromadendren	seskviterpeny	-	-	-	-	st.	-
23,22	verbenon	ketony	-	-	-	0,70 %	-	-
23,34	β-selinen	seskviterpeny	3,94 %	-	3,83 %	-	17,84 %	0,87 %
23,42	α-muurolen	seskviterpeny	-	1,16 %	-	st.	-	3,82 %
24,03	γ-elemen	seskviterpeny	-	1,24 %	-	-	-	-
24,14	α-farnesen	seskviterpeny	-	1,99 %	-	-	-	-
24,15	δ-amorfen	seskviterpeny	3,45 %	11,91 %	3,14 %	1,10 %	4,93 %	7,16 %
24,23	γ-kadinen	seskviterpeny	-	st.*	-	st.	-	1,84 %
24,37	β-seskvifelandren	seskviterpeny	-	-	-	-	st.	-
24,51	kurkumen	seskviterpeny	-	-	-	st.	-	2,70 %
24,71	kubenen	seskviterpeny	1,05 %	2,53 %	0,59 %	st.	0,55 %*	1,35 %
24,97	α-kadinen	seskviterpeny	-	2,93%	-	st.*	-	3,72 %
25,32	cis-sabinol	monoterpeny	-	-	st.*	-	-	-
25,86	cis-kalamenen	seskviterpeny	st.	-	st.	st.	st.	1,19 %
26,20	kyselina kapronová	kyseliny	-	-	-	1,20 %	-	-
26,93	benzylalkohol	alkoholy	-	-	-	st.	-	-
27,19	epikubebol	terp. alkoholy	-	st.	-	-	-	-
27,68	α-kalakoren	seskviterpeny	st.	-	st.	-	st.	1,05 %
27,89	β-kalakoren	seskviterpeny	-	st.	-	-	-	-

Tabulka 5 Přehled těkavých látek nalezených v jednotlivých vzorcích rýmovníku a echinacey zařazených do jednotlivých skupin; stopové množství (st.) < 0,5 %; látka nalezená pouze u jednoho vzorku (*); RT – retenční čas. – pokračování

RT	sloučenina	skupina	čerstvý rýmovník	čerstvá echinacea	sušený rýmovník	sušená echinacea	extrakt rýmovníku	extrakt echinacey
28,28	kubebol	terp. alkoholy	-	st.	-	-	-	-
29,59	salvial-4(10)-en-1-on	ketony	-	-	-	-	-	st.
30,02	trans-nerolidol	terp. alkoholy	-	-	-	st.*	-	-
30,45	karyofylen alkohol	alkoholy	st.*	-	-	-	-	st.
30,54	germakren D-4-ol	terp. alkoholy	-	st.	-	-	-	-
30,59	α -korokalen	seskviterpeny	-	-	-	-	-	st.
32,45	ylangenal	aldehydy	-	st.	-	-	-	-
32,72	eugenol	terp. alkoholy	-	-	-	1,21 %*	-	-
32,86	τ -kadinol	terp. alkoholy	-	st.	-	-	-	-
32,94	thymol	terp. alkoholy	st.	-	st.	-	-	-
33,03	kopaborneol	monoterpeny	-	st.	-	-	-	-
33,16	α -kadinol	terp. alkoholy	-	st.	-	-	-	-
33,38	δ -kadinol	terp. alkoholy	-	st.	-	-	-	-
33,46	karvakrol	terp. alkoholy	2,52 %	-	2,06 %	1,16 %	3,26 %	-
33,75	kadalen	seskviterpeny	-	-	-	st.*	-	st.
33,80	trans-kalamenen	seskviterpeny	st.	-	-	-	-	-
33,99	ethyl palmitát	estery	-	-	-	st.*	-	-
34,54	limonen-1,2-diol	terp. alkoholy	st.	-	st.	-	-	-
35,70	karyofylen oxid	seskviterpeny	st.*	-	st.	-	-	-
36,17	2-hexylcinnamaldehyd	aldehydy	st.	-	-	0,63 %*	-	-
38,85	HMF	aldehydy	-	-	-	st.*	-	-

4.1.1 Počet identifikovaných látek v analyzovaných vzorcích

V následující tabulce (Tabulka 6) a grafu (Obrázek 7) je uvedeno srovnání počtu identifikovaných látek v jednotlivých vzorcích, náležících do příslušné funkční skupiny (aldehydy, alkoholy, estery, ethery, ketony, kyseliny, monoterpeny, seskviterpeny a terpenové alkoholy).

Počet aromatických látek v obou extraktech byl srovnatelný, v extraktu rýmovníku bylo identifikováno 33 a v echinaceji 31 sloučenin. V obou případech extraktu byl počet nižší, než v samotných bylinách ať už v čerstvé nebo sušené podobě. Velmi pravděpodobně mohlo během extrakce dojít ke ztrátě některých labilních látek jejich rozkladem nebo vytěkáním.

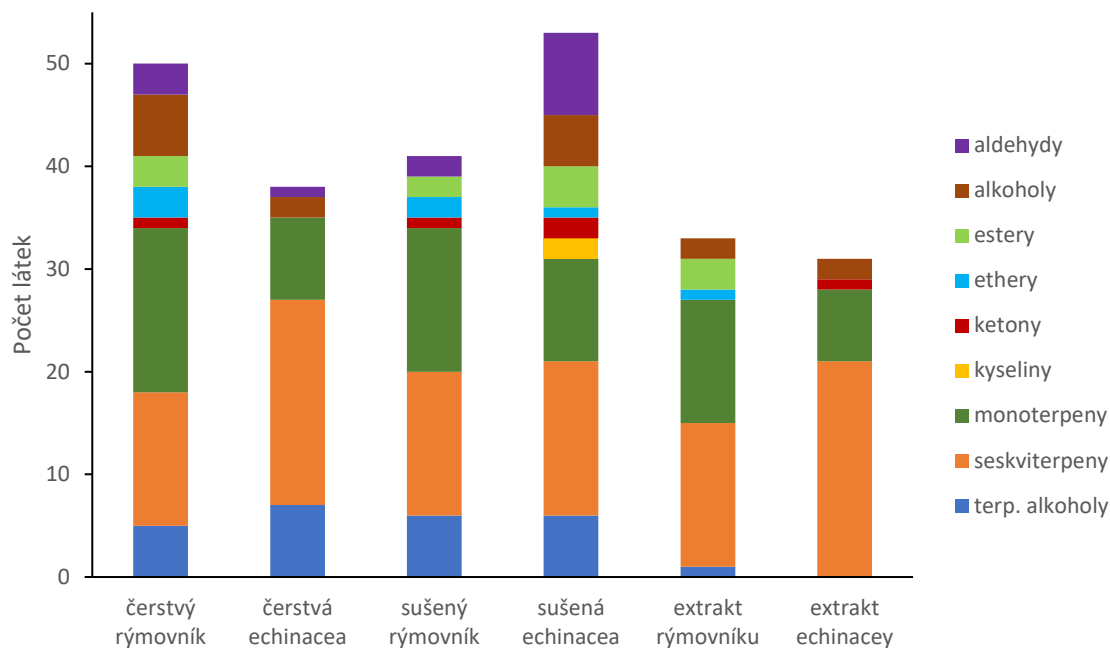
Ve vzorku čerstvého rýmovníku bylo identifikováno 50 těkavých látek, zatímco v echinaceji pouze 38 těkavých látek. Z toho může vyplývat, že je rýmovník více aromatickou bylinou, což je zřejmé i z jeho výrazné citronové vůně, kterou lze cítit i při promnutí listů mezi prsty. Echinacea takto výraznou vůní nevykazuje.

U vzorků sušených bylin tomu ale bylo naopak. Ve vzorku rýmovníku bylo identifikováno pouze 41, kdežto ve vzorku sušené echinaceji bylo těkavých látek 53, což je také celkově nejvyšší počet aromatických látek ze všech analyzovaných vzorků. Během sušení mohou pravděpodobně také probíhat určité změny ve složení těkavých látek vlivem aplikované teploty; některé se mohou rozložit nebo vytékat, nebo naopak může dojít ke tvorbě sloučenin nových.

V grafu (Obrázek 7) lze názorně pozorovat počet látek jednotlivých funkčních skupin nalezených ve vzorcích uvedených bylin. Převládající skupinou ve všech vzorcích jsou monoterpeny a seskviterpeny. Nejméně látek bylo nalezeno ve skupině kyselin a ketonů.

