

***Rhus hirta* (L.) Sudw. – fytochemická charakteristika nejčastěji kultivovaného zástupce *Anacardiaceae* v České republice**

PETR BABULA¹, ANNA KORVASOVÁ¹, VOJTECH ADAM¹, RENÉ KIZEK¹

¹Veterinární a farmaceutická univerzita Brno, Farmaceutická fakulta, Ústav přírodních léčiv

Došlo 23. června 2011 / Přijato 21. července 2011

SOUHRN

***Rhus hirta* (L.) Sudw. – fytochemická charakteristika nejčastěji kultivovaného zástupce *Anacardiaceae* v České republice**

Čeleď *Anacardiaceae* Lindl. (ledviníkovité) je jednou z devíti čeledí řádu *Sapindales* Dumortier (mýdelníkotvaré). Obsahuje 600 druhů řazených do 70 rodů. Jedná se zejména o keře, stromy nebo liány rozšířené pantropicky, řada druhů však zasahuje i do mírného pásu severní polokoule. Řada zástupců je zemědělsky využívána pro produkci plodů (mango, mombin), u jiných se sbírají, upravují a konzumují semena (pistácie, kešu oříšky). Řada druhů, zejména však zástupci rodu *Toxicodendron* P. Mill. (jedovatec), má význam toxikologický, další druhy jsou široce využívány v lidovém léčitelství. V předloženém souhrnu je představen nejčastěji kultivovaný zástupce *Anacardiaceae* v České republice a současně také invazivní druh škumpa orobincová – *Rhus hirta* (L.) Sudw. Diskutovány jsou sekundární metabolity, jejich farmakologické vlastnosti a farmaceutický význam druhu.

Klíčová slova: *Rhus hirta* – *Anacardiaceae* – gallotaniny – silice – tradiční medicína

Čes. slov. Farm., 2011; 60, 229–236

SUMMARY

***Rhus hirta* (L.) Sudw. – Phytochemical characteristics of the most widely cultivated representative of the *Anacardiaceae* in the Czech Republic**

The family *Anacardiaceae* Lindl. (cashew family, sumac family) is one of the nine families of the order *Sapindales* Dumortier. It consists of about 600 species classified in 70 genera. Members of the family are shrubs, trees and lianas with pantropical distribution; however, a few species occur in the North Temperate Zone. Some species are used for the production of fruit (mango, mombin), some species are cultivated for edible seeds (pistachio, cashew nuts). Many species are of toxicological importance, especially members of the genus *Toxicodendron* P. Mill., other species are widely used in folk medicines. This review introduces the most widely cultivated species of the *Anacardiaceae* family in the Czech Republic and concurrently invasive plant Staghorn Sumac – *Rhus hirta* (L.) Sudw. The secondary metabolites, their pharmacological properties and pharmaceutical importance of the species are discussed.

Key words: *Rhus hirta* – *Anacardiaceae* – gallotanins – essential oil – folk medicine

