

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra botaniky a fyziologie rostlin (FAPPZ)



**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

Invazní druhy rostlin a jejich potenciální využití

Bakalářská práce

Autor práce: Jana Petránková

Zahradnictví

Vedoucí práce: PharmDr. Jan Kubeš, Ph.D.

© 2023 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Invazní druhy rostlin a jejich potenciální využití" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne datum odevzdání

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala především panu PharmDr. Janu Kubešovi, Ph.D. za obrovskou podporu, trpělivost a skvělé vedení. Dále všem přátelům a kolegům v zaměstnání za jejich nesmírnou důvěru, psychickou podporu a motivaci k dokončení práce.

Invazní druhy rostlin a jejich potenciální využití

Souhrn

Bakalářská práce byla zaměřena na získání základních informací o invazních rostlinách a dále na stručnou charakteristikou vybraných invazních rostlin, jimiž byl *Echinops sphaerocephalus* L. (bělotrn kulatohlavý), *Impatiens glandulifera* Royle (netýkavka žláznatá) a *Reynoutria japonica* Houtt. (křídlatka japonská). Kromě základního popsání rostlin šlo především o vyhledání informací z různých studií a odborných článků se zaměřením na obsahové látky ve zvolených rostlinách. Ty byly zhodnoceny pro jejich potenciální využití v rámci těchto invazních rostlin či jejich extraktů.

U rostlin byl sledován například jejich pesticidní účinek v zahradnictví, kde by mohla najít uplatnění právě netýkavka žláznatá, vzhledem k její účinnosti proti hmyzím škůdcům. Pro farmaceutické účely by mohl být využitelný bělotrn kulatohlavý obsahující thiofeny s protinádorovými účinky či flavonoidy s antibakteriálními účinky. Rovněž u *I. glandulifera* bylo popsáno, že vytvářela terpenoidy, které jsou známé pro své protizánětlivé a analgetické působení. Mezi další možnosti aplikace lze zařadit využití pro chemické účely či v energetice, kdy *R. japonica* by mohla najít uplatnění jako zdroj ekologického paliva či *E. sphaerocephalus* jako alternativní olejnatá rostlina.

Pozornost byla také zaměřena na jednotlivé skupiny rostlinných metabolitů z hlediska možnosti jejich účinku a základní testy, kterými lze určit jejich přítomnost v rostlinách. V experimentální části byly připraveny vodné a methanolové extrakty z různých částí zvolených invazních rostlin. Důkazovými reakcemi pak bylo ověřeno, jestli se v daných druzích nacházejí skupiny látek, které mohou mít předpokládané účinky.

Klíčová slova: Invazní rostliny, *Echinops sphaerocephalus*, *Impatiens glandulifera*, *Reynoutria*, obsahové látky

Invasive plant species and their potential use

Summary

The bachelor's thesis was focused on obtaining basic information about invasive plants and on a brief description of selected invasive plants, which were *Echinops sphaerocephalus* L. (glandular globe-thistle), *Impatiens glandulifera* Royle (Himalayan balsam) and *Reynoutria japonica* Houtt. (Japanese knotweed). In addition to the basic description of the plants, it was mainly about finding information from various studies and articles focused on the compounds in the selected plants. They were evaluated for their potential use within these invasive plants or their extracts.

Plants were monitored for their pesticidal effect in horticulture, where the Himalayan balsam could find application, due to its effectiveness against insect pests. For pharmaceutical purposes, glandular globe-thistle containing thiophenes with antitumor effects or flavonoids with antibacterial effects could be used. *I. glandulifera* also contains terpenoids, which are known for their anti-inflammatory and analgesic effects. Other applications included use for chemical purposes or in power industry, where *R. japonica* could find application as a source of ecological fuel or *E. sphaerocephalus* as an alternative oil plant.

Attention was also focused on individual groups of plant metabolites in terms of the possibility of their effect and basic tests that can be used to determine their presence in plants. In the experimental part, aqueous and methanol extracts were prepared from different parts of selected invasive plants. Evidence reactions were then used to verify whether there are groups of substances in the given species that can have the expected effects.

Keywords: Invasive plants, *Echinops sphaerocephalus*, *Impatiens glandulifera*, *Reynoutria*, plant metabolites

Obsah

1 Úvod.....	8
2 Cíl práce	9
3 Literární rešerše	10
3.1 Problematika invazních rostlin.....	10
3.2 Vybrané invazní druhy	11
3.2.1 <i>Echinops sphaerocephalus</i> L. – bělotrn kulatohlavý.....	11
3.2.2 <i>Impatiens glandulifera</i> Royle – netýkavka žlaznatá	14
3.2.3 <i>Reynoutria japonica</i> Houtt. – křídlatka japonská	16
3.3 Obsahové látky	18
3.3.1 Primární metabolity	18
Lipidy	19
Peptidy a proteiny	19
Sacharidy	19
3.3.2 Sekundární metabolity	20
Alkaloidy	20
Glykosidy	21
Antrachinony	21
Fenoly	22
Flavonoidy	22
Kardiotonické glykosidy	23
Kumariny	24
Saponiny	24
Třísloviny (taniny)	25
Terpeny	26
Fytosteroly	26
4 Experimentální část.....	28
4.1 Sběr rostlinného materiálu.....	28
4.2 Sušení a skladování	28
4.3 Příprava extraktů.....	28
4.4 Kvalitativní analýza extraktů	29
5 Výsledky	31
6 Diskuze	34
6.1 <i>Echinops sphaerocephalus</i>	34
6.2 <i>Impatiens glandulifera</i>	35

6.3 Reynoutria japonica.....	36
7 Závěr	38
8 Literatura.....	39
9 Seznam zkratek	45

1 Úvod

Tato bakalářská práce se zaměřuje na invazní rostliny, což jsou druhy, které se přirozeně či činností člověka rozšířily do nových oblastí, kde nejsou původní a začaly se zde rychle šířit. Tyto rostliny se vyznačují nižší náročností na prostředí. Díky této vlastnosti jsou schopny nekontrolovatelného rozšiřování ve volné přírodě, kde dokáží konkurovat původním druhům, které mohou vytlačovat z biotopů. Tím mohou mít invazní rostliny negativní dopad na místní biodiverzitu a ekosystémy.

I přes to, že jsou invazní rostliny považovány za jednu z největších hrozeb, mohly by najít uplatnění v různých odvětvích. Některé rostliny mohou obsahovat cenné látky, které by mohly mít využití v lékařství, potravinářském průmyslu či v kosmetice v místech zasažených jejich rozšířením. Mezi tyto rostliny patří například *Echinops sphaerocephalus* L., *Impatiens glandulifera* Royle a *Reynoutria japonica* Houtt.

Echinops sphaerocephalus je tradičně využíván v čínské medicíně pro léčbu zánětlivých onemocnění, bolesti a horeček. Rostliny obsahují především thiofeny, flavonoidy, fenolické sloučeniny a esenciální oleje. Některé látky jsou zkoumány pro svou biologickou aktivitu, například antibakteriální, protinádorovou či antivirovou (Bitew & Hymate 2019).

Impatiens glandulifera, rostlina původem z Himaláje, je tradičně využívána k léčbě různých zdravotních problémů jako jsou bolesti hlavy, záněty a horečky. Rostlina má velký potencial jako zdroj biologických pesticidů, protože obsahuje látky s insekticidními účinky (Szewczyk et al. 2016).

Reynoutria japonica je také původem z Asie a obsahuje velké množství sekundárních metabolitů, především antrachinony, třísloviny, flavonoidy, kumariny a další (Peng et al. 2013). Kořeny obsahují velké množství resveratrolu, který má antioxidační vlastnosti a emodinu, který je znám pro své farmakologické využití (Wink 2018).

Řada z těchto účinných látek poskytuje při použití příslušných činidel typické zbarvení. V rámci fytochemických studií je pak hodnocen jejich výskyt v rostlině, s tím že se lze poté zaměřit na extrakci jednotlivých skupin látek a testování jejich účinku. Na testování přítomnosti různých metabolitů ve vybraných druzích invazních rostlin a jejich popis je následně zaměřena experimentální část práce.

2 Cíl práce

Cílem bakalářské práce je stručná charakteristika invazních rostlin (*Echinops sphaerocephalus*, *Impatiens glandulifera*, *Reynoutria*), uplatňujících se také v zahradnické praxi jako okrasné, a vyhledání informací, které se týkají především přítomnosti biologicky aktivních látek.

Na základě rešerše budou dostupné informace porovnány a uceleny s cílem zhodnotit využití extraktů ze zvolených invazních rostlin například pro potencionální herbicidní/insekticidní účinek v zahradnictví nebo pro farmaceutické, chemické či další účely.

3 Literární rešerše

3.1 Problematika invazních rostlin

Biologickým invazím se od 80. let 20. století dostává na celém světě stále větší pozornosti a jsou oprávněně diskutovaným tématem současné ekologie (Pyšek et al. 2004).

Geografie vegetace se zabývá rozmístěním rostlinstva na planetě. Zkoumá jak rozmístění rostlin v určitých oblastech, tak rozmístění vegetace celé planety. Většinu oblastí můžeme dělit na původní a nepůvodní. Původní oblastí je ta, která vznikla působením přírodních faktorů. Nepůvodní oblasti vznikly druhotně přímým či nepřímým působením člověka. V nepůvodní oblasti se z velké části vyskytují druhy cizí květeny, tedy nepůvodní druhy rostlin (Hendrych 1984).

Mezi původní (nativní) druhy se řadí taxony, které se na určitém území vyvinuly, nebo sem doputovaly bez zásahu člověka. V České republice se jedná o druhy, které zde rostly od konce doby ledové do počátku neolitu (Pyšek & Sádlo 2004).

Mezi zavlečené (cizí) neboli nepůvodní druhy patří taxony, jež se na místo svého výskytu dostaly úmyslnou nebo i neúmyslnou činností člověka (Pyšek & Sádlo 2004), a dále i rostliny které sem dorazily bez lidské pomoci z oblasti, ve které nejsou původní (Pyšek et al. 2004).

Dle doby zavlečení rozdělujeme rostliny na archeofyty a neofyty. Archeofyty se do míst výskytu dostaly úmyslně či neúmyslně činností člověka od počátku neolitu do počátku novověku. Neofyty byly zavlečeny úmyslně či neúmyslně činností člověka v období od počátku novověku do současnosti.

Podle udržitelnosti v přírodě se dělí nepůvodní druhy na:

- druhy příležitostné neboli přechodně zavlečené – netvoří soběstačné populace. Mohou v dané oblasti občas vzkvétat a rozmnožovat se mimo kultivaci, ale na konec vymřou, jelikož netvoří samo nahrazující se populace. Jejich přetrvání závisí na činnosti člověka (Pyšek et al. 2004).
- neutralizované druhy – tvoří soběstačné populace po několik životních cyklů bez přímého zásahu lidí nebo navzdory zásahu člověka. Udržují se samy a nahrazují své populace po dobu minimálně 10 let (Pyšek et al. 2004).
- invazní druhy, které jsou podskupinou neutralizovaných druhů. Během mnoha životních cyklů tvoří samostatné populace, produkují reprodukční potomstvo, a to často ve velkém počtu, ve značných vzdálenostech od rodiče nebo místa vysazení, tedy mají potenciál šířit se na velké vzdálenosti. Tyto druhy se nekontrolovatelně rozšiřují a zabírají další stanoviště, ze kterých mohou vytlačovat ostatní druhy., díky čemuž mohou měnit celé ekosystémy (Pyšek et al. 2004; Pyšek & Sádlo 2004).

Nepůvodní flóra v České republice zahrnuje zhruba 1454 taxonů. 350 taxonů (24,1%) tvoří archeofyty, a 1104 (75,9 %) taxonů tvoří neofyty. Z celkového počtu taxonů je 985 klasifikováno jako příležitostné, 408 jako neutralizované, ale neinvazní a 61 jako invazní (Pyšek et al. 2004).

Ke zdravé a udržitelné přírodě na naší planetě je důležité uvědomění si potřeby ochrany přírody a rozmanitosti života. Navzdory snahám o ochranu a udržitelné využívání přírody a jejich zdrojů a přijetím úmluvy o biologické rozmanitosti, se trend v ochraně ekosystémů zhoršuje. Vliv člověka je nejviditelnější prostřednictvím modifikace a ničení stanovišť, degradace ekosystémů, znečištění, růstu populace a především dopravy a migrace vedoucí k zavlečení a šíření invazních druhů rostlin (IDR) (Peter et al. 2021).

Globálně jsou IDR považovány za jednu z největších hrozeb. Neexistuje téměř žádný ekosystém, který by nebyl ovlivněn člověkem. Existují tři různé způsoby eliminace IDR (mchanická, chemická a biologická) a s dobrým plánováním, správnými technikami a velkým úsilím je možné kontrolovat mnoho invazních druhů. Opatření však mají velmi omezenou úspěšnost vzhledem k vysokým nákladům. Množství biomasy kterou produkují rok od roku exponenciálně narůstá, s tím rostou i náklady spojené s jejich odstraňováním a likvidací. Nachází se zde možnost využití IDR v různých odvětvích. Lze z nich vyrábět různé produkty, krmiva pro zvířata či léčivé přípravky, lze je využít jako surovinu na palivové dříví, biouhel, bioplyn a jiné (Peter et al. 2021).

Parkhomenko et al. (2005) zmiňují možnosti využití IDR v kontextu s využitím jejich funkční hodnoty extrakcí určitých fytonutrientů. Například flavonoidy našly široké uplatnění ve farmaceutickém a potravinářském průmyslu jako pěnídla, antioxidanty, konzervační látky, přísady a příchutě. V zemědělství pak především jako alelochemikálie, případně jako další důležité průmyslové sloučeniny vzniklé biosyntézou z primárních metabolitů. Proto je velmi důležité tyto druhy studovat, zhodnotit jejich chemické složení a posoudit jejich potenciál.

3.2 Vybrané invazní druhy

3.2.1 *Echinops sphaerocephalus* L. – bělotrn kulatohlavý

Rod *Echinops* spp. se skládá ze 120-130 druhů a řadí se do čeledi *Asteraceae* (hvězdnicovité) rozšířené po celém světě kromě Antarktidy (Bitew & Hymete 2019). Rostliny rodu *Echinops* spp. se rozšířily z Etiopie. Dnes se vyskytují v Evropě, střední Asii a v tropické Africe.

Bělotrn kulatohlavý (Příloha č. 1a) je monokarpická vytrvalá či víceletá neklonální bylina. Rostliny mají tlustý kořen s protáhlou kořenovou hlavou. Rostlina dorůstá do výšky 0,6 až 2,2 metru a má přímou lodyhu. Ta je jednoduchá nebo rýhovaná, nahoře větvená, žebernatá a žláznatě chlupatá. Rostlina vytváří přizemní růžici řapíkatých listů dlouhých až 70 centimetrů. Na lodyze jsou jednoduché listy uspořádány střídavě. Jejich tvar je eliptický až kopinatý. Vzrostlé listy jsou peřenosečné, lodyžní listy jsou řapíkaté až přisedlé, eliptického až vejčitého tvaru. Rostlina kvete v období od července do srpna s bílou nebo modrou barvou květů. Typ květenství se nazývá strboul, nachází se na konci lodyh a je tvořený pravidelně sestavenými jednokvětými úbory. Plodem je suchá hnědá nažka, která klíčí po 1-2 týdnech. Rostliny se množí i vegetativně adventivními pupeny na kořenových hlavách (Slavík & Štěpánová 2004).

E. sphaerocephalus roste na rumištních stanovištích, v příkopech, u cest, ve vinicích, v lomech, na železničních či silničních náspech a jiných antropogenních stanovištích. Jedná se o

teplomilný a světlomilný druh. Vyhovují mu na živiny bohaté, mírně bazické, humózní a kypřené písčité či hlinité půdy. V ČR se jedná o zplanělý až zdomácnělý druh (neofyt). Vyskytuje se po celém území republiky kromě vyšších poloh (Příloha č. 1b). Pěstoval se jako okrasná a medonosná rostlina, občas se pěstuje také pro okrasu do suchých květinových vazeb, včelaři ji dodnes vysévají na neobhospodařovaná místa (Slavík & Štěpánová 2004). Mnoho zástupců tohoto rodu se především v Africe a Asii tradičně používá k léčbě různých onemocnění (Bitew & Hymete 2019).

V běžném tradičním léčitelství je často využívána k léčbě zánětů, bolesti a horeček. Dále k léčbě onemocnění souvisejících s dýchacími cestami včetně kašle a bolesti v krku. Některé druhy byly využívány jako afrodiziakum, pro usnadnění vypuzení zadržené placenty, či pro léčbu nádoru dělohy (Bitew & Hymete 2019). V čínské a indické lidové medicíně byly rostliny rodu *Echinops* spp. používány také jako stimulanty pro sekreci mléka, analgetika, či jako diuretika (pro zvýšení vylučování vody a elektrolytů v moči). Dále pro zklidnění bolesti žaludku a k omezení astmatických záchvatů. V etiopské bylinné medicíně se rostliny často používají k léčbě migrény, průjmu, bolesti srdce, či hemeroidů (Mohebat & Bidoky 2018).