Tabulka 6 Počty identifikovaných látek v jednotlivých vzorcích (podle chemických skupin)

skupina	čerstvý rýmovník	čerstvá echinacea	sušený rýmovník	sušená echinacea	extrakt rýmovníku	extrakt echinaceji
aldehydy	3	1	2	8	0	0
alkoholy	6	2	0	5	2	2
estery	3	0	2	4	3	0
ethery	3	0	2	1	1	0
ketony	1	0	1	2	0	1
kyseliny	0	0	0	2	0	0
monoterpeny	16	8	14	10	12	7
seskviterpeny	13	20	14	15	14	21
terp. alkoholy	5	7	6	6	1	0
celkem	50	38	41	53	33	31



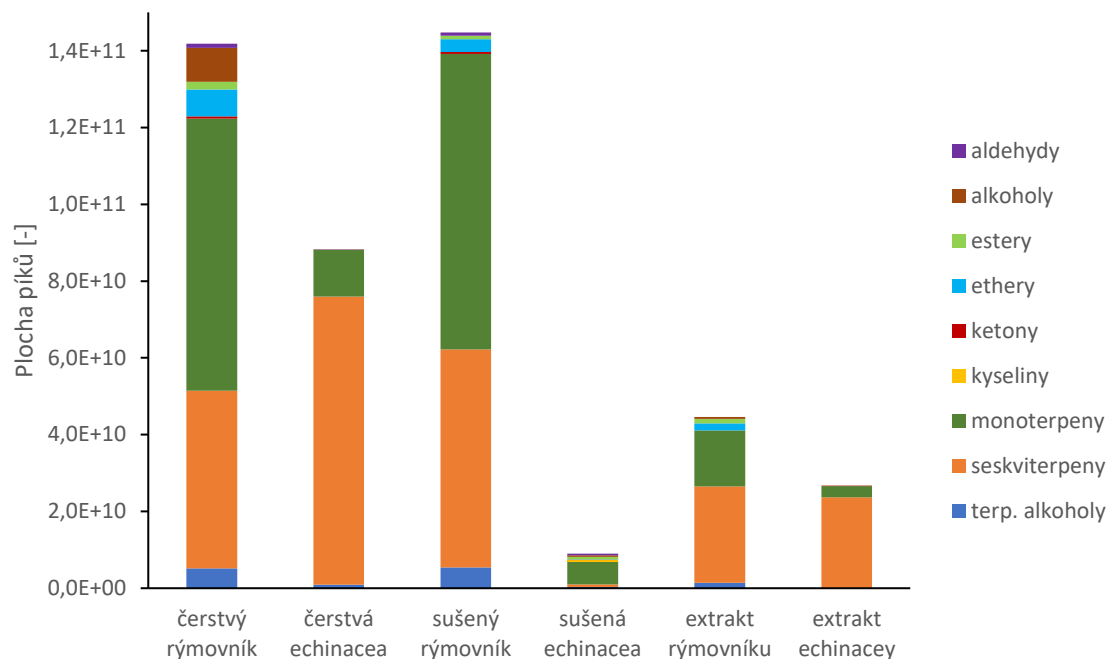
Obrázek 7 Graf počtu těkavých látek nalezených v jednotlivých vzorcích (podle chemických skupin)

4.1.2 Obsah identifikovaných látek v analyzovaných vzorcích

Následující graf (Obrázek 8) znázorňuje obsah identifikovaných sloučenin v jednotlivých vzorcích, obsah je vyjádřen semikvantitativně jako plocha příslušných píků na chromatogramu. Z grafu lze vidět, že ve všech vzorcích rýmovníku byl vyšší obsah identifikovaných sloučenin než u vzorků echinacey.

U sušeného rýmovníku došlo k mírnému zvýšení celkového obsahu sloučenin oproti čerstvé bylině, u sušené echinacey naopak k výraznému poklesu; to mohlo být způsobeno tím, že zatímco vzorek rýmovníku byl sušen v laboratoři za standardních podmínek (50 °C), vzorek sušené echinacey byl získán komerčně, a byl tedy usušen za pro nás neznámých podmínek.

V obou extraktech byl obsah sloučenin výrazně nižší než v čerstvých bylinách.



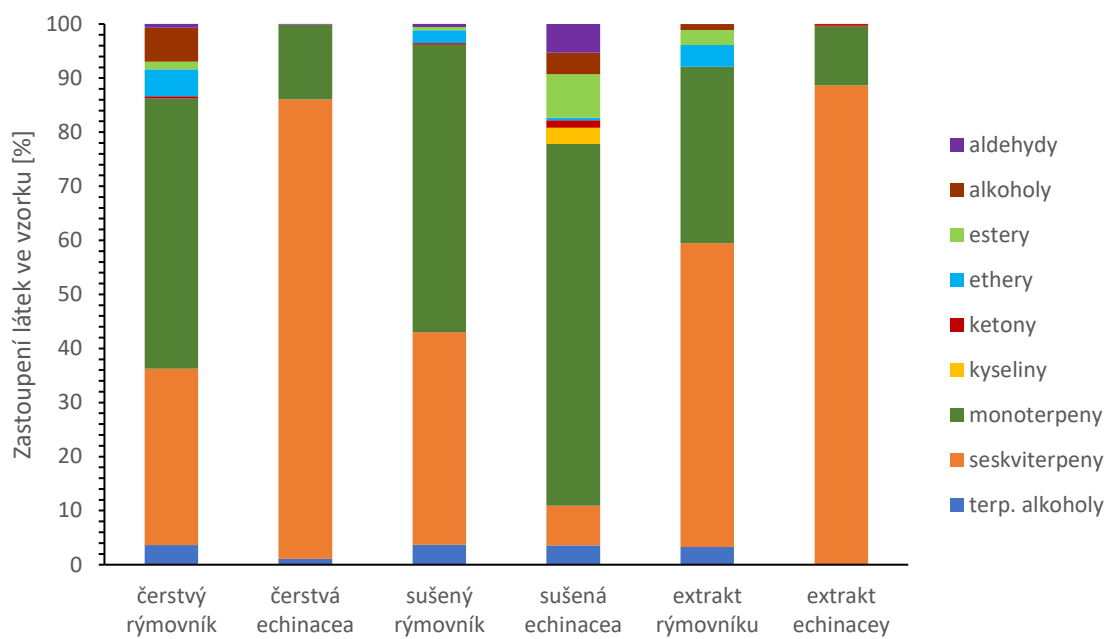
Obrázek 8 Graf obsahu těkavých látek nalezených v jednotlivých vzorcích (podle chemických skupin).

4.1.3 Procentuální zastoupení identifikovaných látek v analyzovaných vzorcích

Pomocí ploch píku těkavých látek bylo u analyzovaných vzorků vypočteno procentuální zastoupení látek jednotlivých skupin pro každý vzorek, které lze pozorovat v tabulce (Tabulka 7) a příslušném grafu (Obrázek 9). Největší zastoupení mají monoterpeny a seskviterpeny, stejně jako v jejich počtu. Kyseliny a ketony jsou plochou, kterou zabírají, opět nejmenší skupinou.

Tabulka 7 Procentuální zastoupení funkčních skupin v jednotlivých vzorcích

skupina	čerstvý rýmovník	čerstvá echinacea	sušený rýmovník	sušená echinacea	extrakt rýmovníku	extrakt echinacey
aldehydy	0,71	0,08	0,55	5,32	0,00	0,00
alkoholy	6,25	0,08	0,00	3,94	1,11	0,22
estery	1,45	0,00	0,61	8,07	2,79	0,00
ethery	4,93	0,00	2,36	0,49	3,99	0,00
ketony	0,43	0,00	0,34	1,32	0,00	0,26
kyseliny	0,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00
monoterpeny	49,97	13,81	53,17	66,96	32,67	10,87
seskviterpeny	32,64	84,96	39,26	7,30	56,18	88,66
terp. alkoholy	3,64	1,08	3,72	3,60	3,26	0,00
celkem	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00



Obrázek 9 Graf zobrazující procentuální zastoupení funkčních skupin v jednotlivých vzorcích

5 ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce byla identifikace a kvantifikace těkavých látek v rýmovníku (*Plectranthus spp.*) a echinaceji (*Echinacea purpurea*) a následné porovnání profilu těkavých látek uvedených bylin.