Čes. slov. Farm., 2011; 60, 229–236

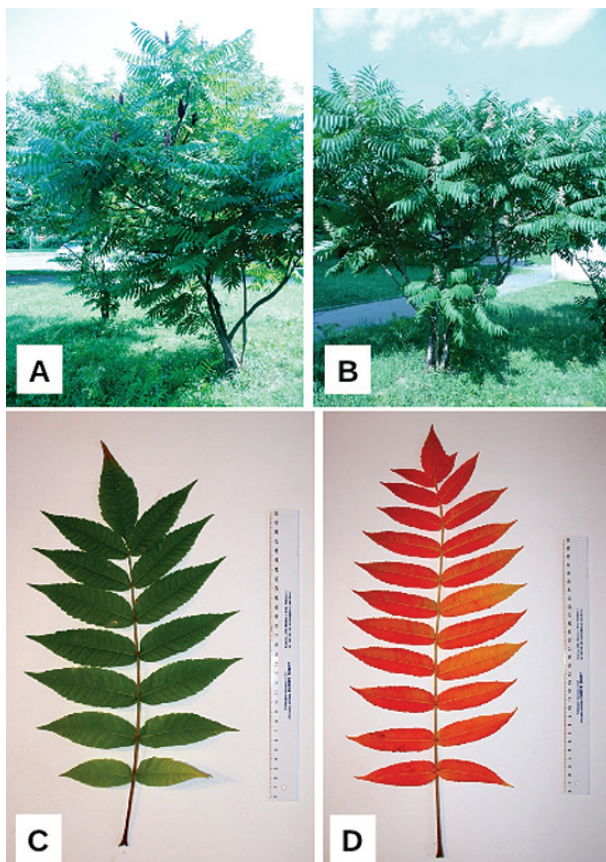
Má

Adresa pro korespondenci:

doc. PharmDr. Petr Babula, Ph.D.
Ústav přírodních léčiv FaF VFU
Palackého 1–3, 612 42 Brno
e-mail: petr-babula@email.cz

Botanická charakteristika *Rhus hirta* (L.) Sudw.

Škumpa orobincová – *Rhus hirta* (L.) Sudw. – je zástupcem čeledi *Anacardiaceae* Lindl., která je řazena do řádu *Sapindales* Dumortier. Samotná čeleď zahrnuje přibližně 600 druhů řazených do 70 rodů, z nichž mnohé byly a stále jsou předmětem zájmu fytochemiků vzhledem k přítomným sekundárním metabolitům ¹⁾. Mnohé druhy však mají i význam toxikologický. Jedním z rodů čeledi je i rod *Rhus* L. – škumpa – s asi 250 druhy rozšířenými v tropech a subtropích zejména Severní Ameriky a Afriky, ale také Asie ¹⁾. Škumpa orobincová je až 10 metrů vysoký dvoudomý opadavý keř s korunou kulovi-

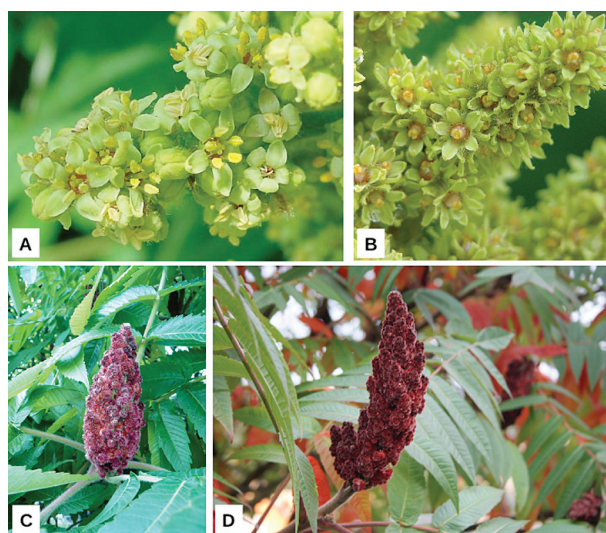


Obr. 1. Habitus *Rhus hirta* (L.) Sudw.

A – samičí rostlina s čerstvě dozralými i loňskými plodenstvími, B – samčí rostlina s málo kompaktními odkvétajícími květenstvími; morfologická stavba listu – složený, lichozpeřený, mnohojařmý list, C – zbarvení listu v létě (červenec), D – zbarvení listu na podzim (říjen) (foto autoři)

tého až deštníkovitého tvaru. Mladé větve jsou silné, silně sametově chlupaté. Listy jsou střídavé, přisedlé, až 50 cm dlouhé, lichozpeřené, mnohojařmé s 5–15 jařmy, s 9–31 lístky. Lístky jsou podlouhle kopinaté, na konci dlouze zašpičatělé a na bázi zaoblené, mají pilovitý okraj a jsou 5–12 cm dlouhé (obr. 1). Svrchní strana lístků je tmavě zelená a hladká, spodní strana je šedo zelená, jemně ochlupená. Na podzim se listy barví do červenooranžova. Řápek je hustě pokrytý jemnými trichomy ²⁾.