Rostliny jsou známy pro svou antibakteriální aktivitu, proto byly využívány pro léčbu infekcí včetně trachomu (infekční onemocnění očí vyvolané bakterií *Chlamydia trichomatis* R.), či sepse (systémová zánětlivá odpověď vyvolaná infekcí), tyfu, kapavky a ulcerózní lymfangitidy (zánět lymfatických cest) (Bitew & Hymete 2019).

Tři druhy (*Echinops bannaticus* Rochel ex Schrad.; *Echinops cornigerum* DC. a *Echinops polyceras* Bioss.) byly údajně používané při léčbě ledvinových kamenů. Některé druhy mají také význam díky jejich nutriční hodnotě, v Iránu cibule *Echinops viscidulus* Mozaff. konzumují jako zeleninu. Kořeny *Echinops giganteus* A. Rich. a *Echinops spinosissimus* Turra jsou používané jako koření v Maroku a Kamerunu. *E. giganteus* je znám přítomností živin, především železa, fenolů, karotenoidů a vitamínů E a C (Bitew & Hymete 2019).

Pomocí různých spektroskopických či spektrometrických metod bylo v rostlině charakterizováno 151 sloučenin. Členové rodu *Echinops* obsahují především thiofeny, terpeny, flavonoidy a další fenolické sloučeniny, alkaloidy a lipidy. Hlavním zdrojem thiofenu jsou kořeny rostliny, zatímco většina flavonoidů a terpenů byla izolována v nadzemních částech. Rod je také znám svým obsahem esenciálních olejů, a to pravděpodobně ve všech částech. Uvádí se zhruba 53 z izolovaných a charakterizovaných sloučenin s různou biologickou aktivitou (Bitew & Hymete 2019).

Fytochemické studie s cílem podrobné analýzy chemických složek esenciálních olejů z kořenů *E. bannaticus* a *E. sphaerocephalus* měla identifikovat potencionální biologické a farmakologické aktivní sloučeniny. Z esenciální olejů z kořenu u *E. sphaerocephalus* a *E. bannaticus* bylo identifikováno 81 a 106 složek. Obecně ve složení dominovaly dvě třídy sloučenin. Jednak polyacetylenové sloučeniny, které obsahují v molekule trojnou vazbu a pro čeled' *Asteraceae* jsou typické (65 %), a poté seskviterpenoidy jako deriváty terpenů (30 %). Další významnou část olejů tvořily dva thiofeny (5-(3buten-1-ynyl) -2,2-bithienyl a α -terthienyl) (Bitew & Hymete 2019), u nichž byla prokázána různá biologická aktivita, například protinádorová, fototoxická, antifungální, insekticidní a antivirová aktivita. Thiofeny jsou společným rysem rodu *Echinops* spp., protože byly nalezeny u většiny jeho zástupců (Radulović & Denić 2013).

Thiofeny, hlavní bioaktivní složky rodu *Echinops*, jsou biosynteticky odvozeny z mastných kyselin a redukované síry. Většina thiofenových sloučenin tohoto rodu obsahují acetylenovou funkční skupinu a většina metabolitů ve své struktuře obsahuje dva thiofenové kruhy. U thiofenů izolovaných z různých rostlin rodu *Echinops* byla hodnocena především jejich biologická aktivita, kdy se projevil jejich insekticidní, antiproliferativní a protiplísňové účinky (Bitew & Hymete 2019).

Studie Mohebat & Bidoky (2018) se zabývala analýzou těkavých sloučenin z různých částí *Echinops ilicifolius* Bunge jimiž byly květy, listy a kořeny získané hydrodestilací a headspace mikroextrakcí na pevné fázi (HM-SPME). Vzorky byly analyzovány pomocí GC a GC/MS metody. Z hydrodestilovaného vzorku z květů byly identifikovány jako hlavní složky linalool (58,6 %), geraniol (17,4 %) n-dodekan (10,9 %) a nerol (5,4 %). V listech byla především kyselina n-hexadekanová (32 %), linalool (16 %) a geraniol (8,3 %). Při analýze HS-SPME z květů byly v extraktu zastoupeny především n-oktan (34 %) n-dekan (25 %) p-cymen (11 %), γ -terpinen (5,3 %) a 1,8-cineol (5,1 %) a v listech n-dekan (32 %), p-cymen (14 %), n-oktan (10 %), limonen (9 %), γ -terpinen (9 %), 1,8-cineol (8 %) a α -pinen (6 %).

Extrakty byly podrobeny také testu antibakteriální aktivity proti třem grampozitivním (G+) bakteriím (*Enterococcus faecalis* Andrewes & Horder 1906, Schleifer & Klipper-Bätz 1984; *Staphylococcus aureus* Rosenbach a *Staphylococcus epidermidis* Winslow & Winslow 1908, Evans 1916) a třem gramnegativním (G-) bakteriím (*Proteus mirabilis*, Hauser; *Escherichia coli*, Migula 1895. Castellani & Chalmers 1919, a *Pseudomonas aeruginosa*, Schröter 1872, Migula 1900). Extrakty květů, kořenů a listů *E. ilicifolius* měli významný účinek proti všem testovaným bakteriím. Nejsilnější reakce byla na *S. aureus*, *E. faecalis*, *P. mirabilis*, *E. coli* a *P. aeruginosa* (Mohebat & Bidoky 2018).

Dle studie Kupfer et al. (2008) by *E. sphaerocephalus* mohl být zajímavý jako potenciální olejnatá rostlina. Výlisek oleje je srovnatelný s jinými nenasycenými rostlinnými oleji (sójový olej, olej z pšeničných klíčků). Jodové číslo, viskozita, bod tání a tuhnutí ukazují na velký podíl nenasycených mastných kyselin. Podrobná analýza struktury mastných kyselin poukázala na dominantní zastoupení kyseliny linolové (až 83 %) dále kyselina palmitoolejová a trans mastné kyseliny, které byly nalezeny jen jako nekvantifikovatelné stopy. Při kultivaci roste *E. sphaerocephalus* bujně a semena lze sklízet kombajnem, přičemž však vznikají značné ztráty ve srovnání s ručním sekáním. Výnosy se pohybují kolem 600-900 kg oleje na hektar. Vysoký obsah k. linoleové předurčuje olej z *E. sphaerocephalus* pro speciální kosmetické účely a jako zdroj volné kyseliny linolové. Díky jeho pozoruhodně vysokému obsahu tokoferolu by mohl představovat zdroj vitamínu E. Ze zbylého materiálu po vylisování oleje by se dal extrahovat chinolin který je díky své velmi hořké chuti a nízké toxicitě zkoušen jako repelent proti hlodavcům.

Plody některých dalších druhů např. *Echinops echinatus* Roxb. obsahují chinolinový alkaloid echinorin a jeho degradační produkty echinopsin a echinopsidin. Koncentrace těchto alkaloidů bývá přibližně 2 % v sušině. Alkaloidy v experimentech na zvířatech vykazovaly nízkou akutní a chronickou toxicitu (Kupfer et al. 2008).

Alkaloidy echinorin, echinopsidin (používaný jako antidepresivum zvyšující hladinu serotoninu) a echinopsin (používaný při svalové atrofii) byly dle studie Kupfer et al. (2008) syntetizovány modifikací syntetického postupu za vzniku echinopsinu a echinorinfosfátu, které byly přečištěny sloupcovou chromatografií na silikagelu. Echinorin byl izolován jako

chloristan rekrystalizací z chloroformu. Chloristan echinorinu se dále zpracoval s amoniakem, čímž vznikl echinopsidyn, který se vysrážel jako chloristan s 80% výtěžkem.

3.2.2 *Impatiens glandulifera* Royle – netýkavka žlaznatá

Rod *Impatiens* spp. patří do čeledi *Balsaminaceae* (netýkavkovité). Tento rod zahrnuje přibližně 850 druhů vyskytujících se především v tropickém a subtropickém klimatu – v Africe, Indii, Jižní Číně a jihozápadní části Asie (Szewczyk et al. 2016).

Původní domovinou netýkavky žlaznaté jsou Himaláje (Szewczyk et al. 2016). V Evropě byla poprvé představena jako okrasná rostlina v roce 1839. Nyní je v Evropě jednou ze 100 nejhorších invazních rostlin. Rostlina se šíří především podél vodních toků a na vlhkých stanovištích. Velmi rychle se rozšiřuje díky své schopnosti vystřelovat svá semena do dálky (Cimmino et al. 2016). U nás se jedná o zplanělý, často již zdomácnělý druh. Tvoří mohutné porosty na březích řek, přechodně se vyskytuje na rumišťích, v říčních přístavech. Vyžaduje vlhká stanoviště, na živiny bohaté, slabě kyselé až slabě bazické půdy a polostín. Nemá ráda chladné oblasti (Zelený & Slavík. 1998).

Doložitelný rok pěstování této okrasné a nektarodárné rostliny v České republice je z roku 1846 v zámeckém parku v Červeném Hrádku. Doložitelný rok zplanění se uvádí rok 1896. V současné době se netýkavka žlaznatá nachází na mnoha místech České republiky, především na území s většími vodními toky (Zelený & Slavík 1998; Příloha č. 2a).

I. glandulifera (Příloha č. 2b) se řadí mezi jednoleté lysé byliny. Jedná se o vlhkomilnou rostlinu dorůstající do výšky až tří metrů. Rostliny disponují dutou lodyhou hnědé barvy, která může být ve spodní části až pět centimetrů široká a zbarvená do červené až purpurové barvy. Listy jsou většinou kopinaté, až 30 cm dlouhé a jejich šířka může být i 8 cm. Na okrajích jsou listy zubatě pilovité, při bázi listu žláznaté. Netýkavka kvete od června do října třemi až čtyřmi centimetry dlouhými a cca dva centimetry širokými květy uspořádanými v hroznu. Korunní lístky jsou růžové, směrem ke květní stopce přecházejí do purpurové či červenofialové barvy. Rostliny sladce voní, její semena, v počtu pěti až 10 kusů, jsou uložena v až 30 cm dlouhých tobolkách. Při dozrání tobolky pukají a vystřelují svá semena do vzdálenosti až čtyř metrů (Zelený & Slavík 1998).

Rostlina byla pěstována jako okrasná. Její kultivary jsou často pěstované i dnes. Jako jedna z nejvyšších letniček se do menších zahrádek hodí i jako solitera která dlouho kvete a snáší i stinná stanoviště. Byla pěstována i jako medonosná rostlina (Zelený & Slavík 1998).

U druhů rodu *Impatiens* spp. bylo izolováno mnoho skupin účinných látek, fytochemické studie odhalily přítomnost chinonů, flavonoidů, fenolových kyselin, leukokyanidinů, antokyanů, tříslovin, kumarinů, saponinů, fytosteroidů, peptidů, alkaloidů a silic (Szewczyk et al. 2016).

Fytochemická studie Szewczyk et al. (2016), která se zabývala izolací skupin účinných látek z rodu *Impatiens* spp., detekovala 16 % polyfenolů u *I. glandulifera*. Vysoký byl i obsah flavonoidů a fenolových kyselin (5 %). Fytochemická analýza odhalila přítomnost kvercetin 3-*O*-galaktosidu (hyperosid), kvercetin-3-*O*-glukosidu (isoquercitrin) a kaempferol-3-*O*-glykosidu (astragalín), další sloučeniny byly vyhodnoceny jako fenolové kyseliny, a však jejich další identifikace nebyla možná.

Při testu antioxidační a antimikrobiální aktivity byl metanolový extrakt z *I. glandulifera* neaktivnějším vzorkem zasahujícím do tvorby železnatých komplexů, což naznačuje jejich chelatační aktivitu a schopnost zachytávat železnaté ionty (Szewczyk et al. 2016).

Studie (Szewczyk et al. 2016) zkoumala složení silic *I. glandulifera* a *Impatiens parviflora* DC. Parní destilací byly z rostlin a kořenů získány silice s výtěžkem zhruba 0,20 % z hmotnosti sušiny. Dále bylo chemické složení analyzováno metodou GC-MC, která u rostlinného oleje *I. glandulifera* detekovala 76 sloučenin, což představuje 82,5 % celkového éterického oleje. V oleji dominovaly oksyložené monoterpeny (28,2 %) jejichž hlavní složkou byl α -terpinylacetát (16,6 %). Nejcharakterističtějšími složkami byly ftalidy (Z)-ligustilid (11 %) a (Z)-butylidenftalid (8,5 %). U silice získané z kořenů bylo složení zcela odlišné. Obsahovala tři hlavní skupiny a to alifatické, monoterpenové a seskviterpenové kyslíkaté sloučeniny. Každá z nich činila 20 %. Hlavní složkou byl seskviterpenický keton vulgaron B (14,9 %), hlavními monoterpeny byly linalool (53 %), borneol (4,9 %) a bornylacetát (4,3). Linalool je přirozeně se vyskytující monoterpen. Tato sloučenina má mnoho prokázaných aktivit a je přítomna v několika lécích používaných v tradiční medicíně pro sedativní účely.

Získané extrakty byly testovány *in vitro* na antibakteriální a antimykotickou aktivitu pomocí mikrodiluční metody bujónu. Test byl prováděn proti G+ bakteriím (*S. aureus*; *S. epidermidis*; *Streptococcus pyogenes* Rosenbach; *Streptococcus pneumoniae* Klein 1884, Chester 1901; *Streptococcus mutans* Clarke; *Bacillus subtilis* Ehrenberg 1835, Cohn 1872; *Bacillus cereus* Frankland & Frankland, a *Micrococcus luteus* Schroeter 1872, Cohn 1872), G- bakteriím (*E. Coli*; *Klebsiella pneumoniae* Schroeter 1886, Trevisan 1887; *P. Mirabilis*; *Bordetella bronchiseptica* Ferry 1912, Moreno-López 1952; *Salmonella typhimurium* Ex Kaufmann & Edwards a *P. aeruginosa*) a proti dvěma kvasinkám (*Candida albicans* C.-P. Robin, Berkhoua, *Candida parapsilosis* Langeron & Talice). Dle výsledků nebyla prokázána aktivita extraktů z nadzemních částí proti kmenům G- bakterií. Antibakteriální aktivita byla odhalena proti některým druhům G+ bakterií a houbám patřících k rodu *Candida*. *I. balsamina* L. a *I. glandulifera* měly nejširší spektrum antibakteriální aktivity, které inhibovaly růst některých referenčních kmenů bakterií (Szewczyk et al. 2016).

Studie (Cimmino et al. 2016) se zabývala hledáním potenciálu *I. glandulifera* pro výrobu nového léku na rakovinu. U rodu netýkavka. se vyskytují naftochinony, glukosidové naftaleny, steroidy a saponiny. V roce 1974 byla hlášena první izolace bioaktivní sloučeniny z *I. glandulifera*, kdy byl izolován 2-methoxy-1,4-naftochinon (2MNQ) a lawsone (červenooranžové barvivo) ze sušených listů. 2MNQ by měl být účinný jako protirakovinová sloučenina proti buňkám hepatocelulárního karcinomu Z frakce stonku byly izolovány dva glanduliferiny A a B, přičemž glanduliferin A vykazoval cytostatické protirakovinné účinky.

V methanolovém extraktu z lyofilizovaných kořenů byla detekována pomocí HPLC dominantní, vysoce fluorescenční, ale velmi nestabilní látka. Její stabilita je velmi závislá na postupu sušení rostlinného materiálu a použití extrakčních postupů. Struktura látky byla stanovena jako 1,2,4-trihydroxynaftalen-1-O-glukosid (THNG). Tento metabolit byl zjištěn v menším množství i v nadzemních částech. V rostlině byly zjištěny i další látky s podobným ultrafialovým a fluorescenčním spektrem. Ve vzorku extrahovaném vodou se nenacházel žádný glykosid. Hlavní sloučeninou zde byl v tomto případě 2MNQ. Tato látka se v rostlině vyskytovala v nezanedbatelném množství, kdy v listu bylo naměřeno přes 1000 mg/kg (Moos et al. 2013).

Dle studie Pavela et al. (2009) byly prováděny testy insekticidních a repelentních účinků extraktu listů *I. parviflora*, *Impatiens noli-tangere* L. a *I. glandulifera* proti *Myzus persicae* Sulzer (mšice broskvoňová) což je důležitý hmyzí škůdce mnoha rostlin. Insekticidní a repelentní aktivitu vykazovaly všechny extrakty. Nejvyšší účinnost vykazovala *I. parviflora* a to 99,7 %, následována *I. noli-tangere* a *I. glandulifera*.