Pro přípravu vzorků echinacey byly použity květy, pro přípravu rýmovníku listy rostliny rýmovníku citronového (*Plectranthus amboinicus*). Byly srovnávány profily těkavých látek vzorků čerstvých bylin, sušených bylin a v bylinných extraktech z nich připravených.

Pro stanovení těkavých látek byla použita metoda HS-SPME-GC-MS.

Ve všech vzorcích bylo identifikováno celkem 111 těkavých látek, z toho 10 aldehydů, 11 alkoholů, 6 esterů, 4 ethery, 4 ketony, 2 kyseliny, 22 monoterpenů, 36 seskviterpenů a 16 terpenových alkoholů. V rýmovníku bylo nalezeno celkem 58 a v echinaceji 87 těkavých látek.

Ve vzorku čerstvého rýmovníku bylo identifikováno 50, zatímco v echinaceji pouze 38 těkavých látek. Ve vzorku sušeného rýmovníku bylo identifikováno 41, ve vzorku sušené echinacey bylo těkavých látek 53.

Co se týče relativního obsahu, u sušeného rýmovníku došlo k mírnému zvýšení obsahu, u sušené echinacey naopak k významnému poklesu obsahu sloučenin oproti čerstvé bylině, pravděpodobně v důsledku sušení při příliš vysoké teplotě.

V extraktu rýmovníku bylo identifikováno 33 a v echinaceji 31 sloučenin. V obou případech extraktů byl počet nižší, než v samotných bylinách ať už v čerstvé nebo sušené podobě, pravděpodobně v důsledku ztrát některých látek jejich rozkladem nebo vytěkáním.

Ve všech vzorcích rýmovníku byl vyšší obsah sloučenin než u vzorků echinacey.

Výsledky byly porovnány s výsledky studií, které se zabývaly studiem těkavých látek uvedených bylin. Z výsledků této práce vyplývá, že profil identifikovaných těkavých látek uvedených bylin je v souladu s již publikovanými, liší se však jejich obsah. Je však dobře známo, že složení těkavých látek rostlin závisí na mnoha faktorech, jako je podnebí, dostatek vody, kvalita půdy, způsob sběru, skladování aj.

Rýmovník i echinacea jsou zajímavými bylinami, které jsou svým složením velice bohaté. Díky tomu mají nespočet příznivých vlastností, především pozitivní vliv na lidské zdraví. Výsledky této práce potvrzují, že obě byliny obsahují skutečně široké spektrum zajímavých těkavých aromatických látek a mají tak velký potenciál pro využití jako přírodní zdroj sensoricky cenných látek, zejména v oblasti zdravé výživy, nejenom v podobě bylinných tinktur, ale jako přídatná látka do různých nápojů a pokrmů.

6 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] LUKHOB, Catherine W., Monique S.J. SIMMONDS a Alan J. PATON, 2006. Plectranthus: A review of ethnobotanical uses. *Journal of Ethnopharmacology*. 103(1), 1-24. ISSN 03788741. Dostupné z: doi:10.1016/j.jep.2005.09.011
- [2] BURNIE, Geoffrey, 2007. *Botanika: ilustrovaný abecední atlas 10 000 zahradních rostlin s návodem, jak je pěstovat*. [Praha]: Slovart, s. 689. ISBN 978-80-7209-936-8.
- [3] RICE, L.J., G.J. BRITS, C.J. POTGIETER a J. VAN STADEN. Plectranthus: A plant for the future? *South African Journal of Botany*. 2011, 77(4), 947-959. ISSN 02546299. Dostupné z: doi:10.1016/j.sajb.2011.07.001
- [4] ARUMUGAM, Greetha, Mallappa SWAMY a Uma SINNIHA, 2016. Plectranthus amboinicus (Lour.) Spreng: Botanical, Phytochemical, Pharmacological and Nutritional Significance. *Molecules*. 21(4). ISSN 1420-3049. Dostupné z: doi:10.3390/molecules21040369
- [5] FALÉ, Pedro L., Carlos BORGES, Paulo J. Amorim MADEIRA, Lia ASCENSÃO, Maria Eduarda M. ARAÚJO, Maria Helena FLORÊNCIO a Maria Luísa M. SERRALHEIRO, 2009. Rosmarinic acid, scutellarein 4'-methyl ether 7-O-glucuronide and (16S)-coleon E are the main compounds responsible for the antiacetylcholinesterase and antioxidant activity in herbal tea of Plectranthus barbatus ("falso boldo"). *Food Chemistry*. 114(3), 798-805. ISSN 03088146. Dostupné z: doi:10.1016/j.foodchem.2008.10.015
- [6] ITIS Integrated Taxonomic Information System, 2020. ITIS report [online]. [cit. 2020-11-16]. Dostupné z: <https://www.itis.gov/#>
- [7] MOHAMED SHARIF, Khawla Omran, Enis Fuat TUFEKCI, Buket USTAOGLU, Yasemin Celik ALTUNOGLU, Gokhan ZENGİN, E.J. LLORENT-MARTÍNEZ, Kerim GUNEY a Mehmet Cengiz BALOGLU, 2021. Anticancer and biological properties of leaf and flower extracts of Echinacea purpurea (L.) Moench. *Food Bioscience*. ISSN 22124292. Dostupné z: doi:10.1016/j.fbio.2021.101005
- [8] BÜHRING, Ursel, 2010. *Léčivé rostliny: obsahové látky, zpracování, základní recepty*. Praha: Knižní klub, s. 100-103. ISBN 978-80-242-2474-9.
- [9] JANČA, Jiří, 1996. *Herbář léčivých rostlin 4. díl*. Praha: Eminent, s. 136-139. ISBN 80-7281-000-67.
- [10] BREMNESS, Lesley, 2005. *Užitkové rostliny*. V Praze: Knižní klub, s. 167. Příroda v kostce. ISBN 80-242-1301-x.
- [11] TANUR ERKOYUNCU, Münüre a Mustafa YORGANCILAR, 2021. Optimization of callus cultures at Echinacea purpurea L. for the amount of caffeic acid derivatives. *Electronic Journal of Biotechnology*. ISSN 07173458. Dostupné z: doi:10.1016/j.ejbt.2021.02.003
- [12] KITTS, David D., 1994. Bioactive substances in food: identification and potential uses. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology*. 72(4), 423-434. ISSN 0008-4212. Dostupné z: doi:10.1139/y94-062
- [13] PATEL, Vaidehi a Rajesh PATEL, 2016. The active constituents of herbs and their plant chemistry, extraction and identification methods. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*. 8(4), 1423-1443. ISSN 0975-7384.