Květy jsou uspořádány v palicovitých hustých koncových latách, jejichž délka dosahuje 10–20 cm a šířka



Obr. 2. A – morfologická stavba samčího květu: odkvétající méně kompaktní samčí květenství s viditelnými tyčinkami, B – morfologická stavba samičího květu: kompaktnější samičí květenství se zřetelným narůžovělým nektariovým diskem na bázi pestíku. Morfologická stavba plodenství: hustá palicovitá plodenství tvořená kulatými ochlupenými peckovicemi. C – zrající plodenství (červenec), D – zalé plodenství (říjen), které na rostlině vytrvává celou zimu (foto autoři)

4–6 cm u báze. Samčí květenství jsou větší a méně kompaktní než květenství samičí. Samčí květy jsou pravidelné, pětičetné, se žlutavě zelenými korunními lístky, zelenými kališními lístky, pěti tyčinkami a zakrnělým sterilním pestíkem. Stavba samičích květů je obdobná, barva korunních lístků je však často načervenalá. Semeník je svrchní, synkarpní, sestávající ze tří srostlých plodolistů obsahujících po jednom vajíčku. V květech samičích jsou přítomné zakrnělé sterilní tyčinky. U obou typů květů se na bázi nachází nektariový disk ³⁾. Nektária samičích květů produkují větší množství koncentrovanějšího nektaru než je tomu u květů samčích ^{4,5)}. Samčí i samičí rostliny vykvétají od června do července. Plodem jsou karmínově ochlupené kulaté peckovice, které v průměru měří asi 4 mm a obsahují po jednom semeni. Peckovice jsou sdružené v hustá, palicovitá, dlouho vytrvávající plodenství ²⁾ (obr. 2).

Současný latinský název škumpy orobincové je *Rhus hirta* (L.) Sudw., který vychází ze dvou dříve používaných názvů *Datiscia hirta* L. a *Rhus typhina* L. ⁶⁾. Anglický název „Staghorn Sumac“ vychází z větvení připomínajícího jemně ochlupené parohy jelena ⁷⁾.

Škumpa orobincová má původ ve východní části Severní Ameriky ²⁾. První zmínka o výskytu škumpy orobincové na území České republiky pochází z roku 1835, kdy byla dovezena za účelem vysazení v Královské zahradě v Praze ⁸⁾. Od roku 1900 se vyskytuje i ve volné přírodě ⁹⁾. Jedná se o invazivní rostlinu, která se intenzivně rozmnožuje generativním, ale hlavně vegetativním způsobem, a to prostřednictvím četných kořenových výmladků, které činí rostliny prakticky nevymýtitelné ^{10,13)}. Roli v invazivním šíření hraje zcela jistě také selekce klonů adaptovaných k daným podmínkám ¹⁴⁾. Druh se šíří nejen ve volné přírodě, ale také ve městech a ve výstavbě obecně, představuje tedy pionýrský druh ¹⁵⁻¹⁸⁾. Rozmnožování generativní, prostřednictvím

semen, s sebou nese některá úskalí, zejména pak nutnost překonání fyziologické dormance, která má původ ve specifické stavbě části oplodí - endokarpu - a osemení^{19, 20}. Teprve po překonání dormance (působením abiotických faktorů, roli hrají také příležitostné požáry) semena klíčí²¹. Bylo zjištěno, že mladé rostliny škumpy orobincové snášejí velmi dobře široké rozpětí světelných podmínek, což ji zvyhodňuje oproti ostatním rostlinám a činí z druhu druh invazivní^{22, 23}. Za ekologické zvyhodnění zodpovídají také sekundární metabolity škumpy rozpustné ve vodě - bylo zjištěno, že vodné extrakty inhibují růst jiných rostlin a mají tedy allelopatický potenciál²⁴. Za invazivnost druhu nejsou pravděpodobně zodpovědné jen výše uvedené faktory, ale i specifická stavba pletiv. Byl zkoumán vztah mezi vysokou pórovitostí sekundárního xylému kořenů a odolností a možným invazivním šířením škumpy, definitivní závěry však stále učiněny nebyly²⁵.