Vrchotová et al. (2011) ve své studii testovali vliv extraktů rostlin rodu *Impatiens* vyskytujících se ve střední Evropě (*I. noli-tangere*, *I. parviflora* a *I. glandulifera*) na inhibiční účinky proti klíčení semen *Sinapis alba* L. (hořčice bílá) a *Brassica napus* L. (řepka olejná). Výsledky prokázaly silnou fytoxicitu látek přítomných především ve vodných a methanolových extraktech. Ve srovnání s kontrolními vzorky většina semen nevyklíčila, délky kořenů byly nehmatalné a hypokotyly byly měřitelné pouze v testu s vodním extraktem u *I. parviflora*. Ze studie vyplývá, že nejvyšší inhibiční účinek vykazoval extrakt z *I. glandulifera*.

3.2.3 *Reynoutria japonica* Houtt. – křídlatka japonská

Křídlatka je rod z čeledi rdesnovité (*Polygonaceae*), původem z východní Asie, konkrétně z Japonska, Číny a Koreji. Nyní roste na rozsáhlých územích severovýchodních USA až po Kanadu, a v Evropě kam byla zavlečena z Japonska v 19. století (Wink 2018; Stefanowicz et al. 2021).

Křídlatka japonská (Příloha č. 3a) je vytrvalá dvoudomá bylina se 1,5 až dva metry vysokou přímou lodyhou, v horní části bohatě větvenou. Stonek je dutý a křehký. Čepel listů je vejčitá až široce vejčitá. Listy jsou 5-12 centimetrů dlouhé a 4-10 centimetrů široké, na vrcholu zúžené v dlouhou špičku. Na bázi jsou nejčastěji kolmo uťaté, nebo tupě klínovitě zúžené. Jsou tuhé s vyniklou žilnatinou. Květenstvím je lata mnohokvětých lichoklasů 1,5 až tři centimetry dlouhá. Kvete bílými květy. Plodem jsou trojhranné nažky, 3-4 milimetry dlouhé, lesklé s černým až černohnědým zbarvením (Hejný & Slavík 2003).

R. japonica se šíří především vegetativně podél toků a komunikací (Příloha č. 3b). Dává přednost kyselé půdě (Hejný & slavík 2003). Křídlatka japonská byla vysazována jako parková dekorativní rostlina poskytující velké množství rostlinné hmoty, dříve někdy používané jako krmivo pro dobytek a jako protierozní rostlina (Stefanowicz et al. 2021).

Často zplaňovala na březích vodních toků, a to především na místech narušených lidskou činností. Nyní se vyskytuje především na rumišťích, skládkách, na okrajích vlhkých křovin, podél komunikací apod. Na některých místech vytváří rozsáhlé porosty (Hejný & Slavík 2003).

Je známo, že křídlatka produkuje velké množství bioaktivních sekundárních metabolitů. Nejméně 67 chemických sloučenin bylo izolováno z kořenů *R. japonica*, a to především antrachinony, stilbeny, trísloviny, flavonoidy, kumariny, lignany, steroly, esenciální oleje a další látky (Peng et al. 2013).

V čínské lidové medicíně se široce využívá k léčbě hnisavé dermatitidy, kapavky, atletické nohy a hyperlipidémie (zvýšené hladiny tuků v krvi) (Nhiem et al. 2014). Dále pro léčbu zánětů, žloutenky, kožních popálenin, infekcí a rakoviny (Peng et al. 2013).

V Číně, Koreji, Tchaj-wanu a Japonsku je extrakt z kořenů používán jako přírodní projímadlo a příležitostně i jako potrava. Je koncentrovaným zdrojem emodinu což je derivát antrachinonu a používá se jako doplněk výživy k regulaci motility střev (mimovolní pohyblivost) (Wink 2018).

Terapeuticky se nadzemní část, sušený kořen a oddenek často používají jako analgetika, antipyretika, diuretika a antitusika. Může být použit také k léčbě bronchitidy, infekční hepatitidy, rakoviny, žlučových kamenů, hypertenze, aterosklerózy, mykotické trichomoniázy, bakteriální vaginitidy, hadího uštknutí a na alergická zánětlivá onemocnění (Wink 2015).

Metanolvý extrakt z kořenů se používá k udržení zdravé ústní dutiny v Koreji. Je prokázáno, že snižuje životaschopnost *S. mutans* a *Streptococcus sobrinus* ex Coykendall (Wink 2015).

Studie dle Stefanowicz et al. (2021) prokázala, že *R. japonica* je velice bohatá na fenoly. Oddenky a listy vykazují řadu farmakologických aktivit, například protizánětlivé, antioxidační, protirakovinné, antivirové, protiplísňové a antibakteriální účinky.

Křídlatka je také důležitým komerčním zdrojem resveratrolu (antioxidant jemuž se přisuzují antibakteriální účinky, které však nejsou prokázány), který byl nalezen především v kořenech rostliny. Jeho obsah je v mnohem vyšší koncentraci, než jaké jsou uváděny u červeného vína. Další zajímavou složkou je emodin, který je znám širokou škálou farmakologického využití, pro své antibakteriální, protizánětlivé, imunopresivní a protinádorové účinky. *R. japonica* by dle studie Wink (2018), mohla obsahovat v methanolicém extraktu asi 30 % emodinu.

Dle studie Shan et al. (2008) surový extrakt z kořenů byl aktivní vůči široké škále G+ i G- bakterií. Nejcitlivější z G+ byl *S. aureus*; *Listeria monocytogenes* Murray et al. 1926, Pirie 1940 a nejodolnější byl *B. cereus*. Z G- byla nejcitlivější *S. anatum* a *E. coli*. G+ bakterie byly na extrakt citlivější.

Kvantitativní analýza prokázala vysoké zastoupení stilbenů (hlavně piceid a resveratrol) a hydroxyanthrachinony (hlavně emodin a physcion). Jejich zastoupení tvořilo 24,62 a 43,9 % (Shan et al. 2008).

Extrakty působily antioxidačně a protizánětlivě. Zvyšují hojení popálenin, díky schopnosti posílení imunitního systému, dále extrakty chránily žaludeční sliznici před škodlivými účinky stresových vředů a snižovaly žaludeční sekreci (Wink 2018).

Detailní chemická analýza extraktů kapalinovou chromatografií vedla k identifikaci řady fenolických sloučenin. (ferulová kyselina, kyselina p-kumarová, kvercetin, rutin). Značné množství rutinu (vitamín P, ovlivňuje pružnost cév) bylo lokalizováno v listech. V listech také bylo naměřeno značné množství epikatechinu, látky se silnými antioxidačními vlastnostmi, a kvercetin, což je jeden z nejsilnějších a nejrozšířenějších biologicky aktivních flavonoidů (Biljana et al. 2017).

Z hlediska výnosu fytomasy se křídlatka řadí mezi nejúčinnější plodiny ve střední Evropě. Nabízí se tedy její využití jako pevného paliva. Kára & Stražil (2010) prováděl studii zaměřenou na výnos nadzemní fytomasy, vliv doby sklizně na obsah vody a porovnával emisní parametry biopaliv. Průměrné výnosy *R. japonica* dosahovali cca 9 t/ha sušiny fytomasy. V případě výnosů z oddenků a kořenů do hloubky 25 cm by se mohlo jednat o 14 t/ha. Při jarní sklizni vznikly 42 % ztráty fytomasy během zimního období způsobené opadem a lámáním listů a výhonků. Vlhkost sklizeného materiálu byla na podzim 68 % a na jaře

pouze 24 %. Rostliny sklizené v jarním období (únor, březen) obsahovaly snížený obsah dusíku, fosforu, draslíku, vápníku a hořčíku ve fytomase, který zvýšil její kvalitu jako paliva v technickém i emisním aspektu. Suchá fytomasa křídlatky dosahuje výhřevnosti 18,4 MJ/kg s nízkým obsahem popelovin (3-5 %). V rostlinách křídlatky nedošlo k dosažení maximálních přípustných hodnot sledovaných těžkých kovů. Ve formě paliva jsou křídlatky pro podobné výhřevné vlastnosti srovnatelné se suchou dřevěnou štěpkou a po úpravě i s dřevěnými briketami nebo peletami.

3.3 Obsahové látky

Fytochemikálie jsou chemické sloučeniny, které se přirozeně vyskytují v rostlinné říši. Vznikají v rostlinách díky fotosyntéze, dýchání rostlin, jejich stavbě růstu, vývoji a reprodukci (Patel & Patel 2016).

Existuje přibližně 200 000 až 250 000 známých kvetoucích druhů rostlin, ale pouze malé procento druhů bylo podrobně chemicky zkoumáno. Při současném hledání nových léků, stojí výzkumníci před problémem systematického zkoumání tisíců dosud neprozkoumaných druhů. Člověk však dříve nepotřeboval moderní metody, aby si shromáždil léčivé účinky rostlin, které sbíral. Lidová medicína se lišila podle dostupných rostlin v konkrétní klimatické oblasti. Sbírkby bylinných léků byly sestavovány po staletí metodou pokusů a omylů pomocí pacienta. Tyto informace by mohly pomoci badatelům využít některé užitečné léčivé rostlin. Znalost lidové medicíny v domorodých oblastech velice rychle upadá v důsledku měnícího se způsobu života lidí, proto etnobotanici v současné době svádějí bitvu s časem o nahrávání informací od domorodých léčitelů, než informace odejdou spolu s nimi (Evans & Trease 2009).

Použití moderních analytických technik, jako je chromatografie, elektroforéza, izotopové techniky a enzymologie pomohlo k objasnění přesných strukturních vzorců a nejdůležitějších biosyntetických drah primárního a sekundárního metabolismu. Každá čeleď rostlin, rod a druh produkuje charakteristickou směs těchto látek a někdy mohou být použity jako taxonomické znaky při klasifikaci rostlin. Primární metabolity mají obecně sdílené biologické účely u všech druhů (Kabera et al. 2014).

Rostlinná říše produkuje tisíce organických sloučenin s nízkou molekulovou hmotností. Na základě předpokládaných funkcí těchto sloučenin jsou klasifikovány do tří kategorií. Primární metabolity, které jsou přímo nezbytné pro růst rostlin; sekundární metabolity, které zprostředkovávají interakce rostlina-prostředí; a hormony, které regulují procesy v organismu a metabolismu. Přesné hranice mezi nimi však nebyly nikdy přesně stanoveny (Erb & Kliebenstein 2020).

3.3.1 Primární metabolity

Primární metabolismus je soubor životně důležitých metabolických reakcí probíhajících ve všech organismech. Podílejí se na základních metabolických procesech rostlin, jako je fotosyntéza, dýchání, a syntéza bílkovin. Produktem primárního metabolismu jsou látky

nezbytně nutné pro život a růst organismu. Jde hlavně o proteiny, nukleové kyseliny, lipidy a zásobné látky.

Lipidy

Lipidy jsou důležité pro skladování energie a podílejí se na stavbě biologických membrán. Pro jejich detekci se používá test se Sudan III, což je barvivo rozpustné v tucích. Při přítomnosti lipidů dojde k navázání barviva a vznikne oranžovo-červené zbarvení (Stoyanova et al. 2019).

Peptidy a proteiny

Peptidy zahrnují širokou škálu sloučenin, které se liší molekulovou hmotností a vykazují výrazné fyzikální, chemické a farmakologické vlastnosti. Jsou tvořeny z aminokyselin vzájemně spojených peptidovou vazbou (Evans & Trease 2009).

Dělí se na jednoduché peptidy, které jsou odvozené od jedné či dvou molekul aminokyselinových složek, oligopeptidy obsahující 2 až 10 aminokyselinových složek a polypeptidy jež jsou sloučeniny s více než 10 aminokyselinovými složkami. Vyšší peptidy mají mnoho aminokyselinových jednotek. Tvoří, jednoduché proteiny (albuminy, globuliny, prolaminy atd.), nebo složitější, konjugované proteiny, ve kterých jsou součástí molekuly další seskupení (např sacharid v mukoproteinech) (Evans & Trease 2009).

Proteiny se podílejí na buněčných funkcích jako je enzymatická katalýza a strukturální podpora. Biuretový test je běžně používaný pro detekci přítomnosti proteinů v rostlinných extraktech. Při tomto testu se extrakt nechá reagovat s roztokem síranu měďnatého a hydroxidu sodného, a pokud jsou přítomny proteiny, vznikne fialové zbarvení (Janairo et al. 2011).

Pro detekci proteinů v roztocích se také používá xantoproteinový test Jeho principem je reakce proteinů s kyselinou dusičnou za vzniku žlutého nebo oranžového zbarvení. Test je pojmenován podle vlastností proteinů měnit barvu na žlutou nebo oranžovou při této reakci (Shetty et al. 2021).

Sacharidy

Sacharidy se skládají se z uhlíku, vodíku a kyslíku, přičemž poslední dva prvky jsou obvykle přítomny ve stejném poměru jako ve vodě. Patří mezi první produkty, které vznikají jako výsledek fotosyntézy. Tvoří velkou část rostlinné biomasy; polysacharidy jako je celulóza, jsou zodpovědné za pevnou buněčnou strukturu a jako škrob za poskytování důležité potravinové rezervy. Zvláštní farmakognostický význam má skutečnost, že cukry se spojují s celou řadou dalších sloučenin za vzniku glykosidů (Evans & Trease 2009).

Dalšími reakcemi z nich v rostlině vzniká řada primárních látek, proteinů, tuků a sekundárních metabolitů (Spilková et al. 2016).

Sacharidy lze klasifikovat podle počtu jednotek na:

- Monosacharidy neboli jednoduché cukry, ty se dělí do skupiny aldehydů nebo ketonů. Běžně se vyskytují jako pentózy (ribóza, rhamnóza), či hexózy (fruktóza, glukóza, galaktóza) (Evans & Trease 2009).

- Oligosacharidy, které obsahují od dvou do deseti sacharidových jednotek. Mezi nejběžnější patří disacharidy a trisacharidy. Mezi oligosacharidy patří maltóza, sacharóza nebo laktóza (Evans & Trease 2009).
- Polysacharidy, jako vysokomolekulární polykondenzáty, vytvořené z velkého množství zbytků monosacharidů glykosidicky vázaných. Polysacharidy jsou ve vodě nerozpustné nebo koloidně rozpustné. Často bývají molekuly polysacharidů tvořeny pouze jedním monosacharidem a to D-glukózou (škrob, glykogen, celulóza), nebo D-fruktózou (inulin) (Spilková et al. 2016).

K detekci přítomnosti redukujících cukrů (glukóza, fruktóza a laktóza) ve vzorku je používán Fehlingův test. Test zahrnuje smíchání dvou Fehlingových roztoků. Fehling A je roztok síranu měďnatého (modrá skalice), zatímco Fehling B je roztok hydroxidu sodného a vinanu sodnodraselného (Seignettovou sůl). Jsou-li ve vzorku přítomny redukující cukry, redukuje ionty mědi ve Fehling A za vzniku cihlově červené sraženiny oxidu měďnatého, která se usadí na dně. Test dokazuje přítomnost volné hydroxylové skupiny na prvním uhlíkovém atomu (McMurry 2015).

Další analýzou je Molischův test. Pokud jsou ve vzorku přítomny sacharidy, kyselé prostředí způsobí jejich dehydrataci a tvorbu derivátů furfuralu nebo hydroxymethylfurfuralu. A-naftol pak reaguje s těmito deriváty za vzniku fialové barvy na mezifázi (Pandey & Tripathi 2014).

3.3.2 Sekundární metabolity

Sekundární metabolity jsou organické sloučeniny vytvářené rostlinami, které nejsou nezbytné pro běžné metabolické procesy, ale hrají důležitou roli v interakcích rostlin s okolním prostředím a v jejich obraně proti stresovým podmínkám. Tyto sloučeniny se vyskytují v různých částech rostlin. Jejich klasifikace je založena na chemické struktuře, jejich rozpustnosti v různých rozpouštědlech nebo podle jejich způsobu syntézy. Mezi hlavní skupiny sekundárních metabolitů extrahovaných rostlinami se řadí alkaloidy, fenoly a terpeny. Další skupiny jako například glykosidy, třísloviny a saponiny jsou jejich součástí podle své specifické struktury (Kabera et al. 2014).

Alkaloidy

Alkaloidy představují skupinu sekundárních metabolitů obsahujících jeden nebo více atomů dusíku, hranice mezi alkaloidy a dalšími přírodními sloučeninami obsahujícími dusík není vždy jasná. Mezi alkaloidy patří také některé příbuzné sloučeniny s neutrálními a slabě kyselými vlastnostmi. Kromě vodíku, uhlíku a dusíku může tato skupina obsahovat také kyslík, síru a vzácně i chlor, brom a fosfor (Kabera et al. 2014).