- [14] MOLYNEUX, Russell J., Stephen T. LEE, Dale R. GARDNER, Kip E. PANTER a Lynn F. JAMES, 2007. Phytochemicals: The good, the bad and the ugly? *Phytochemistry*. **68**(22-24), 2973-2985. ISSN 00319422. Dostupné z: doi:10.1016/j.phytochem.2007.09.004
- [15] VOLF, Karel a František ANDRS, c2008. *Flavonoidy a jejich biologické působení*. [Česko: s.n.]. ISBN 978-80-254-4225-8.
- [16] VELÍŠEK, Jan a Karel CEJPEK, 2008. *Biosynthesis of food components*. Tábor: OSSIS. ISBN 978-80-86659-12-1.
- [17] ALTINDAL, Demet a Nüket ALTINDAL, 2017. Plant Volatile Compounds in Growth. Volatiles and Food Security. Singapore: Springer Singapore, 2017-08-30, 1-13. ISBN 978-981-10-5552-2. Dostupné z: doi:10.1007/978-981-10-5553-9_1
- [18] QIN, Juanjuan, Min YANG, Yucheng WANG, Wenqiang WA a Jie ZHENG, 2021. Interaction between caffeic acid/caffeic acid phenethyl ester and micellar casein. *Food Chemistry*. **349**. ISSN 03088146. Dostupné z: doi:10.1016/j.foodchem.2021.129154
- [19] Cynarine. *National Center for Advancing Translational Sciences* [online]. Bethesda MD [cit. 2021-03-17]. Dostupné z: <https://drugs.ncats.io/substance/85D81U9JAV>
- [20] LIU, Jingjing, Lingling YANG, Yanhong DONG, Bo ZHANG a Xueqin MA, 2018. Echinacoside, an Inestimable Natural Product in Treatment of Neurological and other Disorders. *Molecules*. **23**(5). ISSN 1420-3049. Dostupné z: doi:10.3390/molecules23051213
- [21] SABRA, Ali, Lorne ADAM, Fouad DAAYF a Sylvie RENAULT, 2012. Salinity-induced changes in caffeic acid derivatives, alkaloids and ketones in three Echinacea species. *Environmental and Experimental Botany*. **77**, 234-241. ISSN 00988472. Dostupné z: doi:10.1016/j.envexpbot.2011.11.013
- [22] WANG, Meng-jie, Sayed Haidar Abbas RAZA, Qiang WU, et al., 2020. Cichoric acid from extracted Echinacea purpurea induces the proliferation and apoptosis of peripheral blood mononuclear cells from yaks. *Electronic Journal of Biotechnology*. **47**, 17-28. ISSN 07173458. Dostupné z: doi:10.1016/j.ejbt.2020.06.003
- [23] ROFOUEI, Mohammad Kazem, Seyed Momen Hejazi KOJOORI a Roudabeh Sadat MOAZENI-POURASIL, 2021. Optimization of chlorogenic acid extraction from Elm tree, *Ulmus minor* Mill., fruits, using response surface methodology. *Separation and Purification Technology*. **256**. ISSN 13835866. Dostupné z: doi:10.1016/j.seppur.2020.117773
- [24] ZHANG, Weihao, Linghua PIAO a Xiande LIU, 2020. Chlorogenic acid suppresses neutrophil recruitment to tumors by inducing apoptosis and reverse migration. *Journal of Functional Foods*. **75**. ISSN 17564646. Dostupné z: doi:10.1016/j.jff.2020.104216
- [25] Caftaric acid: an overview on its structure, daily consumption, bioavailability and pharmacological effects, 2020. *Biointerface Research in Applied Chemistry*. **10**(3), 5616-5623. ISSN 2069-5837. Dostupné z: doi:10.33263/BRIAC103.616623
- [26] MARCHEV, Andrey S., Liliya V. VASILEVA, Kristiana M. AMIROVA, Martina S. SAVOVA, Ivanka K. KOYCHEVA, Zhivka P. BALCHEVA-SIVENOVA, Siyana M. VASILEVA a Milen I. GEORGIEV, 2021. *Rosmarinic acid - From bench to valuable applications in food industry*. ISSN 09242244. Dostupné z: doi:10.1016/j.tifs.2021.03.015
- [27] MOHAMED SHARIF, Khawla Omran, Enis Fuat TUFEKCI, Buket USTA OGLU, Yasemin Celik ALTUNOGLU, Gokhan ZENGIN, E.J. LLORENT-MARTÍNEZ, Kerim

- GUNEY a Mehmet Cengiz BALOGLU, 2021. Anticancer and biological properties of leaf and flower extracts of *Echinacea purpurea* (L.) Moench. *Food Bioscience*. 41. ISSN 22124292. Dostupné z: doi:10.1016/j.fbio.2021.101005
- [28] AL-HAKKANI, Mostafa F., Gamal A. GOUDA, Sedky H.A. HASSAN a Adham M. NAGIUB, 2021. *Echinacea purpurea* Mediated Hematite Nanoparticles (α -HNPs) Biofabrication, Characterization, Physicochemical Properties, and its In-vitro Biocompatibility Evaluation. *Surfaces and Interfaces*. 24. ISSN 24680230. Dostupné z: doi:10.1016/j.surfin.2021.101113
- [29] FAN, Ming-zhi, Xiao-han WU, Xue-feng LI, Xuan-chun PIAO, Jun JIANG a Mei-lan LIAN, 2021. Co-cultured adventitious roots of *Echinacea pallida* and *Echinacea purpurea* inhibit lipopolysaccharide-induced inflammation via MAPK pathway in mouse peritoneal macrophages. *Chinese Herbal Medicines*. 13(2), 228-234. ISSN 16746384. Dostupné z: doi:10.1016/j.chmed.2021.01.001
- [30] VELÍŠEK, Jan a Jana HAJŠLOVÁ. *Chemie potravin II. Rozš. a přeprac. 3. vyd.* Tábor: OSSIS, 2009. ISBN 978-80-86659-16-9.
- [31] SUNTRES, Zacharias E., John COCCIMIGLIO a Misagh ALIPOUR, 2014. The Bioactivity and Toxicological Actions of Carvacrol. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 55(3), 304-318. ISSN 1040-8398. Dostupné z: doi:10.1080/10408398.2011.653458
- [32] SHARIFI-RAD, Mehdi, Elena Maria VARONI, Marcello IRITI, et al., 2018. Carvacrol and human health: A comprehensive review. *Phytotherapy Research*. 32(9), 1675-1687. ISSN 0951418X. Dostupné z: doi:10.1002/ptr.6103
- [33] NAJAFLOO, Raziye, Mahla BEHYARI, Rana IMANI a Shirin NOUR, 2020. A mini-review of Thymol incorporated materials: Applications in antibacterial wound dressing. *Journal of Drug Delivery Science and Technology*. 60. ISSN 17732247. Dostupné z: doi:10.1016/j.jddst.2020.101904
- [34] BURT, S., 2004. Antibacterial and antifungal activities of thymol: A brief review of the literature. *International Journal of Food Microbiology*. 94(3), 223-253.
- [35] CHMELAŘOVÁ, Adéla. *Aplikace bylinného extraktu do vhodného potravinářského produktu.* Brno, 2020. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zavprace/detail/124110>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, Ústav chemie potravin a biotechnologií. Vedoucí práce Eva Vítová.
- [36] COX-GEORGIAN, Destinney, Niveditha RAMADOSS, Chathu DONA a Chhandak BASU, 2019. Therapeutic and Medicinal Uses of Terpenes. *Medicinal Plants*. Cham: Springer International Publishing, 2019-11-12, 333-359. ISBN 978-3-030-31268-8. Dostupné z: doi:10.1007/978-3-030-31269-5_15
- [37] CAPUTI, Lorenzo a Eugenio APREA, 2011. *Use of Terpenoids as Natural Flavouring Compounds in Food Industry*. 3(1), 9-16. ISSN 22127984. Dostupné z: doi:10.2174/2212798411103010009
- [38] BALAHBIB, Abdelaali, Nasreddine EL OMARI, Naoufal EL. HACHLAFI, et al., 2021. Health beneficial and pharmacological properties of p-cymene. *Food and Chemical Toxicology*. 153. ISSN 02786915. Dostupné z: doi:10.1016/j.fct.2021.112259