Pěstovány jsou také tři kultivary škumpy orobincové. *R. hirta* cv. *Dissecta* má lístky hluboce peřenosečné, *R. hirta* cv. *Laciniata* má lístky stejné jako cv. *Dissecta*, ale mělčeji vykrajované, a vyznačuje se květenstvím s početnými peřenosečně zastříhanými listeny. *R. hirta* cv. *Tiger Eyes* vznikl jako mutace *R. hirta* „*Laciniata*“, má růžové řapíky a hluboce vykrajované žlutozelelé lístky, na podzim oranžové²⁶.

Sekundární metabolity *Rhus hirta* (L.) Sudw.

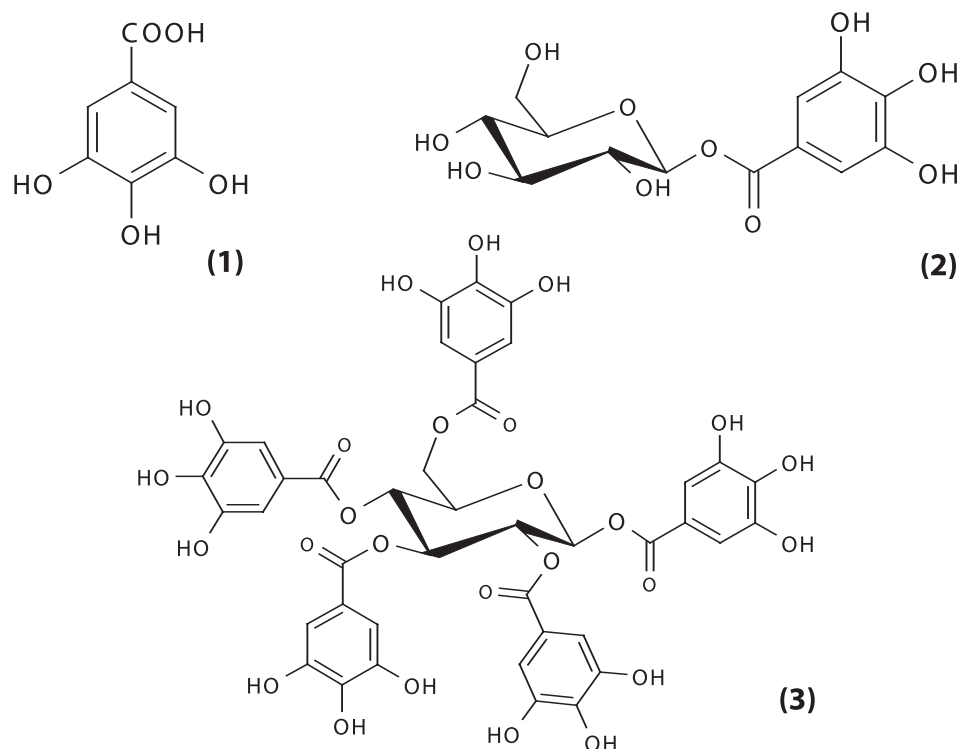
Gallotaniny

Nejvýznamnějšími a nejvíce prostudovanými obsahovými látkami škumpy orobincové jsou hydrolyzovatelné třísloviny gallotaninového typu, které mohou být

definovány jako estery kyseliny gallové s polyolem, nejčastěji β -D-glukopyranosou. Nejjednodušším gallotaninem je 1-O-galloyl- β -D-glukopyranosa (β -glukogallin). Následné substituce tohoto monoesteru vedou ke vzniku až 1,2,3,4,6-penta-O-galloyl- β -D-glukopyranosy (obr. 3)^{27, 28}.