Alkaloidy jsou produkovány širokou škálou organismů. Většinou jsou produkovány rostlinami, vzácně se vyskytují i u živočichů (obojživelníků) a hub (Woolley 2001). Dnes je známo přes 10 000 alkaloidů. Prvním objeveným alkaloidem byl narkotin izolovaný z opia v roce 1803 (Patel & Patel 2016).

Díky struktuře odvozené od některých aminokyselin mají silné biologické účinky, některé mají i účinky psychoaktivní. Většina z nich je toxická pro jiné organismy a lze je extrahovat acidobazickou cestou (Kabera et al. 2014). Některé jsou návykové, z nichž nejznámější je například kokain. Díky svým účinkům je skupina alkaloidů a jejich derivátů využívána rovněž v lékařství, jako v případě morfinu (Woolley 2001).

V rostlinách se alkaloidy vyskytují jako soli karboxylových kyselin v buněčné šťávě. Vznikají při přeměně aminokyselin, které poskytují dusík v heterocyklické formě, a tvoří tak základní část alkaloidu. Čisté alkaloidy jsou většinou pevné, krystalické a opticky aktivní látky, většinou špatně rozpustné ve vodě, ale dobře rozpustné ve slabě polárních a nepolárních organických rozpouštědlech. Soli alkaloidů jsou naopak lépe rozpustné ve vodě (Evans & Trease 2009).

Alkaloidy obsahují především rostliny z čeledi makovité (*Papaveraceae*): mák setý (morfin), vlašovičník větší (chelidonin); lilkovité (*Solanaceae*): blín černý (atropin), durman obecný (atropin, skopolamin), pryskyřníkovité (*Ranunculaceae*) a ocúnovité (*Colchicaceae*).

Pro důkaz alkaloidů se používá Hagerův test Tento test je založen na reakci alkaloidů s pikrátem draselným a kyselinou chlorovodíkovou. Pokud jsou v extraktu přítomny alkaloidy, dojde k reakci a vytvoří se charakteristický žlutý až oranžový sediment (Bovy 2004).

Další důkazovou reakcí je test s Mayerovým činidlem, které se připravuje rozpuštěním směsi chloridu rtuťnatého a jodidu draselného ve vodě. Po přidání Mayerova činidla reakcí alkaloidů vzniká bílý až nažloutlý sediment (Al-Daihan et al. 2013).

Známa je také Dragendorffova reakce za použití Dragendorffova činidla, jenž se připravuje z dusičnanu bismutitého, kyseliny vinné a jodidu draselného. Toto činidlo detekuje přítomnost alkaloidů oranžovou až oranžovočervenou sraženinou (Pandey & Tripathi 2014).

Glykosidy

Glykosidy jsou charakteristické přítomností cukerné a necukerné složky (aglykonu). Mnoho rostlin uchovává tyto složky ve formě neaktivních glykosidů, které mohou být aktivovány enzymatickou hydrolýzou. Proto lze většinu glykosidů klasifikovat jako proléčiva, protože zůstávají neaktivní, dokud nejsou hydrolyzovány v tlustém střevě, což vede k uvolnění aglykonu. U glykosidů byly prokázány jejich protirakovinné a sedativní účinky, dále některé napomáhají při vykašlávání a pro zlepšení zažívání (Jones 2013).

Antrachinony

Antrachinony jsou aromatické organické sloučeniny, které jsou důležitým členem chinonů. Běžně se vyskytují jako glykosidy v živých rostlinách. Hojně se vyskytují v čeledi v *Rutaceae*, *Fabaceae*, *Umbeliferae* a *compositae* (Evans & Trease 2009). Rozlišuje se několik skupin podle stupně oxidace jádra a podle toho, zda jádro molekul tvoří jedna či dvě jednotky. Jsou výhradně odvozeny od anthracenu poskytující různé oxidové deriváty, jako jsou anthrony a anthranoly (Patel & Patel 2016).

Kromě rostlin se také vyskytují v některých houbách a hmyzu, kde přispívají k zbarvení těchto organismů. Díky této vlastnosti se některé sloučeniny komerčně používají k výrobě

barviv. V prášku se antrachinon vyskytuje od šedé po žlutou a zelenou barvu (Patel & Patel 2016).

Antrachinony jsou částečně rozpustné ve vodě, lépe rozpustné jsou v alkoholu, nitrobenzenu a anilinu. Chemicky jsou poměrně stabilní. Vyskytují se u aloe, senny a rebarbory. V lékařství jsou známy laxativa (danron, emodin a aloe emodin a některé ze senných glykosidů), antimalarika (rufigallo) a antineoplastika (používána při léčbě rakoviny – mitoxantron, pixantron a antracykliny) (Patel & Patel 2016).

Bornträgerův test se obvykle používá pro detekci steroidů, ale lze ho také použít k detekci antrachinonů. Tento test spočívá v reakci vzorku s Bornträgerovým činidlem, který se skládá z fenolu a koncentrované kyseliny sírové. Při reakci s Bornträgerovým činidlem se antrachinony oxidují a vytvářejí charakteristickou purpurově červenou barvu. Tuto reakci lze detekovat pod UV světlem v organické vrstvě extraktu. Tento test se používá hlavně v chemii přírodních produktů, kde se antrachinony vyskytují v mnoha rostlinách a jsou často předmětem výzkumu (Patel & Patel 2016).

Fenoly

V přírodě jsou široce rozšířeny a lze je nalézt ve většině tříd přírodních sloučenin s aromatickými skupinami, od jednoduchých struktur s jedním aromatickým kruhem až po vysoce komplexní polymerní látky, jako jsou třísloviny a ligniny (Evans & Trease 2009).

Vyskytují se v různých částech rostlin. (kůra, kořeny, listy), jsou syntetizovány u druhů využívaných jako ovoce, zelenina, nápoje (čaj, kakao) a u dalších rostlin, které mají určité zdravotní přínosy (Kabera et al. 2014). Fenoly jsou důležité složky některých léčivých rostlin a v potravinářském průmyslu se používají jako barviva, příchutě a antioxidanty (Evans & Trease 2009).

Fenoly se vyznačují antioxidačními, protizánětlivými, antikarcinogenními a dalšími biologickými vlastnostmi a mohou chránit před oxidačním stresem a některými nemocemi. Jednoduché fenolické látky jsou baktericidní a antiseptické (Kabera et al. 2014).

Tyto látky podléhají velkému množství chemických, biologických, zemědělských a lékařských studií. Fenolové kyseliny se mohou vyskytovat v potravinářských rostlinách a jako estery nebo glykosidy konjugované s jinými přírodními sloučeninami jako jsou flavonoidy, alkoholy, hydroxymastné kyseliny, steroly a glykosidy (Kabera et al. 2014).

Fenolické látky se dají rozdělit do čtyř hlavních podskupin. Fenolické sloučeniny s jedním aromatickým kruhem (jednoduché fenoly), se dvěma aromatickými kruhy (benzochinony a xanthony (spojeny jedním atomem uhlíku), stilbeny (spojeny dvěma atomy uhlíku) a flavonoidy (spojeny třema atomy uhlíku), chinony a různé polymery. Dále je možné je dělit na flavonoidy a neflavonoidy (třísloviny) (Kabera et al. 2014).

Flavonoidy

Jsou největší skupinou přirozeně se vyskytujících fenolů. Vyskytují se jak ve volném stavu, tak jako glykosidy. Je známo více než 2000 těchto sloučenin, z nichž se téměř 500 vyskytuje ve volném stavu. Glykosidy jsou obecně rozpustné ve vodě a alkoholu, ale nerozpustné v organických rozpouštědlech, flavonoidy se rozpouštějí v alkalických látkách za vzniku žlutých roztoků, které se po přidání kyseliny odbarví. (Evens a Trease 2009). Tyto

metabolity ve 30. letech popsal Albert Szent-Gyorgyi, který za svůj objev získal Nobelovu cenu (Hodek et al. 2002).

Jedná se o ve vodě rozpustné pigmenty, které se nacházejí ve vakuolách rostlinných buněk. Vyskytují se v květech, listech a plodech rostlin. V rostlinách plní mnoho funkci, a představují širokou škálu látek s antioxidačními vlastnostmi a schopností působit na enzymy nebo buněčné receptory. Rostliny tyto látky vytvářejí především za účelem ochrany před nežádoucími vlivy. (Buer et al. 2007). Dále produkují červený, žlutý a modrý pigment květů k přilákání opylovačů. U vyšších rostlin se podílejí také na ochraně proti UV záření a symbiotické fixaci dusíku. Některé flavonoidy mají inhibiční aktivitu proti organismům, které způsobují onemocnění rostlin (*Fusarium oxysporum* Schlecht.) (Kabera et al. 2014).

Flavonoidy jsou díky svým vlastnostem častým předmětem výzkumu. Každý den je přijímáme z rostlinné stravy, mají velké využití i v léčbě. V lidském organismu byla prokázána jejich antibakteriální a antivirová aktivita. Mezi další jejich působení se uvádějí protizánětlivé, antialergické, analgetické, hepatoprotektivní, cytostatické, apoptické, či protiplísňové účinky. Podle studie Hodek et al. (2002) mohou některé flavonoidy působit i negativně. Mohou mít mutagenní nebo prooxidační účinky a mohou zasahovat do základních biochemických drah.

Mezi nejznámější flavonoidy patří například rutin vyskytující se v pohance, routě vonné, či ve slupkách jablek a rajčat. Mezi jeho pozitivní účinky patří především podpora pevnosti krevních kapilár a zvyšování pružnosti cév. Mezi další flavonoidy patří flavanol kvercetin vyskytující se v cibuli, brokolici a jablkách; flavanol katechin obsažený především v čaji, flavanon naringenin v grapefruitu; antokyanin kyanidin-glykosid vyskytující se v drobném ovoci a isoflavony daidzein, genistein a glycitein obsažené v sóji (Patel & Patel 2016). Kvercetin je znám díky schopnosti snižovat vysokou horečku, exemy a astma (Kabera et al. 2014).

Izolované flavonoidy z rostlin rodu *Echinops* byly většinou flavony nalezené v celé rostlině. Nejběžnějším flavonoidem u bělotrnů je apigenin, tento aglykon byl izolován především v květu ale i v celé rostlině (Bitew & Hymete 2019).

Jedním z testů pro ověření přítomnosti flavonoidů je reakce vzorku s octanem olovnatým. Při pozitivní reakci vzniká žlutá sraženina (Hossain et al. 2018).

Další variantou může být použití alkalického činidla. Reakcí vzniká intenzivní žluté zbarvení. Po následném kyseliny se žlutě zbarvený roztok stává bezbarvým (Pandey & Tripathi 2014).

Kardiotonické glykosidy

Kardiotonické glykosidy jsou glykosidy, jejichž aglykonem je steroid. Patří do skupiny přírodních jedů, které mají specifický toxický účinek na srdeční sval. Biologická účinnost kardiotonických glykosidů je výrazně ovlivněna stereochemickou strukturou. Kardio glykosidy mají schopnost zpomalit srdeční frekvenci a zvýšit sílu stahu srdeční svaloviny a podporují tak srdeční činnost. Dříve byli tyto látky používány jako jedy, které byly používány zejména k napouštění šípů určených k lovu (Heasley 2012).

Kardioaktivní glykosidy jsou typické například pro náprstník červený, hlaváček jarní či konvalinku vonnou.

Pro zjištění těchto metabolitů se používá Keller-Killaniho test, který je založen na schopnosti glykosidů reagovat s kyselinou sírovou, kde dochází k dehydrataci glykosidových vazeb. Při reakci vzniká červenofialový či hnědý kroužek na spojnici dvou kapalných vrstev (na mezifázi) (Patel & Patel 2016).

Kumariny

Tyto látky za svůj název vděčí „kumaru“ lidovému názvu fazolí tonka, z nich byl izolován samotný kumarin. Patří do skupiny sloučenin známých jako benzopyrony, z nichž se všechny skládají z benzenového kruhu spojeného s pyronem. Kumarin a ostatní členové kumarinů jsou benzo- α -pyrony, zatím co ostatní benzopyronové skupiny (flavonoidy) obsahují γ -pyronovou skupinu. Kumariny lze v přírodě nalézt také v kombinaci s cukry jako glykosidy (Patel & Patel 2016). Bylo izolováno asi 1 000 přírodních kumarinů (Evans & Trease 2009).

Jsou to sekundární metabolity vyšších rostlin, výjimečně se vyskytující i u mikroorganismů a hub. Syntetizují se hlavně v listech, plodech, kořenech a stoncích. Inhibují růst a sporulaci patogenů, mohou být prostředkem ke zpoždění klíčení (Silva & Nabavi 2020). Vyskytují se u čeledi *Apiaceae*, *Asteraceae*, *Fabiaceae*, *Moraceae*, *Rosaceae*, *Rubiaceae*, *Rutaceae* a *Solanaceae*.

Distribuce biologicky aktivních kumarinů v širokém spektru rostlin pravděpodobně koreluje s jejich schopností působit jako fytoalexiny, tedy vznikají jako reakce na traumatické poranění během procesu vadnutí. Působí také jako repelenty proti hmyzu a jiným suchozemským bezobratlým (Patel & Patel 2016).

V amoniakálním roztoku mají sloučeniny modrou, modrozelenou nebo fialovou fluorescenci, která se dlouho používala jako kvalitativní test pro určité pryskyřice, jako je asafoetida a galbanum. Strukturně složitější kumariny, jako jsou calnolidy a inofyly, získaly nedávnou pozornost jako silné inhibitory HIV-1-RT glykosidy (Evans & Trease 2009).

Kumarin, a především od něj odvozený warfarin se používá k ředění krve, má fungicidní a protinádorové účinky, zvyšuje průtok krve v žilách a snižuje propustnost kapilár. Při dlouhodobém užívání ve vysokých dávkách může být toxický (Niaz & Khan 2020).

Pro důkaz kumarinů se používá FeCl_3 test, který je založen na schopnosti kumarinů tvořit komplexy s železem (Fe^{3+}). Tyto komplexy mají charakteristickou modrou nebo fialovou barvu. Reakce se děje při přítomnosti kyseliny, protože kumariny jsou většinou kyselé povahy. (Patel & Patel 2016).

Další možností je fluorescenční test, při kterém modrozelená fluorescence indikuje přítomnost kumarinů (Patel & Patel 2016).

Saponiny

Rostlinné materiály obsahující saponiny se již dlouho používají v mnoha částech světa pro své detergentní vlastnosti, které jsou charakteristické svou vlastností produkovat pěnivý vodný roztok. Mají také hemolytické vlastnosti (ničit červené krvinky) a když jsou vstříknuty do krevního řečiště, jsou vysoce toxické. Mají silnou lokální dráždivost, například při práškování vyvolávají slzení, oční záněty a dráždí ke kašli (Man et al. 2010). Při perorálním podání jsou saponiny poměrně neškodné.

Saponiny mají vysokou molekulovou hmotnost a vysokou polaritu. Často se vyskytují jako komplexní směsi se složkami, které se od sebe jen nepatrně liší povahou přítomných cukrů nebo strukturou aglykonu. Jako glykosidy jsou hydrolyzovány kyselinami za vzniku aglykonu (sapogeninu) a různých cukrů a příbuzných uronových kyselin. Podle struktury aglykonu nebo sapogeninu se rozlišují dva druhy saponinů – steroidní (běžně tetracyklické triterpenoidy) a pentacyklické triterpenoidní typy. Oba tyto typy mají glykosidickou vazbu na C-3 a mají společný biogenetický původ prostřednictvím kyseliny mevalonové a isoprenoidních jednotek. (Evans & Trease 2009).

Saponiny jsou značně rozšířené v rostlinné říši, především u vyšších rostlin. Běžně se nacházejí v kořenech, hlízách, listech, květech nebo semenech (Man et al. 2010). Mohou se vyskytovat i u nižších mořských živočichů (hvězdice) (Kabera et al. 2014).

Přítomnost saponinů byla hlášena u více než 100 druhů rostlin, u nichž bylo zjištěno, že minimálně 150 druhů přírodních saponinů má významné protirakovinné vlastnosti (Man et al. 2010).

Kromě toho mají mnoho dalších fyzikálně-chemických (pěnivost, emulpace, solubilizace, sladkost a hořkost) a biologických (hemolytické, antimikrobiální a ichtyocidní) vlastnosti. (Kabera et al. 2014).

Ve farmaceutickém průmyslu jsou využity díky tvorbě komplexu s cholesterolem v gastrointestiálním traktu jsou anticholesterolemické. Dále působí protizánětlivě, antiparaziticky a antivirově. Je zde také jistá možnost protinádorového působení díky signalizaci a aktivaci receptorů zaměřené na mitochondrie (Patel & Patel 2016).