- [39] PROSSER, Ian, Iris G. ALTUG, Andy L. PHILLIPS, Wilfried A. KÖNIG, Harro J. BOUWMEESTER a Michael H. BEALE, 2004. Enantiospecific ()- and (-)-germacrene D synthases, cloned from goldenrod, reveal a functionally active variant of the universal isoprenoid-biosynthesis aspartate-rich motif. *Archives of Biochemistry and Biophysics*. 432(2), 136-144. ISSN 00039861. Dostupné z: doi:10.1016/j.abb.2004.06.030
- [40] RUSSO, Ethan B. a Jahan MARCU, 2017. Cannabis Pharmacology: The Usual Suspects and a Few Promising Leads. *Cannabinoid Pharmacology*. Elsevier, 2017, 67-134. *Advances in Pharmacology*. ISBN 9780128112328. Dostupné z: doi:10.1016/bs.apha.2017.03.004
- [41] MANJAMALAI, A., Tom Alexander a V.M. Berlin grace, 2012. Bioactive evaluation of the essential oil of *Plectranthus amboinicus* by gc-ms analysis and its role as a drug for microbial infections and inflammation. *Academic Sciences*. 4(3), 205-211. ISSN 0975-1491.
- [42] Asiimwe, S.; Borg-Karlsson, A.K.; Azeem, M.; Mugisha, K.M.; Namutebi, A.; Gakunga, N.J. Chemical composition and Toxicological evaluation of the aqueous leaf extracts of *Plectranthus amboinicus* (Lour.) Spreng. *Int. J. Pharm. Sci. Invent.* 2014, 3, 19–27.
- [43] Erny Sabrina M.N., Razali M., Mirfat A.H.S., Mohd Shukri M.A. Antimicrobial activity and bioactive evaluation of *Plectranthus amboinicus* essential oil. *American Journal of Research Communication*, 2014, 2(12): 121-127 } www.usajournals.com, ISSN: 2325-4076
- [44] SABRA, Ali S., Tessema ASTATKIE, Abed ALATAWAY, Abeer A. MAHMOUD, Ahmed S. H. GENDY, Hussein A. H. SAID-AL AHL a Kirill G. TKACHENKO, 2018. Response of Biomass Development, Essential Oil, and Composition of *Plectranthus amboinicus* (Lour.) Spreng. to Irrigation Frequency and Harvest Time. 15(3). ISSN 16121872. Dostupné z: doi:10.1002/cbdv.201800005
- [45] HSU, Kuang-Ping a Chen-Lung HO, 2019. Antimildew Effects of *Plectranthus amboinicus* Leaf Essential Oil on Paper. *Natural Product Communications*. 14(7). ISSN 1934-578X. Dostupné z: doi:10.1177/1934578X19862903
- [46] ARUMUGAM, Greetha, Uma Rani SINNIHA, Mallappa Kumara SWAMY a Paul T. LYNCH, 2020. Micropropagation and essential oil characterization of *Plectranthus amboinicus* (Lour.) Sprengel, an aromatic medicinal plant. 56(4), 491-503. ISSN 1054-5476. Dostupné z: doi:10.1007/s11627-020-10056-1
- [47] ASHAARI, Nur Suhanawati, Mohd Hairul AB. RAHIM, Suriana SABRI, et al., 2020. Functional characterization of a new terpene synthase from *Plectranthus amboinicus*. *PLOS ONE*. 15(7). ISSN 1932-6203. Dostupné z: doi:10.1371/journal.pone.0235416
- [48] BOBOKOVÁ, Alexandra. Zisk a komplexní charakterizace extraktů rýmovníku (*Plectranthus* spp.). Brno, 2020. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/124109>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, Ústav chemie potravin a biotechnologií. Vedoucí práce Eva Vítová
- [49] MAZZA, G. a T. COTTRELL, 1999. Volatile Components of Roots, Stems, Leaves, and Flowers of *Echinacea* Species †. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 47(8), 3081-3085. ISSN 0021-8561. Dostupné z: doi:10.1021/jf981117y
- [50] HOLLÁ, M., S. VAVERKOVÁ, P. FARKAS a J. TEKEL, 2005. Content of essential oil obtained from flower heads of *Echinacea purpurea* L. and identification of selected components. *Herba polonica*. 51(3/4), 25-29.

- [51] MIRJALILI, Mohammad Hossein, Peyman SALEHI, Hassanali Naghdi BADI a Ali SONBOLI, 2006. Volatile constituents of the flowerheads of three Echinacea species cultivated in Iran. *Flavour and Fragrance Journal*. 21(2), 355-358. ISSN 0882-5734. Dostupné z: doi:10.1002/ffj.1657
- [52] PELLATI, Federica, Francesco EPIFANO, Nicoletta CONTALDO, et al., 2011. Chromatographic Methods for Metabolite Profiling of Virus- and Phytoplasma-Infected Plants of Echinacea purpurea. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 59(19), 10425-10434. ISSN 0021-8561. Dostupné z: doi:10.1021/jf2025677
- [53] NYALAMBISA, M., I.A. OYEMITAN, R. MATEWU, O.O. OYEDEJI, O.S. OLUWAFEMI, S.P. SONGCA, B.N. NKEH-CHUNGAG a A.O. OYEDEJI, 2017. Volatile constituents and biological activities of the leaf and root of Echinacea species from South Africa. *Saudi Pharmaceutical Journal*. 25(3), 381-386. ISSN 13190164. Dostupné z: doi:10.1016/j.jsps.2016.09.010
- [54] MAGGINI, Valentina, Rose Vanessa BANDEIRA REIDEL, Marinella DE LEO, et al., 2020. Volatile profile of Echinacea purpurea plants after in vitro endophyte infection. *Natural Product Research*. 34(15), 2232-2237. ISSN 1478-6419. Dostupné z: doi:10.1080/14786419.2019.1579810
- [55] ASKARI, Hanieh, Mehrorang GHAEDI, Reza NAGHIHA a Amin SALEHI, 2020. In Vitro Antibacterial and Antifungal Studies of Pulicaria undulate and Echinacea purpurea Extracts in Combination with Nanowires (Ni: FeO(OH)) and Nanoparticles (NiS). *Jundishapur Journal of Natural Pharmaceutical Products*. 15(2). ISSN 1735-7780. Dostupné z: doi:10.5812/jjnpp.64358
- [56] AHMADI, Fatemeh, Abbas SAMADI, Ebrahim SEPEHR, Amir RAHIMI a Sergey SHABALA, 2021. Optimizing hydroponic culture media and NO₃⁻/NH₄⁺ ratio for improving essential oil compositions of purple coneflower (Echinacea purpurea L.). *Scientific Reports*. 11(1). ISSN 2045-2322. Dostupné z: doi:10.1038/s41598-021-87391-9
- [57] JAGIRANI, Muhammad Saqaf a Mustafa SOYLAK, 2020. A review: Recent advances in solid phase microextraction of toxic pollutants using nanotechnology scenario. *Microchemical Journal*. 159. ISSN 0026265X. Dostupné z: doi:10.1016/j.microc.2020.105436
- [58] KANOKRUANGRONG, Siripong, John BIRCH a Alaa EL-DIN AHMED BEKHIT, 2019. Processing Effects on Meat Flavor. *Encyclopedia of Food Chemistry*. Elsevier, 2019, 302-308. ISBN 9780128140451. Dostupné z: doi:10.1016/B978-0-08-100596-5.21861-1
- [59] THOLL, Dorothea, Wilhelm BOLAND, Armin HANSEL, Francesco LORETO, Ursula S.R. RÖSE a Jörg-Peter SCHNITZLER, 2006. Practical approaches to plant volatile analysis. *The Plant Journal*. 45(4), 540-560. ISSN 09607412. Dostupné z: doi:10.1111/j.1365-313X.2005.02612.x
- [60] KITSON, Fulton G., Barbara S. LARSEN a Charles N. MCEWEN, 1996. What Is GC/MS? *Gas Chromatography and Mass Spectrometry*. Elsevier, 1996, 3-23. ISBN 9780124833852. Dostupné z: doi:10.1016/B978-012483385-2/50002-6
- [61] SPARKMAN, O. David, Zelda E. PENTON a Fulton G. KITSON, 2011. *Gas Chromatography. Gas Chromatography and Mass Spectrometry: A Practical Guide*.

- Elsevier, 2011, 15-83. ISBN 9780123736284. Dostupné z: doi:10.1016/B978-0-12-373628-4.00002-2
- [62] ARGENTA, Débora Fretes, Silvia Maria MARTELLI a Thiago CAON, 2019. Dendrimer as a platform for drug delivery in the skin. *Materials for Biomedical Engineering*. Elsevier, 2019, 331-367. ISBN 9780128184332. Dostupné z: doi:10.1016/B978-0-12-818433-2.00010-8
- [63] BRUNI, Renato, Virginia BRIGHENTI, Lindsay K. CAESAR, Davide BERTELLI, Nadja B. CECH a Federica PELLATI, 2018. Analytical methods for the study of bioactive compounds from medicinally used Echinacea species. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*. 160, 443-477. ISSN 07317085. Dostupné z: doi:10.1016/j.jpba.2018.07.044
- [64] EMWAS, Abdul-Hamid M., Zeyad A. AL-TALLA, Yang YANG a Najeh M. KHARBATIA, 2015. Gas Chromatography–Mass Spectrometry of Biofluids and Extracts. *Metabonomics*. New York, NY: Springer New York, 2015-1-27, 91-112. *Methods in Molecular Biology*. ISBN 978-1-4939-2376-2. Dostupné z: doi:10.1007/978-1-4939-2377-9_8