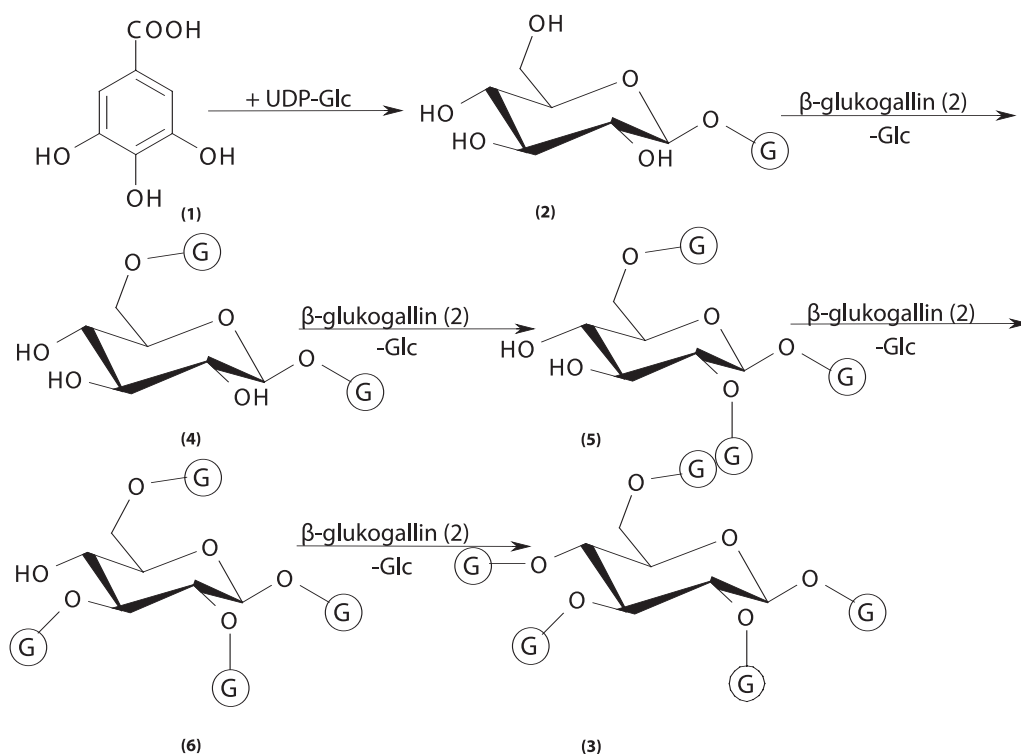
Biosyntéza gallotaninů vychází z kyseliny gallové (obr. 4)^{29, 30}. Bylo prokázáno, že původ kyseliny gallové je v erythroza 4-fosfátu a v následném produktu 5-dehydrošikimátu, protokatechová kyselina nebyla v případě *Rhus hirta* identifikována jako prekurzor biosyntézy kyseliny gallové³¹. Molekula glukosy v podobě UDP-glukosy je esterifikována kyselinou gallovou v poloze C1 za vzniku β -glukogallinu. Molekula kyseliny gallové pro následující reakci je přinášena v podobě β -glukogallinu, který tak funguje jako akceptor acylu a zároveň jako donor acylu, což znamená, že jde o energeticky bohatou aktivovanou molekulu³². Tatáž reakce probíhá až po syntézu pentagalloylglukosy. Substituce hydroxylů glukosy vykazuje extrémní specifitu a probíhá vždy v pořadí: β -glukogallin \rightarrow 1,6-digalloylglukosa \rightarrow 1,2,6-trigalloylglukosa \rightarrow 1,2,3,6-tetragalloylglukosa \rightarrow 1,2,3,4,6-pentagalloylglukosa³³⁻³⁷.