Ve fytoterapii se používají jako expektorancia, snižují povrchové napětí, zvyšují tvorbu žlázovitých výměšků a tím zkapalňují hlen a ulehčují odkašlávání, podporují vstřebávání látek z léků, působí močopudně či mírně projímavě a posilují imunitu. Působí proti únavě, kardioprotektivně a imunomodulačně, byly zjištěny i fungicidní účinky (Sparg et al. 2004).

Díky jejich toxicitě pro měkkyše, byly saponiny testovány také jako moluskocidy (Sparg et al. 2004).

Steroidní saponiny se nacházejí především u čeledí *Liliaceae*, *Solanaceae*, *Amaryllidaceae*, *Scrophulariaceae*, *Dioscoreaceae*, *Agavaceae*, *Fabaceae* a *Rhamnaceae*. Triterpenové saponiny jsou přítomny převážně v rámci čeledí *Araliaceae*, *Scrophulariaceae*, *Campanulaceae* a *Caryophyllaceae* (Man et al. 2010).

Třísloviny (taniny)

Termín „tanin“ byl poprvé použit v roce 1796 k označení látek, které se dokázaly sloučit s bílkovinami zvířecích kůží, zabránit jejich hnilobě a přeměnit je na useň. Tato látka se kvalitativně zjišťovala tříslovým testem a kvantitativně adsorpcí. Mnoho tříslovin jsou glykosidy (Evans & Trease 2009).

Jedná se o sekundární rostlinné metabolity patřící do skupiny polyfenolických látek, které srážejí proteiny. Skládají se z různorodé skupiny oligomerů a polymerů. Kromě sloučenin s bílkovinami mohou tvořit komplexy se škrobem, celulórou a minerály. Jsou syntetizovány cestou kyseliny šikimové (fenylpropanoidní cesta). S výjimkou některých

struktur s vysokou molekulovou hmotností jsou třísloviny rozpustné ve vodě (Kabera et al. 2014; Patel & Patel 2016).

Existují dvě biosynteticky odlišné podskupiny tříslovin: hydrolyzovatelné (estery kyseliny galové nebo ellagové a glukózy) a kondenzované, které jsou tvořeny z flavonoidních prekurzorů (např proanthokyanidiny) (Acamovic & Brooker 2005).

Tyto metabolity jsou typické svou hořkou chutí, kterou lze odstranit stáním na vzduchu, nebo dlouhým vařením. Svíravost tříslovin způsobuje suchý a svráštělý pocit v ústech po konzumaci červeného vína či silného čaje (Ashok & Upadhyaya 2012).

Nacházejí se téměř ve všech rostlinách a ve všech klimatických podmínkách po celém světě. Ve velké míře se nacházejí především v kůře stromů, plodech a listech. V kůře zastávají ochrannou funkci proti mikroorganismům, zvýšená tvorba tříslovin působí jako ochrana před infekcí, hmyzem a býložravci (Patel & Patel 2016).

Používají se při činění kůže, ale také při barvení, fotografování, rafinaci paliva a vína a také jako adstringent v lékařství. Právě v přírodní medicíně jsou třísloviny využívány k léčbě průjmů, onemocnění trávicího traktu, k zástavě krvácení nebo jako diuretika. Mají antioxidační, protizánětlivé a antiseptické účinky. Nachází se především u dvouděložných rostlin, například v šalvěji lékařské, mochně nátržníku, brusnici borůvce, či ve vlašském ořechu (Ashok & Upadhyaya 2012).

Pro důkaz přítomnosti taninů lze použít Braymerův test. Tato metoda se zakládá na reakci mezi tříslovinami a železitými ionty. Reakce způsobí změnu barvy roztoku z červenohnědé na zelenou až modrozelenou (Hossain et al. 2018).

Terpeny

Mezi terpeny patří steroidy, karotenoidy a další. Jsou to polymerní deriváty isoprenu syntetizované mevalonátovou dráhou. Jsou součástí esenciálních olejů a v rostlině nesou zodpovědnost za jejich aromatické vůně a chutě. Mnohé z nich mají farmakologickou aktivitu a používají se k léčbě nemocí jak u lidí, tak u zvířat. Některé sloučeniny jsou široce používány i v průmyslovém odvětví jako příchutě, vůně či koření. Navzdory jejich různorodé struktuře jsou všechny syntetizovány pouze několika cestami. V rostlině se podílejí především na komunikaci se sousedními rostlinami či opylovači (Kabera et al. 2014).

Základem pro jejich klasifikaci slouží počet jednotek začleněných do konkrétního terpenu. Diterpeny bývají nejhojnější u čeledi *Lamiaceae* a mají antimikrobiální a antivirové vlastnosti (Kabera et al. 2014). Seskviterpenoidy a triterpenoidy byly nalezeny u rodu *Echinops* spp. v celé rostlině, především však v nadzemních částech. Seskviterpenové laktony jsou nejrozšířenějšími sekundárními metabolity v čeledi *Asteraceae* (Bitew & Hymete 2019).

Pro důkaz terpenů a sterolů se používá Salkowskiho test. Pokud je vzorek pozitivní, dochází ke vzniku charakteristické fialové barvy na mezifázi v důsledku oxidace skupiny 3-hydroxy na steroidní molekule (Kumar et al. 2014).

Fytosteroly

Fytosteroly jsou důležitou součástí lipidů přítomných v rostlinných buňkách. Existuje více než 200 různých struktur sterolů. V zelenině se mohou fytosteroly vyskytovat ve své

volné formě, jako estery s mastnými kyselinami, kyselinou ferulovou nebo kyselinou p-kumarovou, či jako glykosidy a steryl glykosidy (Dos Santos et al. 2014).

Fytosteroly mají protizánětlivé, antibakteriální, antifungální, antiulcerativní a protinádorové účinky. Navíc jsou známy především svou schopností snižovat koncentraci cholesterolu v krvi (Dos Santos et al. 2014).

Pro zjištění sterolů se používá Liebermanův test, kde steroly reagují v kyselém prostředí za vzniku od fialové po modrou či zelenou barvu (Al-Daihan et al. 2013).

Další možností je výše zmíněný Salkowského test. Princip testu spočívá v reakci mezi steroly a acetylchloridem v kyselém prostředí. Při reakci se tvoří acetylované deriváty sterolů, které se následně oxidují, což vede ke vzniku charakteristické fialové barvy. Případně lze využít pro jejich detekci i Borntragerův test s využitím Borntragerova činidla.

4 Experimentální část

Experimentální část je zaměřena na popis postupu a metod, které byly použity při sběru rostlinného materiálu a identifikaci obsahových látek v extraktech. Cílem experimentu bylo určit různé skupiny látek, jako jsou flavonoidy, terpeny, alkaloidy a další. Tyto skupiny látek byly vybrány, protože jsou v rostlinných extraktech často přítomny a mají potenciální účinky.

4.1 Sběr rostlinného materiálu

Sběr rostlinného materiálu byl uskutečněn v letech 2018-2019. Místa sběru byla lokalizována náhodným nálezem, či na základě vlastního povědomí o výskytu na daném území. Všechny lokality se nacházely ve Středočeském kraji, nebo v Praze.

Běloutrn kulatohlavý byl sbírán nejdříve ve stádiu přizemní růžice, v poledních hodinách za slunného suchého dne, a to v okolí Žíželic v blízkosti silnice na suchém stanovišti (50°07'25.4"N 15°21'35.8"E) a později ve stádiu kvetení na stanovišti v Praze, které se nacházelo u frekventované silnice na prašném, suchém místě. Sběr proběhl v poledních hodinách, za suchého, slunného dne.

Sběr netýkavky žláznaté proběhl v době květu, rostliny se vyskytovaly na velmi vlhkém místě, konkrétně při bočním potoku vtékajícím do řeky Sázavy. (49°52'41.6"N 14°53'55.9"E). Sběr proběhl v odpoledních hodinách, za suchého polojasného dne.

Křídlatka japonská byla sbírána v blízkosti obce Chotouchov, vedle málo frekventované cesty na vlhčí lokalitě u lesa nedaleko Chotouchovského potoka, dnes zvaného Polepka (49°57'20.0"N 15°07'32.0"E). Rostliny byly sbírány před kvetením v ranních hodinách, za suchého, slunného dne a následný sběr květů proběhl na suchém stanovišti na kraji Kolína. Ten proběhl ve večerních hodinách, za suchého, zataženého dne.

4.2 Sušení a skladování

Rostliny byly sušeny na vzduchu, při teplotě přibližně 23 °C na tmavém místě. Po usušení došlo k rozřídění materiálu podle jednotlivých částí rostlin, tedy kořen, stonek, list a květ. Rostlinný materiál byl skladován v papírových obalech na suchém, tmavém místě.

Usušené rostlinné části byly pro lepší manipulaci rozdrobeny na menší části a následně rozemlety na rotačním rychlomlýnku Pulverisette 1 na prášek o velikosti 0,1 mm. Takto zhomogenizovaný materiál byl uskladněn v tmavých skleněných nádobách ve tmě na suchém místě o stálé teplotě, připraveny k přípravě extraktů.

4.3 Příprava extraktů

Z jednotlivých částí rostlin byly připraveny výluhy. Na laboratorních vahách bylo odváženo 10 g vzorku, jenž byl přesypán do 100 ml varné baňky. K naváženému materiálu bylo přidáno 50 ml destilované vody v případě vodného výluhu, nebo 50 ml 80% roztoku metanolu v případě metanolového roztoku. Baňky byly umístěny do vodní lázně, kde následně probíhala extrakce. Vzorky se extrahovaly ve vodní lázni při teplotě 80 °C po dobu alespoň 30 minut. Po uplynutí dané doby byl vyextrahovaný materiál zfiltrován přes filtrační papír do odměrných baněk o objemu 50 ml.

Vzniklé extrakty byly v uzavřených baňkách skladovány v ledničce při teplotě 5-8 °C k dalšímu použití.

4.4 Kvalitativní analýza extraktů

Chemické metody jsou klíčové pro identifikaci jednotlivých látek v extraktu. Tyto metody zahrnují použití různých chemických reakcí, které umožňují detekovat přítomnost specifických funkčních skupin. Jednou z nejčastějších metod je reakce s činidly, jako jsou anorganické a organické kyseliny, zásady a oxidující činidla. Další chemickou metodou je tzv. spotová reakce. Tato metoda zahrnuje aplikaci specifických reagentů na tenkou vrstvu extraktu a pozorování barevných změn, které se vyskytují při interakci s jednotlivými látkami.

Sacharidy: Pro stanovení obsahu sacharidů v jednotlivých částech rostlin jsme použili 2 metody jejich určení:

1. Fehlingův test: Pro test na přítomnost sacharidů se využívá Fehlingových extraktů A a B, Nejdříve se připraví roztok 5 ml Fehlingova A a 5 ml Fehlingova B. Tento roztok se následně přidá do extraktu. Reakcí vzniká červená sraženina, která se usadí na dně (Příloha č. 4) (McMurry 2015).
2. Molischův test: Další analýzou je Molischův test, kdy se do extraktu přidá pár kapek 2% ethanického roztoku (α -naftolu). Tvorba načervenalé fialového kroužku na mezifázi indikuje přítomnost sacharidů (Pandey & Tripathi 2014).

Proteiny: Pro stanovení obsahu proteinů byl proveden xantoproteinový test, za použití kyseliny dusičné (HNO_3) a následným zahříváním k bodu varu. Po zahřátí bezbarvý roztok zežloutne, žlutě zbarvený roztok se v alkalickém prostředí změní na sytě oranžový (Shetty et al. 2021).

Alkaloidy: Stanovení obsahu alkaloidů proběhlo pomocí 2 metod:

1. Mayerův test – po přidání Mayerova činidla do extraktu vzniká při detekci alkaloidů krémově zbarvená sraženina (Al-Daihan et al. 2013).
2. Hagerův test – do 3 ml extraktu přidalo několik kapek Hagerova činidla (nasycený roztok kyseliny pikrové). Přítomnost alkaloidů potvrzuje tvorba žlutě zbarvená sraženina (Patel & Patel 2016; Hossain et al. 2018).

Třísloviny: Byly stanoveny pomocí Braymerova testu. 2 ml extraktu byly smíchány se 2 ml destilované vody, kam se poté přidali 2-3 kapky roztoku 5% FeCl_3 (chlorid železitý) při detekci tříslovin lze pozorovat zelenou sraženinu (Příloha č. 5.) (Hossain et al. 2018).

Kumariny: test pomocí FeCl_3 – do koncentrovaného lihového extraktu se přidá několik kapek roztoku FeCl_3 . Pozitivní reakcí je sytě zelená barva, která po přidání koncentrované HNO_3 zežloutne (Patel & Patel 2016).

Kardiotonické glykosidy: Pro zjištění obsahu glykosidů se používá Keller-Killaniho test. K 2 ml extraktu se přidá 1 ml ledové kyseliny octové (CH_3COOH), jedna kapka 5% chloridu železitého (FeCl_3) a koncentrovaná kyselina sírová (H_2SO_4). Objevení červenofialové či hnědé barvy na spojnici dvou kapalných vrstev (na mezifázi), ukazuje na přítomnost kardiotonických glykosidů (Příloha č. 6.) (Patel & Patel 2016).

Flavonoidy: pro test na obsah flavonoidů byl do vzorku přidán 10% octan olovnatý ($\text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2$). Při pozitivní reakci vzniká žlutá sraženina (Hossain 2018).

Saponiny: Jako test saponinů se zahřeje extrakt smíchaný s vodou. Po natřepání vzniká při obsahu saponinů pěna (Hossain et al. 2018).

Steroly: pro jejich stanovení bylo využito 2 metod:

1. Liebermanův test – k extraktu se přidána kyselina octová. Poté několik kapek koncentrované kyseliny sírové (H_2SO_4). Reakcí je pozorována změna barvy od fialové po modrou, či zelenou (Al-Daihan et al. 2013).
2. Salkowskiho test steroidů se provádí smícháním extraktu s několika kapkami anhydridu kyseliny octové ($C_4H_6O_3$) Poté se přidá kyselina sírová (H_2SO_4). Při pozitivní reakci vzniká červenohnědý prstenec na mezifázi, zelené zbarvení v horní fázi a sytě červené zbarvení ve spodní vrstvě (Hossain et al. 2018).

Antrachinony: pro jejich detekci byl použit Borntragův test – do 3 ml extraktu se přidá 3 ml benzenu a poté se přidá 5 ml vodného roztoku 10% amoniaku (NH_3). Po protřepání je při pozitivní reakci pozorována změna barvy vodné vrstvy do růžové, fialové, nebo červené barvy (Příloha č. 7.) (Patel & Patel 2016; Hossain et al. 2018).

5 Výsledky

Nasbírané rostliny byly rozděleny na jednotlivé části (kořen, stonek, list a květ) a následně byly extrahovány pomocí vody a methanolu. Přítomnost nebo absence vybraných sekundárních metabolitů v jednotlivých orgánech zkoumaných rostlin je znázorněna v jednotlivých tabulkách (Tabulka č. 1 a 2). Zeleně jsou označené látky, které by měly být dle rešerše v rostlině přítomny.

Tabulka č. 1 – Vodné výluhy

Vodné výluhy		<i>Es</i>				<i>Ig</i>				<i>Rj</i>			
		k.	st.	l.	kv.	k.	st.	l.	kv.	k.	st.	l.	kv.
1.	sacharidy 1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+
2.	sacharidy 2	+	+	+	-	+	+	+	-	+	+	+	-
3.	bílkoviny	+	+	-	+	+	+	-	-	+	+	-	+
4.	alkaloidy 1	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	-
5.	alkaloidy 2	+	+	+	+	-	-	-	-	-	+	+	-
6.	třísloviny	+	-	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+
7.	kumariny	+	+	+	-	+	+	-	-	+	-	+	+
8.	kardiotonické glykosidy	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
9.	flavonoidy	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
10.	saponiny	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11.	steroly 1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12.	steroly 2	+	-	+	+	-	+	-	-	+	-	+	-
13.	antrachinony	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Es = *Echinops sphaerocephalus*, *Ig* = *Impatiens glandulifera*, *Rj* = *Reynoutria japonica*,
k. = kořen, st. = stonek, l. = list, kv. = květ, + = pozitivní reakce, - = negativní reakce, 0 = neprůkazná reakce

Z testu na přítomnost sacharidů podle Fehlinga a Molische byla zjištěna přítomnost sacharidů u všech sledovaných rostlin a zároveň téměř ve všech jejich částech. Výjimkou byly květy, kde se výsledky na obsah sacharidů liší v jednotlivých testech.

Pro stanovení obsahu bílkovin v extraktech byl použit xantoproteinový test, který dekoval jejich přítomnost u bělotrnu kulatohlavého (*Es*) a křídlatky japonské (*Rj*) v celé rostlině kromě listů. U netýkavky žlaznaté (*Ig*) tyto látky nebyly pozorovány v methanolovém výluhu. Ale u vodného výluhu byla jejich přítomnost prokázána u kořene a stonku.