7 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

3E-DMNT – (3E)-4,8-dimethyl-1,3,7-nonatrien

GC-MS – plynová chromatografie s hmotnostní detekcí

HMF – hydroxymethylfurfural

RT – retenční čas

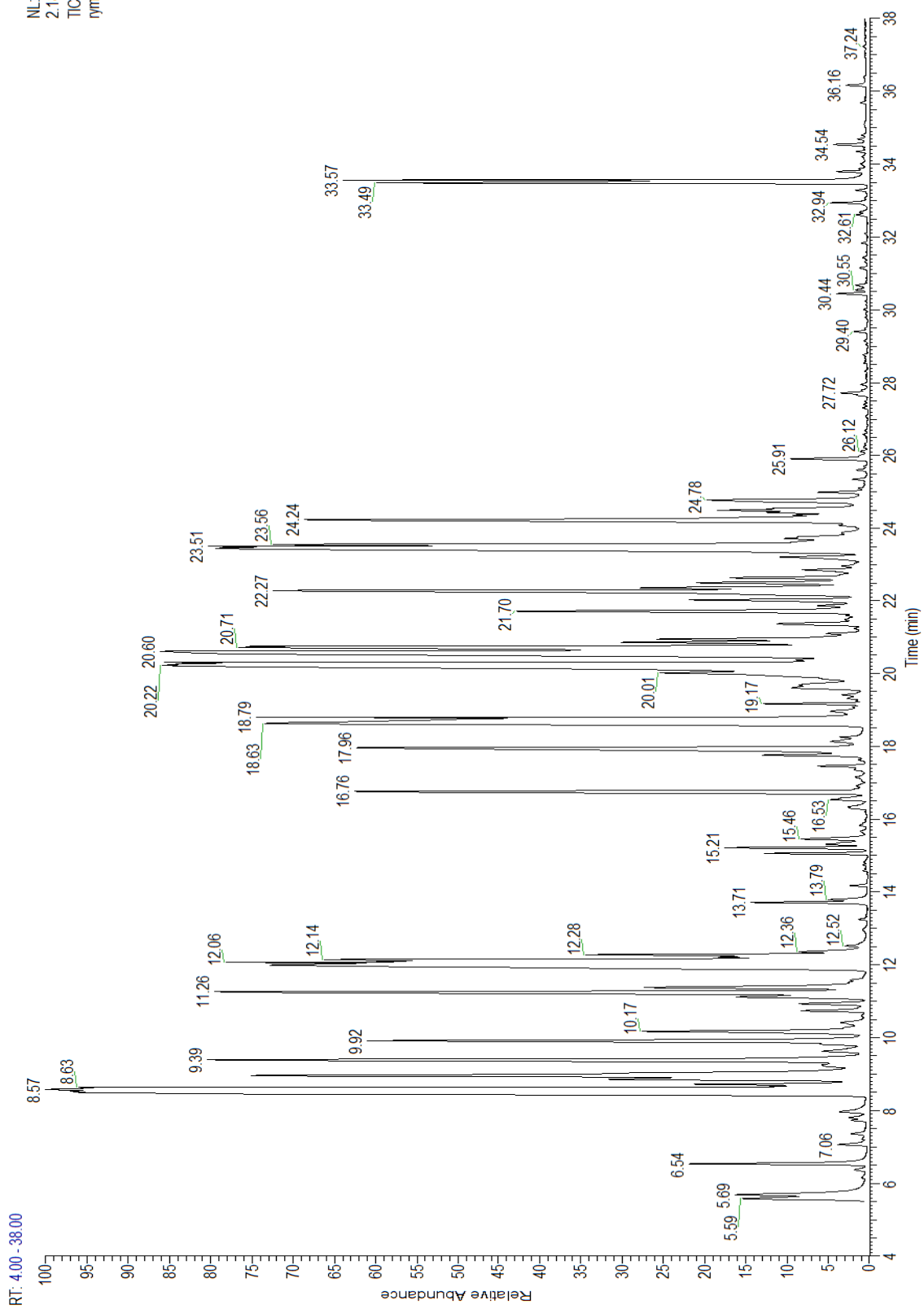
SPME – mikroextrakce tuhou fází

8 SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha 1 Chromatogram čerstvého rýmovníku (*Plectranthus amboinicus*)
- Příloha 2 Chromatogram čerstvé echinacey (*Echinacea purpurea*)
- Příloha 3 Chromatogram sušeného rýmovníku (*Plectranthus amboinicus*)
- Příloha 4 Chromatogram sušené echinacey (*Echinacea purpurea*)
- Příloha 5 Chromatogram extraktu rýmovníku (*Plectranthus amboinicus*)
- Příloha 6 Chromatogram extraktu echinacey (*Echinacea purpurea*)