Výskyt alkaloidů jsme měli dle rešeršní práce prokázat u *Es* a *Ig*. Jejich přítomnost byla testována pomocí Mayerova a Hagerova činidla. U vodných extraktů byly alkaloidy prokázány u *Es* ve všech vzorcích, ovšem methanolové extrakty se ve výsledcích jednotlivých testů lišily. U *Ig* byly alkaloidy detekovány ve variantě vodných extraktů, avšak jednotlivé použité testy se svým výsledkem lišily. V methanolovém extraktu byly alkaloidy pozorovány pouze u listu, a to pouze při testu s Hagerovým činidlem. Odůvodněním může být skutečnost, že dřívější test byl prováděn u *I. balsamina*, a to pomocí chromatografické metody. U *Rj* byly dle testů alkaloidy přítomny ve všech částech, ale výsledky se v jednotlivých testech liší.

Dle rešeršní práce měly být třísloviny přítomny v extraktech z Ig a Rj. Extrakty byly podrobeny Braymerovu testu, kde se u těchto rostlin jejich přítomnost potvrdila, avšak u vodného výluhu z listu a květu u Ig a v obou výluzích stonku u Rj vyšel negativní výsledek. Třísloviny byly dle testu přítomny také v celé rostlině Es s výjimkou vodného extraktu ze stonku.

Tabulka č. 2 – Methanolové výluhy

Methanolové výluhy		<i>Es</i>				<i>Ig</i>				<i>Rj</i>			
		k.	st.	l.	kv.	k.	st.	l.	kv.	k.	st.	l.	kv.
1.	sacharidy 1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	-
2.	sacharidy 2	+	+	+	-	+	+	+	-	+	+	+	-
3.	bílkoviny	+	+	-	+	-	-	-	-	+	+	-	+
4.	alkaloidy 1	+	-	+	+	-	-	+	-	+	-	+	-
5.	alkaloidy 2	-	-	-	+	-	-	-	-	+	+	+	+
6.	třísloviny	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+
7.	kumariny	+	+	+	-	+	+	+	+	+	-	+	+
8.	kardiotonické glykosidy	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
9.	flavonoidy	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
10.	saponiny	+	-	-	-	+	+	-	-	+	+	+	0
11.	steroly1	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-
12.	steroly 2	-	-	-	-	+	+	-	-	+	-	+	-
13.	antrachinony	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	+

Es = *Echinops sphaerocephalus*, *Ig* = *Impatiens glandulifera*, *Rj* = *Reynoutria japonica*, k. = kořen, st. = stonek, l. = list, kv. = květ, + = pozitivní reakce, - = negativní reakce, 0 = neprůkazná reakce

Rešeršní práce poukazuje na přítomnost kumarinů u Ig a Rj. Na rostlinách byl proveden test pomocí chloridu železitého. Pozitivní výsledek byl pozorován u všech rostlin. Výjimkou byl negativní výsledek v květech Es. U Ig vyšel negativní výsledek vodného výluhu z listů a květů a Rj se neprojevila přítomnost kumarinů ve stonku. Tímto testem se tedy podařilo potvrdit obsah kumarinů přítomných u Ig a Rj.

Přítomnost kardioaktivních glykosidů byla testována pomocí Keller-Killaniho testu, který potvrdil jejich přítomnost u methanolového extraktu Es.

Flavonoidy měly být dle rešerše pozorovány ve všech třech rostlinách. Toto se pomocí příslušného testu podařilo potvrdit. Jejich přítomnost byla pozorována ve všech rostlinách, a zároveň i ve všech jejich částech.

Test saponinů byl vyhodnocen pouze u methanolových výluhů smíchaných s vodou. Pozitivní reakce byla pozorována u Es v listech. U Ig mají být saponiny v rostlině přítomné, což se potvrdilo v extraktech z kořenu a stonku. Rj vykazovala pozitivní reakci v celé rostlině mimo květ, kde test nebyl proveden.

Rostlinné steroidy dle provedených testů nebyly pozorovány v Es. Dle testů nebyla jednoznačně potvrzena jejich přítomnost ani u Ig a Rj.

Test na antrachinony byl proveden pouze pro methanolové výluhy. Jejich přítomnost ve vzorcích orgánů Es a Ig nebyla zjištěna. Rj by měla podle rešeršní práce antrachinony obsahovat, což se také u tohoto testu prokázalo pozitivní reakcí v kořenu, listu a květu.

6 Diskuze

6.1 *Echinops sphaerocephalus*

U rodu *Echinops* spp. bylo provedeno několik studií zaměřených na výzkum jeho léčivých účinků. U rostlin byly nalezeny jednoduché chinolinové alkaloidy (Radulović & Děníć 2013; Bitew & Hymate 2019). První alkaloidy izolované z rodu *Echinops* byly echinopsin, echinozolinon a echinopsidin. Alkaloidy byly izolovány především z nadzemních částí rostlin (Prabik, 1987; Tariku et al. 2011). Vodný extrakt *Echinops spinosus* L. obsahoval alkaloidy (Mahomoodally et al. 2018). Z tabulky č. 1 vyplývá potvrzení obsahu těchto sekundárních metabolitů u vodných výluhů v celé rostlině. Oproti tomu u methanolvých výluhů (Tabulka č. 2) vyšel pozitivně pouze u testů pomocí Mayerova činidla. Důvodem může být právě použité extrakční činidlo, kdy použité rozpouštědlo a zvolená metoda, mohou ovlivnit výsledky (Evans & Trease 2009; Abdallah et al. 2013).

Ve všech orgánech byla prokázána alespoň jedním testem přítomnost sacharidů. Jelikož se jedná o primární metabolit (Evans & Trease 2009), je jejich výskyt předpokládatelný.

Studie Mahomoodally et al. (2018) prokázala přítomnost tríslovin u *E. spinosus*, které byly rovněž detekovány u Es (Tabulka č. 1 a 2). Ovšem tyto metabolity jsou v rostlinách celkem hojně rozšířeny (Bravo 1998; Hodek et al. 2002; Patel & Patel 2016).

V rostlině byly popsány také kumariny nalezené v kořeni *E. giganteus* (Tene et al. 2004; Bitew & Hymate 2019), jejichž přítomnost byla s výjimkou květů detekována v celé rostlině.

Flavonoidy jsou další skupinou metabolitů, jež jsou v rostlinách téměř všudypřítomné, a také v provedeném experimentu byl jejich důkaz pozitivní. Flavonoidy potvrzené u rodu *Echinops* spp. byly převážně flavony izolované v celé rostlině a nadzemních částech. Dle Bitew & Hymate (2019) je nejběžnějším flavonoidním aglykonem apigenin, který byl izolován v květu a celé rostlině *Echinops niveus* Wall., *E. echinatus*, *Echinops integrifolius* Kar. & Kir. a *Echinops albicaulis* Kar. & Kir. (Bitew & Hymate 2019). Některé flavonoidní sloučeniny vykazují antimikrobiální vlastnosti, ty by mohly být složkami obsaženými v listech a stoncích, což by vysvětlovalo inhibiční účinek proti G- bakteriím (Hymete et al. 2005).

Některé druhy rodu *Echinops* spp. obsahují také saponiny (Tariku et al. 2011). Hymete et al. (2005) detekoval obsah saponinů v kořenech *Echinops longisetus* A. Rich. a *Echinops ellenbeckii* O. Hoffm., kdy použili jako extrakční rozpouštědlo methanol. Stejně jako u nich, byla v naší provedeném testu reakce pozitivní v kořenu Es (Tabulka č. 2).

Některé studie poukazují také na přítomnost sterolů (Hymete et al. 2005; Tariku et al. 2011). U některých druhů dle (Mahomoodally et al. (2018) byly steroly izolované ve vodném extraktu u *E. spinosus*. Hymete et al. (2005) izolovali fytosteroly v květech a stoncích *E. longisetus* a *E. ellenbeckii*. Kvalitativní analýza poukázala na přítomnost sterolů pouze ve vodném výluhu. Rozdílnost výsledků může opět spočívat v použití důkazové metody (Abdallah et al. 2013).

Hymete et al. (2005), stejně jako my u Es, nezjistili přítomnost antrachinonů u *E. longisetus* a *E. ellenbeckii*.

V našem testu byly dle tabulky č. 2 pozorovány kardioaktivní glykosidy. Tyto látky nebyly u rodu *Echinops* spp. zatím popsány.

6.2 *Impatiens glandulifera*

Rod *Impatiens* spp. obsahuje mnoho skupin účinných látek, které mají potenciál pro široké uplatnění jeho různých druhů. Fytochemická analýza vybraných částí rostliny odhalila přítomnost různých skupin sekundárních metabolitů.

V květních nektarech netýkavky žláznaté se nachází značné množství sacharidů (Vieira et al. 2016). Mezi monosacharidy identifikovanými Cimmino et al. (2016) byl například alditol acetát. Podle studie Vieira et al. (2016) byla zaznamenaná míra produkce cukru u *I. glandulifera* podstatně vyšší než u jiných běžných druhů. Obsah sacharidů je dle našich výsledků v celé rostlině, u květu byly tyto látky pozorovány pouze jednou metodou. Důvodem může nevhodně být použitá metoda či doba sběru rostliny.

Další z primárních metabolitů, peptidy, byli izolováni v *Impatiens* pomocí ELISA (Yang et al. 2001). V našem testu byli peptidy potvrzeny pouze v částech rostliny extrahovaných vodou.

Degu et al. (2020) pozorovali obsah alkaloidů v kořenech *Impatiens tinctoria* A. Rich. Ty zde byly detekovány při extrakci méně polárního rozpouštědla, při extrakci s vodou se jejich přítomnost neprokázala. Náš pokus byl u obsahu alkaloidů spíše negativní, což mohlo být způsobeno použitým rozpouštědlem.

Ve studii Degu et al. (2020) byly kořeny *I. tinctoria* podrobeny testu na obsah tříslovin. V pokusu byly použity tři druhy rozpouštědel. Ze studie vyplývá, že se v kořenech této rostliny třísloviny nevyskytují. Nicméně Szewczyk et al. (2016) obsah tříslovin u rodu *Impatiens* spp. popisují. V našem testu byly třísloviny rovněž pozorovány v celé rostlině.

Degu et al. (2020) také neprokázali obsah kumarinů v kořenech *I. tinctoria*. Na obsah kumarinů u rodu *Impatiens* spp. však poukazují jiní autoři (Szewczyk & Oleh 2017; Li et al. 2009). Výsledky z Tabulek č. 1 i 2 potvrzují výskyt kumarinů u *I. glandulifera* v celé rostlině.

Cimmino et al. (2016) použil methanolvý extrakt z lyofilizovaných kořenů *I. glandulifera*, ve kterém pomocí HPLC analyzoval dominantní, vysoce fluorescenční a velmi nestabilní látku THNG. Tyto látky byly testovány na jejich imunopresivní a imunostimulační vlastnosti. Degu et al. (2020) testoval obsah glykosidů v kořeni *I. tinctoria*, kde byly tyto látky pozorovány ve všech použitých rozpouštědlech. My jsme prováděli test na kardioaktivní glykosidy, které jsme u *I. glandulifera* neprokázali.

Flavonoidy testoval Szewczyk et al. (2016) u nadzemních částí některých druhů rodu *Impatiens*. Pomocí UHPLC-DAD-MS3 analýzy a spektrofotometrického testu prokázal jejich přítomnost s nejvyššími nálezy u *Impatiens balfourii* Hook.f. a *Impatiens glandulifera*. Degu et al. (2020) extrahoval kořen *I. tinctoria* pomocí vody, ethanolu a ethylacetátu. Test na flavonoidy zde pozitivně reagoval pouze u extraktu pomocí ethylacetátu. V našem pozorování byly flavonoidy pozorovány v celé rostlině jak ve vodném, tak i methanolvém extraktu.

U *Impatiens pritzelii* Hook.f. byly izolovány triterpenoidní saponiny pomocí extrakce butanolem. Tato rostlina byla zkoumána Zhou et al. (2007) pro své protizánětlivé a analgetické účinky. Li et al. (2009) izolovali 19 sloučenin saponinů z *Impatiens Siculifer*

Hook.f., přičemž jedna sloučenina vykazovala mírnou cytotoxickou aktivitu. Dle tabulky č.2 byl obsah saponinů pomocí jednoduchého testu v části rostliny prokázán. Degu et al. (2020) v kořenech *I. tinctoria* taktéž potvrdil přítomnost saponinů.

V kořenech, stoncích, listech a semenech Cimmino et al. (2016) pozorovali v ethylacetátovém extraktu bioaktivní sloučeniny α -spinasterol a 2MNQ a dále homogenní glukosylované steroidy, pojmenované glanduliferiny A a B, které by mohly patřit do podskupiny cholestanových steroidů. V našem experimentu byli steroly detekovány pouze částečně. V methanolovém extraktu byly pozorovány v celé rostlině alespoň jednou metodou. Vodný výluh není pravděpodobně vhodným rozpouštědlem pro prokázání těchto metabolitů.

Degu et al. (2020) podrobili kořeny *I. tinctoria* také testu na obsah antrachinonů, kdy byly prokázány ve vodném výluhu. Dle tabulky č. 2 jsme antrachinony nepozorovali v methanolovém výluhu. Důvodem by zde mohlo být extrakční činidlo, či použitá metoda.

6.3 *Reynoutria japonica*

Z článků zabývajících se *R. japonica* vyplývá, že se jejich autoři zabývali pouze částí námi testovaných metabolitů, které byly v rostlině prokázány. Ty mají možné účinky, díky kterým jsou tyto rostliny využívány v tradiční čínské medicíně (Shan et al. 2008; Peng et al. 2013; Wink 2018).

Třísloviny pozoroval Stefanowicz et al. (2021) a také Nawrot-Hadzik et al. (2019), kde největší množství kondenzovaných tříslovin bylo nalezeno v kořenech a listech. Různé koncentrace směsí ethanolu nebo acetonu odhalovaly významné rozdíly ve složení tříslovin. Naše pozorování pomocí jednoduchého kvalitativního testu dle tabulky č. 1 a 2 poukazuje na přítomnost tříslovin v kořenech i nadzemních částech rostliny.

U *R. japonica* byly izolovány dva kumariny (Peng et al 2013). Stefanowicz et al (2021) detekovali kumariny v kořenech této rostliny. Jin & Jin (2007) izolovali kumarin pomocí kolonové chromatografie. Rovněž naše výsledky potvrzují přítomnost kumarinů v celé rostlině.

Kořeny *R. japonica* obsahují velké množství stilbenů, které se často vyskytují jako glykosidy včetně resveratrolu (Wink 2018). Resveratrol je dobře prozkoumaná sloučenina s prokázanou biologickou aktivitou, včetně antioxidačních, antiangiogenních, protizánětlivých a antimikrobiálních vlastností, stejně jako cytotoxickou aktivitou proti rakovinným buněčným liniím a s pozitivním účinkem na kardiovaskulární systém (Nawrot-Hadzik et al. 2019). Náš test na přítomnost kardiokativních glikosidů vyšel negativně.

R. japonica obsahuje ve svých kořenech také kvercetin, který patří mezi flavonoidy, a jeho glykosidy (Wink 2018). Biljana et al. (2017) měřil obsah fenolických sloučenin a flavonoidů v kořenu a oddenku *R. japonica* pomocí spektrofotometru a také Stefanowicz et al. (2021) izoloval flavonoidy v kořenech. Naše testy potvrzují přítomnost flavonoidů v celé rostlině.

Kromě výše uvedeného kumarinu, Jin & Jin (2007) izolovali β -sitosterol v kořeni a oddenku pomocí kolonové chromatografie. Dle našich výsledků nebyly steroly v rostlině prokazatelně pozorovány. Důvodem může být použitá metoda. Použité metody jsou většinou schopné detekovat skupiny metabolitů jako takové, pro identifikaci některých složek nebo

jejich množství by bylo nutné použít přesnější postupy, které však také vyžadují příslušné analytické přístroje (Shaikh & Patil 2020).

R. japonica je známá obsahem antrachinonů, a to především metabolitem emodinem (Stefanowicz et al. 2021). Dle tabulky č. 2 byly antrachinony potvrzeny téměř v celé rostlině. Emodin má širokou škálu farmakologických aktivit jako je antibakteriální, protizánětlivá, imunosupresivní a protinádorová aktivita (Wink 2018).

7 Závěr

Vzhledem k rozšíření invazních rostlin a problému, které představují, byla tato práce zaměřena na jejich možné využití v některých odvětvích s přihlédnutím k jejich obsahovým látkám.