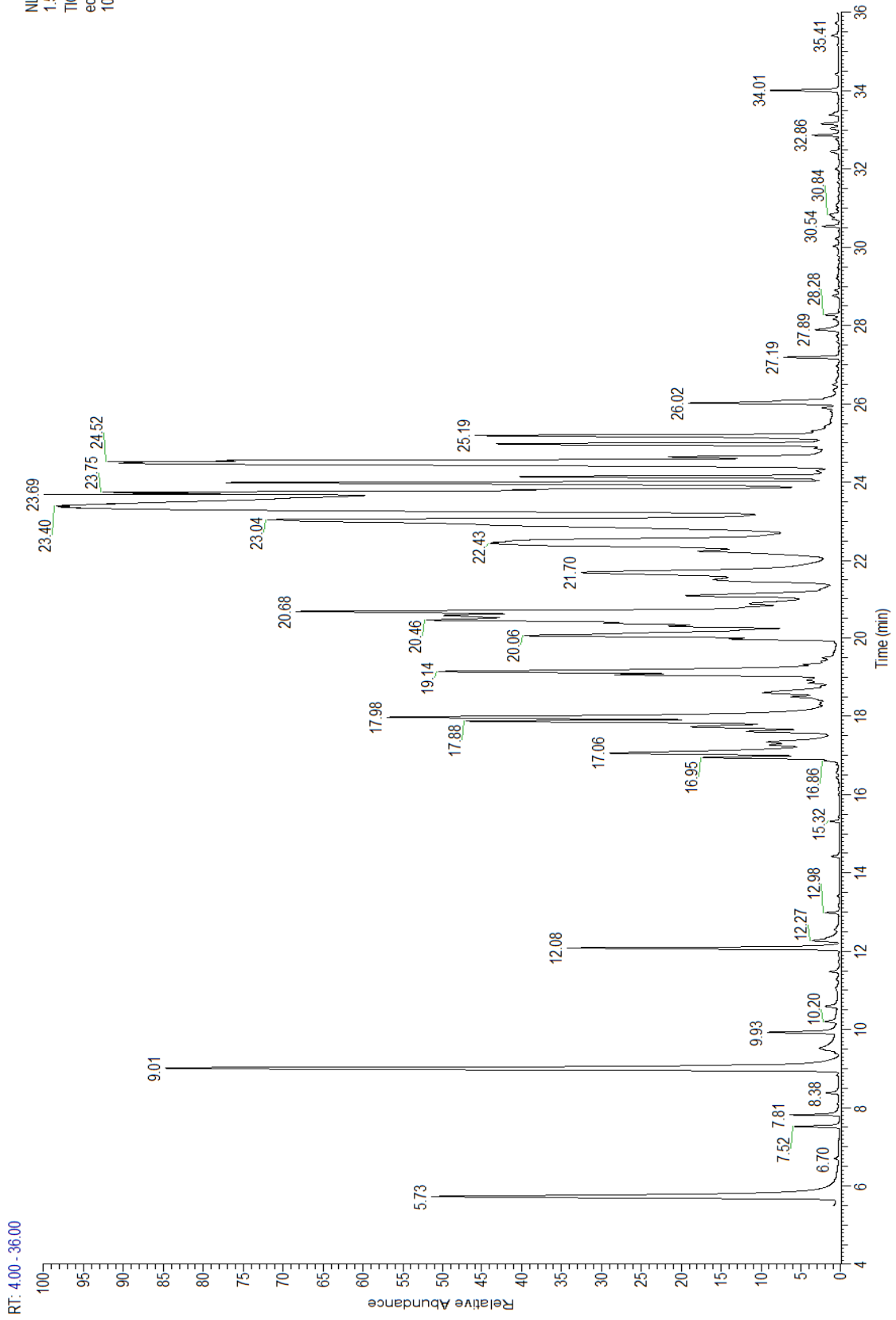
9 PŘÍLOHY

NL:
2.18E9
TIC MS
rymovnik01



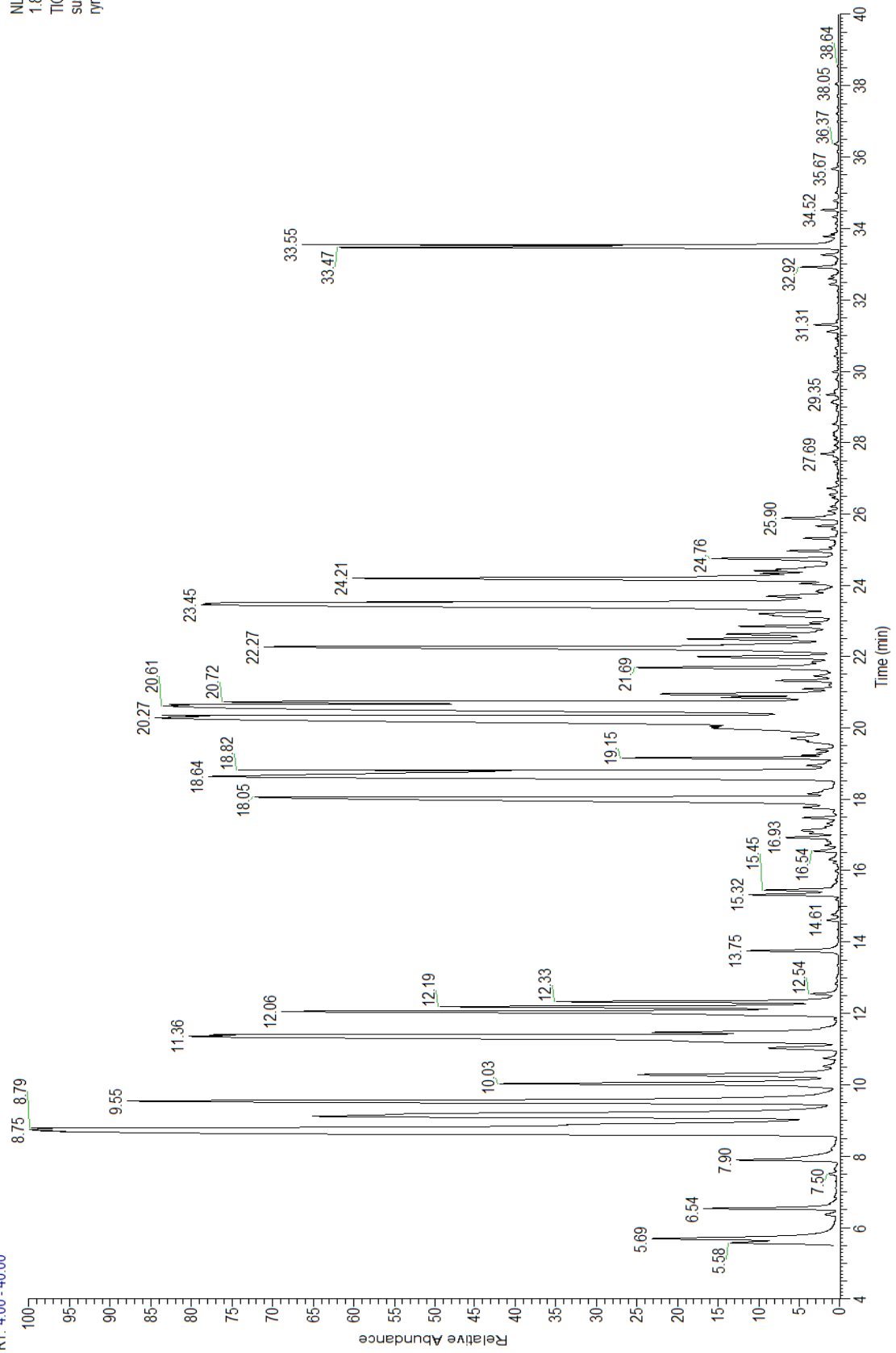
Příloha 1 Chromatogram čerstvého rýmovníku (*Plectranthus amboinicus*)

NL:
1.50E9
TIC MS
echinacea0
101



Příloha 2 Chromatogram čerstvé echinacey (*Echinacea purpurea*)