Bělotrn se tradičně využívá k léčbě zánětů, bolesti, horeček a k léčbě onemocnění dýchacích cest. Z rešeršní části vyplývá, že *E. sphaerocephalus* ve svých kořenech obsahuje thiofeny, a to především ty, které jsou známy svými protinádorovými účinky. Další účinnou látkou jsou flavonoidy, které jsou také známy svými protinádorovými antivirovými či protiplísňovými účinky. U bělotrnu se hojně vyskytuje apigenin, který je charakteristický svou schopností bránit účinkům karcinogenů. V zahradnictví by mohly být extrakty z této rostliny použité pro ochranu rostlin jako insekticidy. *E. sphaerocephalus* by mohl najít své uplatnění také jako alternativní olejnatá rostlina, která se složením oleje podobá oleji ze sóji či pšeničných klíčků. Olej také disponuje velkým množstvím kyseliny linolové. Navíc má *E. spharecoephalus* své uplatnění také jako medonosná rostlina.

Netýkavka žláznatá budí zájem přítomností různých obsahových látek. *I. glandulifera* disponuje nezanedbatelným množstvím 2MNQ, který by mohl být účinný proti rakovinným buňkám. Vzhledem k snadné dostupnosti a velkému množství rostlinného materiálu, by mohla sloužit jako jeho zdroj. Extrakty listů *I. glandulifera* působí insekticidně proti významnému škůdci, mšici broskvoňové, a proti houbám rodu *Candida*, což by mohlo vést k možnému využití rostliny při výrobě insekticidního přípravku vhodného k integrované ochraně.

Nadzemní část křídlatky japonské, a to zejména listy, by mohly být významným zdrojem biologicky aktivních sekundárních fenolických metabolitů. Například resveratrolu, jemuž se přisuzují antibakteriální účinky či emodinu, který se používá jako doplněk stravy či k regulaci motility střev. Emodin je znám také pro své antibakteriální, protizánětlivé, imunosupresivní a protinádorové účinky. Křídlatka je považována za obtížný plevel, ale potenciálně by se dala využít také za účelem výroby ekologického paliva, jelikož se jedná o energeticky výnosnou rostlinu.

8 Literatura

- ABDALLAH, Hossam M., Shahira M. EZZAT, Riham Salah EL DINE, Essam ABDEL-SATTAR a Ashraf B. ABDEL-NAIM. Corrigendum to “Protective effect of *Echinops galalensis* against CCl₄-induced injury on the human hepatoma cell line (Huh7)” [Phytochem. Lett. 6 (2013) 73–78]. *Phytochemistry Letters* [online]. 2013, 6(3), 471-471. ISSN 18743900. Dostupné z: doi: 10.1016/j.phytol.2013.06.001
- ACAMOVIC, T. a J.D. BROOKER. Biochemistry of plant secondary metabolites and their effects in animals. *Proceedings of the Nutrition Society* [online]. 2005, 64(3), 403-412. ISSN 00296651.
- AL-DAIHAN, Sooad, Manar AL-FAHAM, Nora AL-SHAWI, Rawan ALMAYMAN, Amal BRNAWI, Seema ZARGAR a Ramesa shafi BHAT. Antibacterial activity and phytochemical screening of some medicinal plants commonly used in Saudi Arabia against selected pathogenic microorganisms. *Journal of King Saud University – Science* [online]. 2013, 25(2), 115-120. ISSN 10183647. Dostupné z: doi: 10.1016/j.jksus.2012.11.003
- ASHOK, Praveen. Kumar., and Kumud UPADHYAYA. "Tannins are astringent." *Journal of pharmacognosy and phytochemistry* 1.3 (2012): 45-50.
- BILJANA, Božin, Gavrilović MARJANA, Kladar NEBOJŠA, Rat MILICA, Anačkov GORAN a Gavarić NEDA. Highly invasive alien plant *Reynoutria japonica* Houtt. represents a novel source for pharmaceutical industry – evidence from phenolic profile and biological activity. *Journal of the Serbian Chemical Society* [online]. 2017, 82(7-8), 803-813. ISSN 03525139. Dostupné z: doi:10.2298/JSC170306054G.
- BITEW, Helen a Ariaya HYMETE. The Genus *Echinops*: Phytochemistry and Biological Activities. *Frontiers in Pharmacology* [online]. 2019, 10. ISSN 16639812. Dostupné z: doi:10.3389/fphar.2019.01234.
- BOVY, Arnaud G. K. Davies Plant pigments and their manipulation *Annual Plant Reviews* vol. 14 2004 Blackwell Publishing 1-4051-1737-0 368. *Phytochemistry* [online]. 2005, 66(21), 2602-2602. ISSN 00319422. Dostupné z: doi: 10.1016/j.phytochem.2005.08.006.
- BRAVO, Laura. Polyphenols: Chemistry, dietary sources, metabolism, and nutritional significance [online]. 1998. ISSN edsoaiOpen.
- BUER, Charles S., Gloria K. MUDAY a Michael A. DJORDJEVIC. Flavonoids Are Differentially Taken up and Transported Long Distances in *Arabidopsis*. *Plant Physiology* [online]. 2007, 145(2), 478. ISSN 00320889. Dostupné z: doi:10.1104/pp.107.101824.
- CIMMINO, Alessio, Véronique MATHIEU, Marco EVIDENTE, et al. Glanduliferins A and B, two new glucosylated steroids from *Impatiens glandulifera*, with in vitro growth inhibitory activity in human cancer cells. *Fitoterapia* [online]. 2016, 109, 138-145. ISSN 0367326X. Dostupné z: doi: 10.1016/j.fitote.2015.12.016.

- DEGU, Sileshi, et al. In vitro antifungal activity, phytochemical screening and thin layer chromatography profiling of *Impatiens tinctoria* A. Rich root extracts. *Journal of Medicinal Plants Studies*, 2020, 8: 189-196.
- DOS SANTOS, M. A. Z., et al. Analysis of phytosterols in plants and derived products by gas chromatography—A short critical review. *Austin Chromatogr*, 2014, 1.5: 4.
- ERB, M. a D. J. KLIEBENSTEIN. Plant Secondary Metabolites as Defenses, Regulators, and Primary Metabolites: The Blurred Functional Trichotomy. *Plant physiology* [online]. 2020, 184(1), 39-52. ISSN 15322548. Dostupné z: doi:10.1104/pp.20.00433.
- EVANS, W.C. Trease and Evans' Pharmacognosy: Sixteenth Edition. 2009, 1–603. ISBN 9780702029332.
- HEASLEY, H. Brian Chemical Synthesis of the Cardiotonic Steroid Glycosides and Related Natural Products. *Chemistry – A European Journal* [online]. 2012, 18, 3092-3120 ISSN 09476539.
- HEJNÝ, Slavomil a Bohumil SLAVÍK. Květena České republiky. 2 / editoři Slavomil Hejný, Bohumil Slavík; druhý svazek k tisku připravili Lubomír Hrouda, Vladimír Skalický. 2003. ISBN 8020010890.
- HENDRYCH Radovan. (1984): Fytogeografie [Phytogeography]. – Státní pedagogické nakladatelství, Praha. 220.
- HODEK, Petr, Pavel TREFIL a Marie STIBOROVÁ. Flavonoids-potent and versatile biologically active compounds interacting with cytochromes P450. *Chemico-Biological Interactions* [online]. 2002, 139(1), 1-21. ISSN 00092797. Dostupné z: doi:10.1016/S0009-2797(01)00285-X
- HOSSAIN, Amir, Akbar HOSSAIN a Mustafizur HOSSAIN. Phytochemical and Pharmacological Evaluation of *Cyperus odoratus* Extract. *Bangladesh Pharmaceutical Journal* [online]. 2018, 21, 150-159 ISSN 24088463.
- HYMETE, A., T.-H. IVERSEN, J. ROHLOFF a B. ERKO. Screening of *Echinops ellenbeckii* and *Echinops longisetus* for biological activities and chemical constituents. *Phytomedicine* [online]. 2005, 12(9), 675-679. ISSN 09447113. Dostupné z: doi: 10.1016/j.phymed.2004.01.013
- JANAÍRO, Gerardo, Marianne LINLEY SY, Leonisa YAP, Nancy LLANOS-LAZARO a Julita ROBLES. Determination of the Sensitivity Range of Biuret Test for Undergraduate Biochemistry Experiments. *E-Journal of Science* [online]. 2011, 6(5), 77-83. ISSN 17905613.
- JIN, X.M., JIN, G.Z., 2007. Chemical constituents in root and rhizome of *Polygonum cuspidatum*. *Chinese Traditional Herbal Drug* 38, 1446–1448.
- JONES, D. S. The Journal of Pharmacy and Pharmacology 2013. The Journal of pharmacy and pharmacology [online]. 2014, 66(1), 1 ISSN 20427158. Dostupné z: doi:10.1111/jphp.12210

- KABERA, Justin, Semana, EDMOND., Mussa, A.R. and He, XIN. (2014) Plant Secondary Metabolites: Biosynthesis, Classification, Function and Pharmacological Properties. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 2, 377-392, dostupné z: <https://www.researchgate.net/publication/277776550>
- KÁRA, J. a Z. STRAŠIL. Study of knotweed (*Reynoutria*) as possible phytomass resource for energy and industrial utilization. *Research in Agricultural Engineering* [online]. 2010, 56, 85-91. ISSN 18059376.
- KUMAR, Jainendra, Dr.Rimjhim SHEEL a Kumari NISHA. Preliminary Phytochemical Screening of Methanolic Extract Of *Clerodendron infortunatum*. *IOSR Journal of Applied Chemistry* [online]. 2014, 7, 10-13 [cit. 2023-03-16]. ISSN 22785736. Dostupné z: doi:10.9790/5736-07121013
- KUPFER, Astrid, Holger KLUGE, Gert HORN, Hans-jürgen GERDELBRACHT, Jutta KALBITZ, Klaus EDER a Birgit DRÄGER. Great globe thistle fruit (*Echinops sphaerocephalus* L.), a potential new oil crop. *European Journal of Lipid Science and Technology* [online]. 2008, 110, 662-667. ISSN 14389312.
- LI, Wei, Xueyan BI, Kun WANG, Dongxia LI, Tadaaki SATOU a Kazuo KOIKE. Triterpenoid saponins from *Impatiens sicutifera*. *Phytochemistry* [online]. 2009, 70(6), 816-821. ISSN 00319422. Dostupné z: doi: 10.1016/j.phytochem.2009.03.022
- MAHOMOODALLY, Fawzi, Amel BOUZABATA a Carlo TUBEROSO. Ethnopharmacognosy of *Echinops spinosus* L. in North Africa: A Mini Review. *Journal of Complementary Medicine Research* [online]. 2018, 9, 40-40. ISSN 25775669.
- MAN, Shuli, Wenyuan GAO, Yanjun ZHANG, Luqi HUANG a Changxiao LIU. Chemical study and medical application of saponins as anti-cancer agents. *Fitoterapia* [online]. 2010, 81(7), 703-714. ISSN 0367326X. Dostupné z: doi: 10.1016/j.fitote.2010.06.004
- MCMURRY, J. *Organická chemie. Překlad: BUDKA, J., CIBULKA, R., DVOŘÁK, D., KVÍČALA, J., LHOTÁK, P., SVOBODA, J.* Brno: Vysoké učení technické v Brně, nakladatelství VUTIUM, 2015. Překlady vysokoškolských učebnic. ISBN 978-80-7080-930-3.
- MOHEBAT, R. a M. Z. BIDOKI. Comparative chemical analysis of volatile compounds of *Echinops ilicifolius* using hydrodistillation and headspace solid-phase microextraction and the antibacterial activities of its essential oil. *Royal Society open science* [online]. 2018, 5(2), 171424. ISSN 20545703. Dostupné z: doi:10.1098/rsos.171424.
- MOOS, Martin, Naděžda VRCHOTOVÁ, Jan SÝKORA a Jan TRÍSKA. Separation and Identification of 1,2,4 – Trihydroxynaphthalene-1-O-glucoside in *Impatiens glandulifera* Royle. *Molecules* [online]. 2013, 18(7), 8429-8439. ISSN 14203049. Dostupné z: doi:10.3390/molecules18078429
- NAWROT-HADZIK, Izabela, Sylwester ŚLUSARCZYK, Sebastian GRANICA, Jakub HADZIK a Adam MATKOWSKI. Phytochemical Diversity in Rhizomes of Three *Reynoutria* Species and their Antioxidant Activity Correlations Elucidated by LC-ESI-

- MS/MS Analysis. *Molecules* [online]. 2019, 24(6), 1136-1136. ISSN 14203049. Dostupné z: doi:10.3390/molecules24061136
- NHIEM, N.X., P.V. KIEM, C.V. MINH, et al. Anti-influenza sesquiterpene from the roots of *Reynoutria japonica*. *Natural Product Communications* [online]. 2014, 9(3), 315–318. ISSN 15559475. Dostupné z: doi:10.1177/1934578x1400900308.
- NIAZ, Kamal a Fazlullah KHAN. Recent Advances in Natural Products Analysis. 2020, 39-197. ISBN 9780128164556. Dostupné z: doi:10.1016/B978-0-12-816455-6.00003-2
- PANDEY, Amita a Shalini TRIPATHI. Concept of standardization, extraction and pre phytochemical screening strategies for herbal drug. *Research Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry* [online]. 2014, 115-119. ISSN 2278-4136. Dostupné z: <https://www.phytojournal.com/archives/2014/vol2issue5/PartB/11.1.pdf>
- PARKHOMENKO, A. Yu., O. A. ANDREEVA, É. T. OGANESYAN a M. N. IVASHEV. *Ambrosia artemisiifolia* as a Source of Biologically Active Substances. *Pharmaceutical Chemistry Journal* [online]. 2005, 39(3), 149-153. ISSN 0091150X. Dostupné z: doi:10.1007/s11094-005-0106-z.
- PATEL, Vaidehi a Rajesh PATEL. The active constituents of herbs and their plant chemistry, extraction and identification methods. *Research Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry* [online]. 2016, 1423-1443. ISSN 0975-7384. Dostupné z: <https://www.researchgate.net/publication/315516091>
- PAVELA, Roman, Nadezda VRCHOTOVÁ a Bozena _ERÁ. Repellency and toxicity of three *Impatiens* species (Balsaminaceae) extracts on *Myzus persicae* Sulzer (Homoptera: Aphididae). *Journal of Biopesticides (India)* [online]. 2009, 2(1), 48-51. ISSN 0974391X.
- PENG, Wei, Rongxin QIN, Xiaoli LI a Hong ZHOU. Botany, phytochemistry, pharmacology, and potential application of *Polygonum cuspidatum* Sieb.et Zucc: A review. *Journal of ethnopharmacology* [online]. 2013, 148(3), 729-745. ISSN 03788741. Dostupné z: doi:10.1016/j.jep.2013.05.007
- PETER, A., Žlabur JŠ, J. ŠURÍČ, S. VOČA, D. D. PURGAR, L. PEZO a N. VOČA. Invasive Plant Species Biomass-Evaluation of Functional Value. *Molecules (Basel, Switzerland)* [online]. 2021, 26(13). ISSN 14203049. Dostupné z: doi:10.3390/molecules26133814.
- PYŠEK, Petr, David M. RICHARDSON a Mark WILLIAMSON. Predicting and Explaining Plant Invasions through Analysis of Source Area Floras: Some Critical Considerations. *Diversity and Distributions* [online]. 2004, 10(3), 179-187. ISSN 13669516.
- PYŠEK Petr., Jiří. SÁDLO: Zavlečené rostliny – jak je to u nás doma? *Vesmír* 83 (2),80,2004b <https://vesmir.cz/cz/casopis/archiv-casopisu/2004/cislo-2/zavlecene-rostliny-ndash-jak-je-nas-doma.html>
- RADULOVIĆ, N. S. a M. S. DENIĆ. Essential oils from the roots of *Echinops bannaticus* Rochel ex Schrad. and *Echinops sphaerocephalus* L. (Asteraceae): chemotaxonomic and

- biosynthetic aspects. *Chemistry* [online]. 2013, 10(4), 658-76. ISSN 16121880. Dostupné z: doi:10.1002/cbdv.201200330.
- SHAIKH Junaid R, PATIL MK. Qualitative tests for preliminary phytochemical screening: An overview. *Int J Chem Stud* 2020; 8(2): 603-608. DOI: 10.22271/chemi.2020.v8.i2i.8834
- SHAN, Bin, Yi-zhong CAI, John D. BROOKS a Harold CORKE. Antibacterial properties of *Polygonum cuspidatum* roots and their major bioactive constituents. *Food Chemistry* [online]. 2008, **109**(3), 530-537. ISSN 03088146. Dostupné z: doi: 10.1016/j.foodchem.2007.12.064
- SHETTY, Preethi, Preetish DSILVA, Pavankumar SONDAR, B. Ganesh KUMAR a Subray HEGDE. Biodegradation of PEEK Piston Rings. *Polymer Degradation and Stability* [online]. 2021, 191. ISSN 01413910. Dostupné z: doi: 10.1016/j.polymdegradstab.2021.109666.
- SILVA, Ana Sanches a Seyed Mohammad NABAVI. Recent Advances in Natural Products Analysis. 2020, 825-833. ISBN 9780128164556. Dostupné z: doi:10.1016/B978-0-12-816455-6.00027-5.
- SLAVÍK, Bohumil a Jitka ŠTĚPÁNKOVÁ. Květena České republiky. 7. díl / ed. Bohumil Slavík ... [et al.] 7. 2004. ISBN 8020011617.
- SPARG, S.G., M.E. LIGHT a J. VAN STADEN. Biological activities and distribution of plant saponins. *Journal of ethnopharmacology* [online]. 2004, 94(2-3), 219-243. ISSN 03788741.
- SPIPKOVÁ, Jiřina. *Farmakognozie / Jiřina Spilková a kolektiv*. 2016. ISBN 9788024632643.
- STEFANOWICZ, Anna M., Paweł KAPUSTA, Małgorzata STANEK, Magdalena FRĄC, Karolina OSZUST, Marcin W. WOCH a Szymon ZUBEK. Invasive plant *Reynoutria japonica* produces large amounts of phenolic compounds and reduces the biomass but not activity of soil microbial communities. *Science of the Total Environment* [online]. 2021, 767. ISSN 00489697. Dostupné z: doi: 10.1016/j.scitotenv.2021.145439.
- STOYANOVA, Stela, Elenka GEORGIEVA, Iliana VELCHEVA, Pepa ATANASOVA a Vesela YANCHEVA. Lipid accumulation in *Cyprinus carpio* (Linnaeus, 1785) liver induced by thiamethoxam. *ZooNotes* [online]. 2019, (136-141), 1-4. ISSN 13139916.
- SZEWCZYK, Katarzyna, Christian ZIDORN, Anna BIERNASIUK, Łukasz KOMSTA a Sebastian GRANICA. Polyphenols from *Impatiens* (Balsaminaceae) and their antioxidant and antimicrobial activities. *Industrial Crops* [online]. 2016, 86, 262-272. ISSN 09266690. Dostupné z: doi: 10.1016/j.indcrop.2016.03.053.
- SZEWCZYK, Katarzyna, Danuta KALEMBA, Łukasz KOMSTA a Renata NOWAK. Comparison of the Essential Oil Composition of Selected *Impatiens* Species and Its Antioxidant Activities. *Molecules* [online]. 2016, 21(9), 1162-1162. ISSN 14203049. Dostupné z: doi:10.3390/molecules21091162

- SZEWczyk, Katarzyna; OLECH, Marta. Optimalizace extrakční metody pro stanovení profilů fenolových kyselin u různých druhů *Impatiens* na bázi LC–MS. *Phytochemistry Letters*, 2017, 20: 322-330.
- TARIKU, Yinebeb, Tadesse KEBEDE, Yalemtehay MEKONNEN, Ariaya HYMETE a Getachew BELAY. Antibacterial activity of five oil bearing Ethiopian medicinal plants against eleven pathogenic bacterial strains. *Medicinal Plants – International Journal of Phytomedicines and Related Industries* [online]. 2011, 3, 293-293. ISSN 09754261.
- TENE, M., P. TANE, B. L. SONDEGAM a J. D. CONNOLLY. Lignans from the roots of *Echinops giganteus*. *Phytochemistry* [online]. 2004, 65(14), 2101-5. ISSN 00319422. Dostupné z: doi: 10.1016/j.phytochem.2004.05.014
- VIEIRA, Mariana N., Peter WINTERHALTER a Gerold JERZ. Flavonoids from the flowers of *Impatiens glandulifera* Royle isolated by high performance countercurrent chromatography. *Phytochemical Analysis* [online]. 2016, 27(2), 116-125. ISSN 09580344. Dostupné z: doi:10.1002/pca.2606
- VRCHOTOVÁ, N., B. ŠERÁ a J. KREJČOVÁ. Allelopathic activity of extracts from *Impatiens* species. *Plant, Soil and Environment* [online]. 2011, 57(2), 57-60. ISSN 12141178. Dostupné z: doi:10.17221/156/2010-PSE
- WINK, Michael. *Fallopia japonica*, a Natural Modulator, Can Overcome Multidrug Resistance in Cancer Cells. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine* [online]. 2015, 2015. ISSN 1741427X. Dostupné z: doi:10.1155/2015/868424.
- WINK, Michael. *Fallopia japonica*: Bioactive Secondary Metabolites and Molecular Mode of Anticancer. *Journal of Traditional Medicine* [online]. 2018. ISSN 25734555. Dostupné z: doi:10.4172/2573-4555.1000193.
- WOOLLEY, G. Jack Author a Ltd JOHN WILEY & SONS. *Plant Alkaloids. ELS* [online]. 2001. ISBN 9780470016176. ISSN edsmrw. Dostupné z: doi: 10.1038/npg.els.0001914
- YANG, Wen-Chin a kol. Signalizace Tec kinázy v T buňkách je regulována fosfatidylinositol 3-kinázou a homologní doménou Tec pleckstrinu. *The Journal of Immunology*, 2001, 166.1: 387-395.
- ZELENÝ, V. Slavík, B. (ed.): Květena České republiky 5. *Biologia Plantarum* [online]. 1998, 41(1), 74-74. ISSN 00063134. Dostupné z: doi:10.1023/a:1001757826375.
- ZHOU, X.F.; ZHAO, X.Y.; TANG, L.; RUAL, H.L.; ZHANG, Y.H.; Pi, H.F.; XIAO, W.L.; SUN, H.D.; WU, J.Z. THREE new triterpenoid saponins from the rhizomes of *Impatiens pritzellii* var *hupehensis*. *J. Asian. Nat. Prod. Res.* 2007, 9, 379–385.

9 Seznam zkratek

2MNQ – 2-methoxy-1,4-naftochinon

Es – *Echinops sphaerocephalus*

G+ – grampozitivní

G- – gramnegativní

HPLC – vysokoúčinná kapalinová chromatografie

IDR – invazní druhy rostlin

Ig – *Impatiens glandulifera*

k. – kořen

kv. - květ

l. – list

Rj – *Reynoutria japonica*

s. - stonek

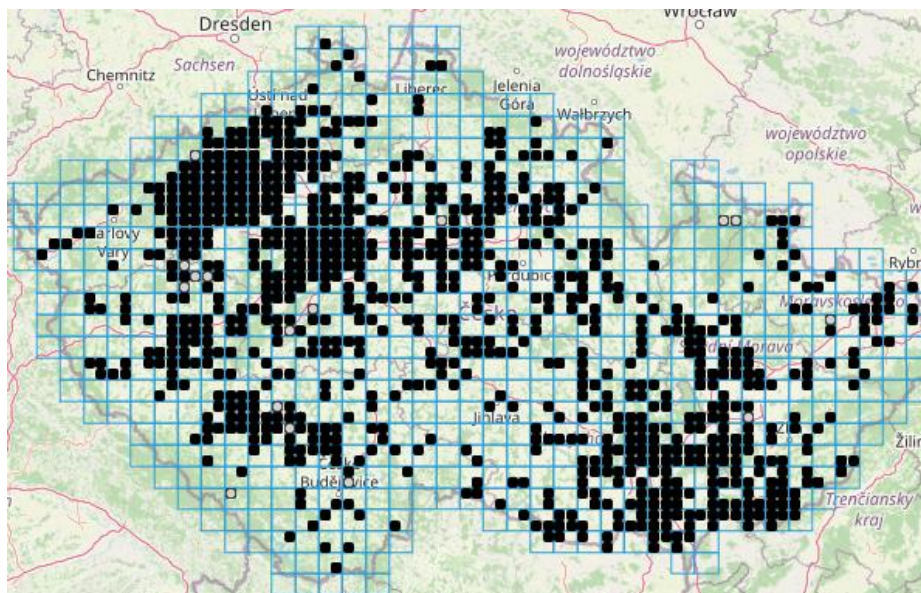
THNG – 1,2,4-trihydroxynaftalen-1-*O*-glukosid

Přílohy



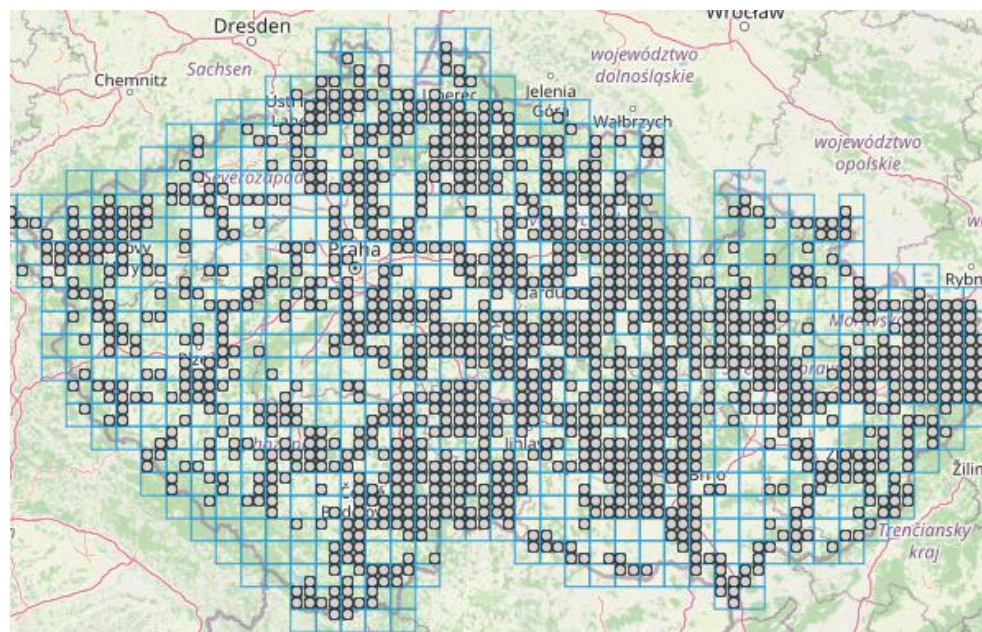
Příloha č. 1a *Echinops sphaerocephalus* (bělotrn kulatohlavý).

<https://pladias.cz/taxon/pictures/Echinops%20sphaerocephalus>



Příloha č. 1b Mapa znázorňující rozšíření *Echinops sphaerocephalus* (bělotrn kulatohlavý)

v ČR. <https://pladias.cz/taxon/distribution/Echinops%20sphaerocephalus>



Příloha č. 2a Mapa znázorňující rozšíření *Impatiens glandulifera* (netýkavka žláznatá) v ČR
<https://pladias.cz/taxon/distribution/Impatiens%20glandulifera>



© Pavel Veselý

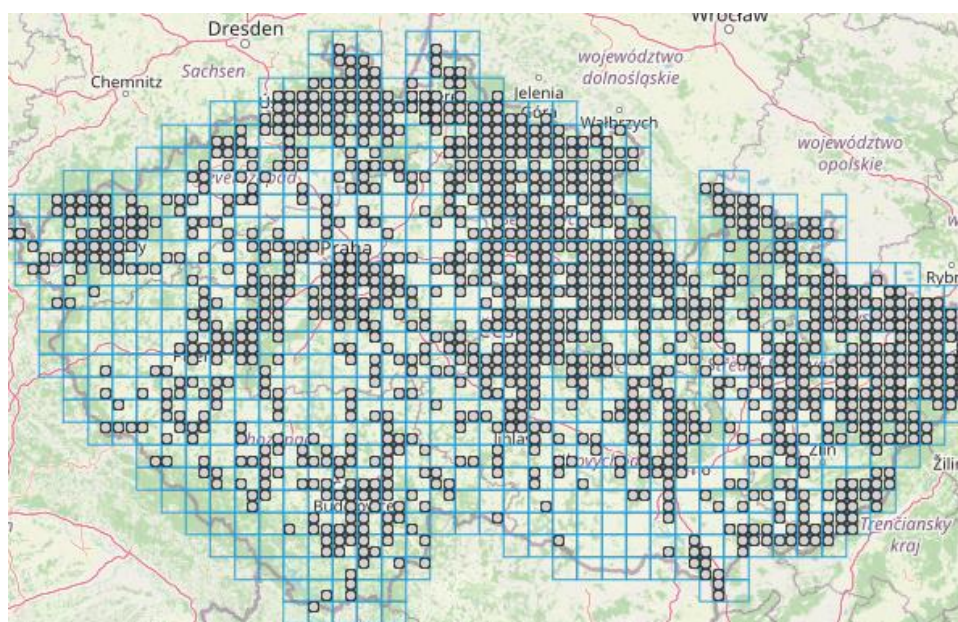


© Jana Halúzová

Příloha č. 2b *Impatiens glandulifera* (netýkavka žláznatá).
<https://pladias.cz/taxon/pictures/Impatiens%20glandulifera>



Příloha č. 3a Foto Jana Petránková; *Reynoutria japonica* (křídlatka japonská).



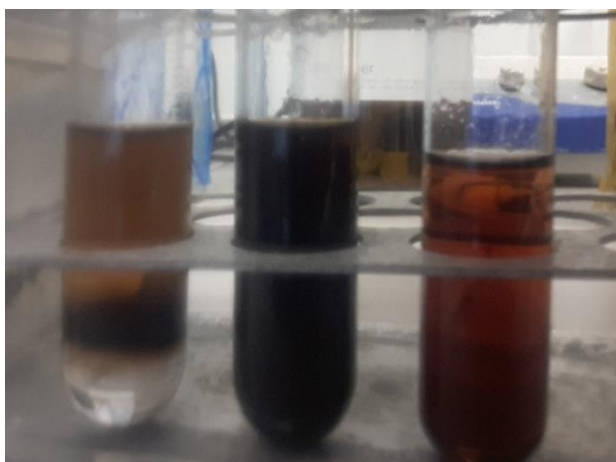
Příloha č. 3b Mapa znázorňující rozšíření *Reynoutria japonica* (křídlatka japonská) v ČR.
<https://pladias.cz/taxon/distribution/Impatiens%20glandulifera>



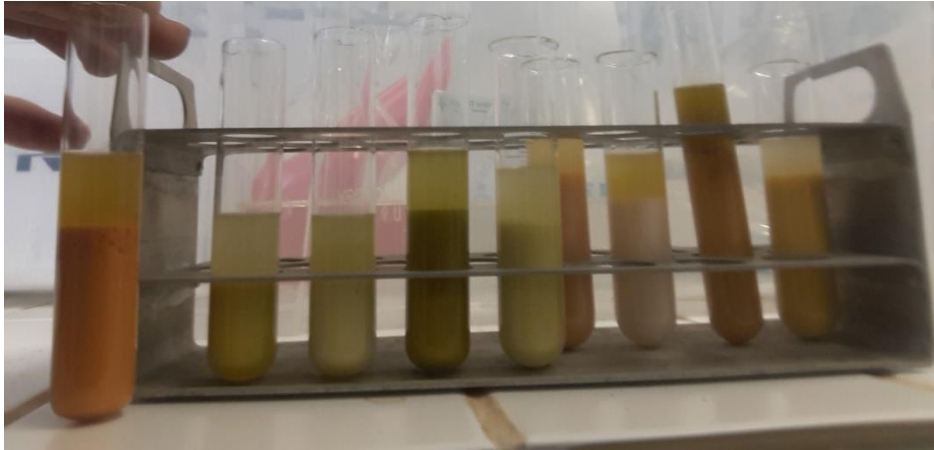
Příloha č. 4. Foto Fehlingův test pro důkaz sacharidů. Červená sraženina potvrzuje obsah sacharidů. Vodný extrakt *Echinops sphaerocephalus* kořen., stonk a list.



Příloha č. 5. Foto Braymerův test na obsah tříslovin. Zelená sraženina potvrzuje obsah tříslovin. Methanolový extrakt stonk *Echinops sphaerocephalus*, *Impatiens glandulifera* a *Reynoutria japonica*.



Příloha č. 6. Foto Keler Killanyho test na obsah glykosidů. Červenofialová či hnědá barva potvrzuje přítomnost kardiotonických glykosidů. Methanolový extrakt květ *Echinops sphaerocephalus*, *Impatiens glandulifera* a *Reynoutria japonica*.



Příloha č. 7. Foto Bornträgerův test na přítomnost antrachinonů s kontrolním testem u extraktu seny na fotce úplně vlevo. Pozitivní reakcí je pozorována změna vodné vrstvy do růžové, fialové, nebo červené barvy. Methanolový extrakt vepředu *Echinops sphaerocephalus* kořen, stonek, list a květ. Vzadu *Reynoutria japonica* kořen, stonek, list. a květ.