RT: 4.00 - 40.00

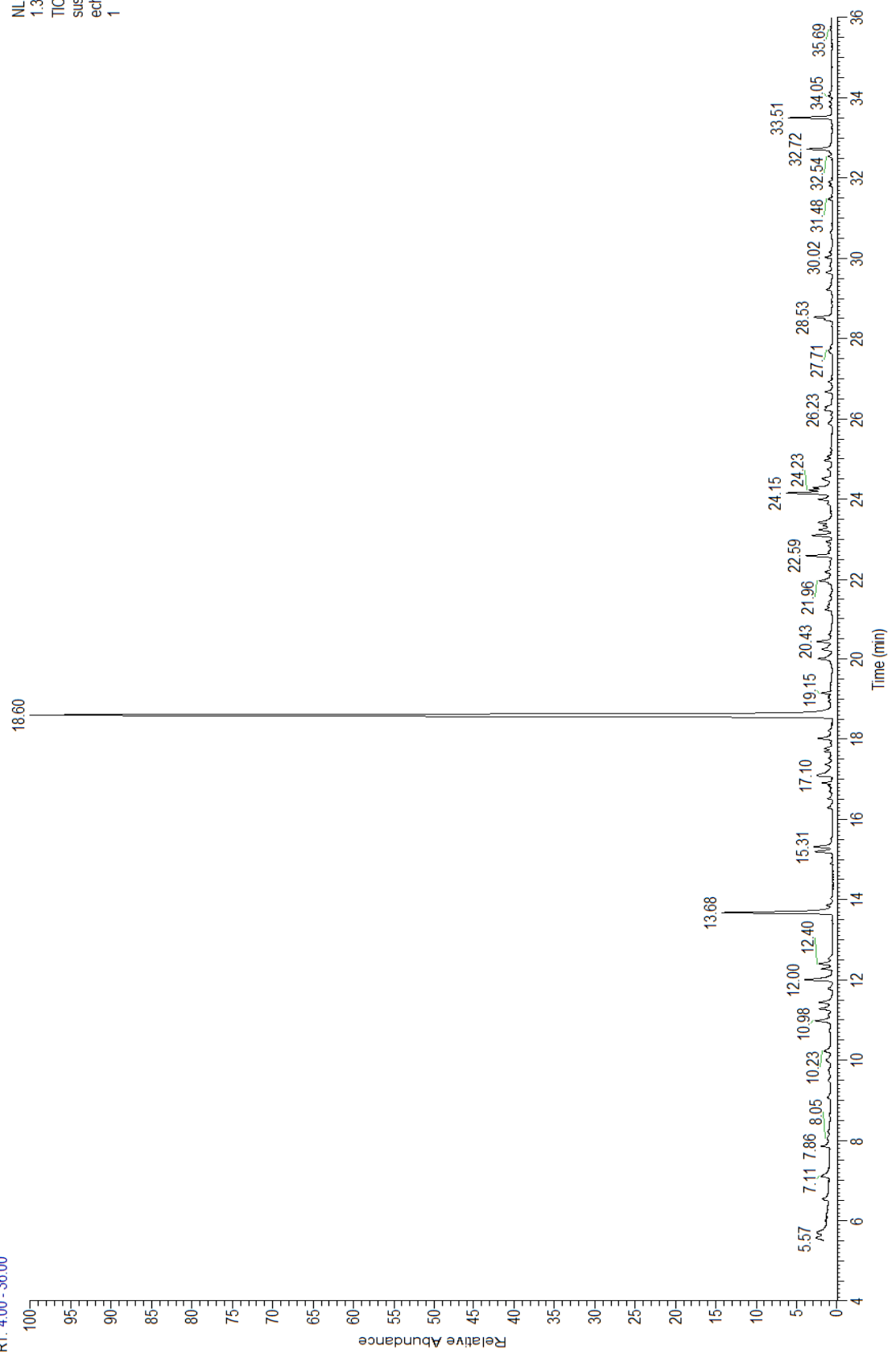


NL
1.86E9
TIC MS
sus-
rymovnik01

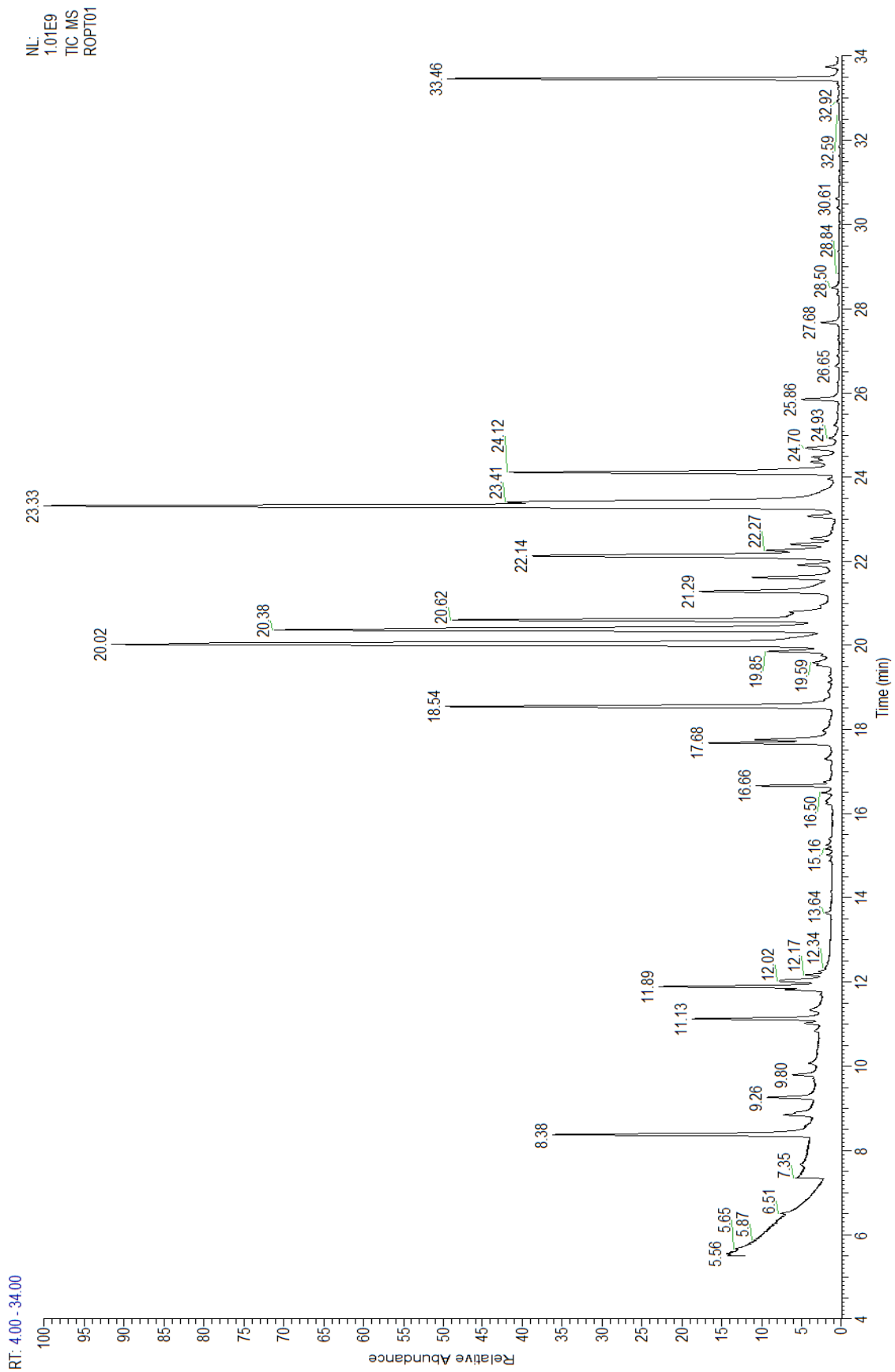
Príloha 3 Chromatogram sušeného rymovníku (*Plectranthus amboinicus*)

RT: 4.00 - 36.00

NL
1.37E9
TIC MS
sus-
echinacea0
1

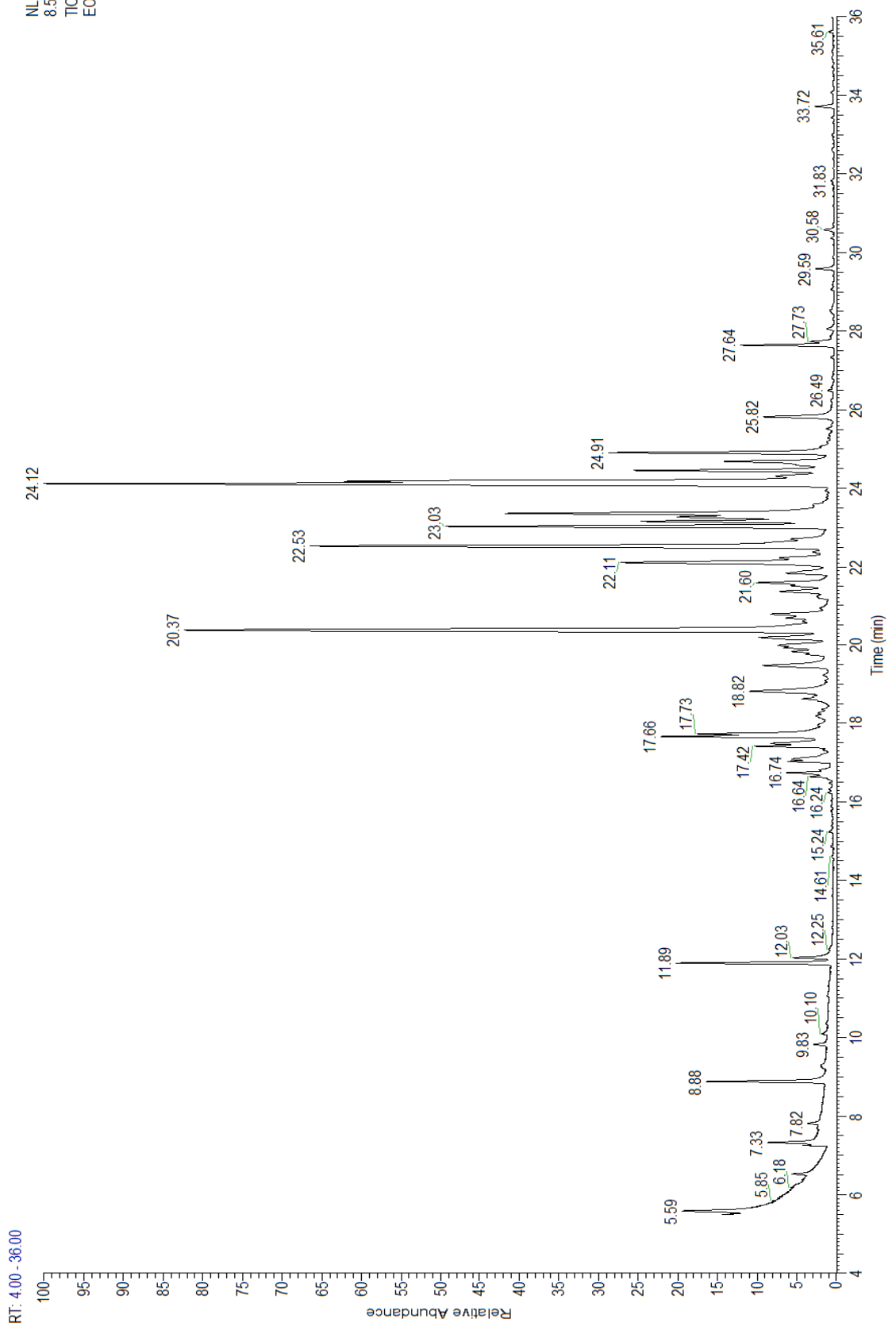


Příloha 4 Chromatogram sušené echinacey (*Echinacea purpurea*)



Příloha 5 Chromatogram extraktu rýmovníku (*Plectranthus amboinicus*)

NL:
8.55E8
TIC MS
EOPT1



Příloha 6 Chromatogram extraktu echinacey (*Echinacea purpurea*)