Jednotlivé mono- až penta-substituované estery jsou označovány jako „jednoduché“ galloylglukosy lišící se od „komplexních“ galloylglukos a gallotaninů jako takových. Komplexní gallotaniny vznikají připojováním dalších zbytků kyseliny gallové na pentagalloylglukosové jádro, čímž vznikají vysokomolekulární struktury obsahující až 10, výjimečně i více, zbytků kyseliny gallové. Reakce vedoucí k tvorbě komplexních gallotaninů probíhá stejným mechanismem, tj. prostřednictvím β -glukogallinu jako prekurzoru, ačkoliv aromatické hydroxylové



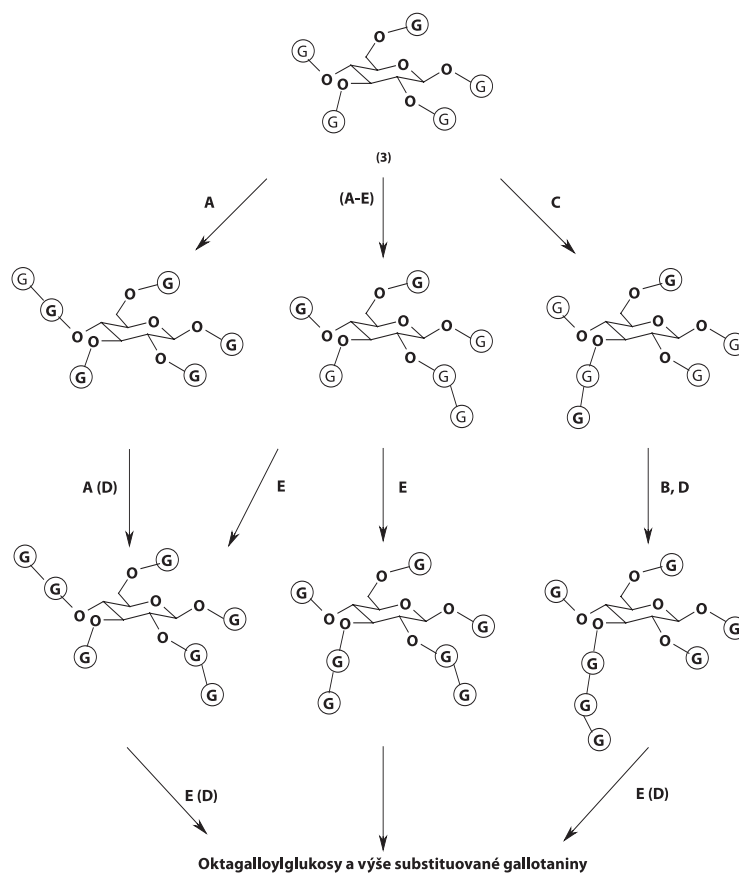
Obr. 3. Prekurzory hydrolyzovatelných tříslovin

1 - kyselina gallová, 2 - 1-O-galloyl- β -D-glukopyranosa (β -glukogallin), 3 - 1,2,3,4,6-penta-O-galloyl- β -D-glukopyranosa



Obr. 4. Biosyntéza gallotaninů I

1 – kyselina gallová, 2 – 1-O-galloyl-β-D-glukopyranosa (β-glukogallin), 3 – 1,2,3,4,6-penta-O-galloyl-β-D-glukopyranosa, 4 – 1,6-di-O-galloyl-β-D-glukopyranosa, 5 – 1,2,6-tri-O-galloyl-β-D-glukopyranosa, 6 – 1,2,3,6-tetra-O-galloyl-β-D-glukopyranosa, G – galloyl



Obr. 5. Biosyntéza gallotaninů II

3 – 1,2,3,4,6-penta-O-galloyl-β-D-glukopyranosa, G – galloyl, A, B, C, D, E – galloyltransferasy A–E. Hlavní cesty biosyntézy jsou vyznačeny šipkami, převažující enzymové aktivity písmeny A–E.

skupiny galloylů se svými chemickými vlastnostmi značně liší od alifatických hydroxylů glukosy. Zbytky kyseliny gallové se na galloyly 1,2,3,4,6-penta-*O*-galloyl- β -D-glukopyranosy váží v poloze *meta*, a vytvářejí tak charakteristická *meta*-depsidická seskupení³⁸. Reakce jsou katalyzovány několika enzymy (galloyltransferasy A–E) s různou afinitou k penta-, hexa- a heptagalloylglukopyranosovým substrátům (obr. 5)^{39–41}.

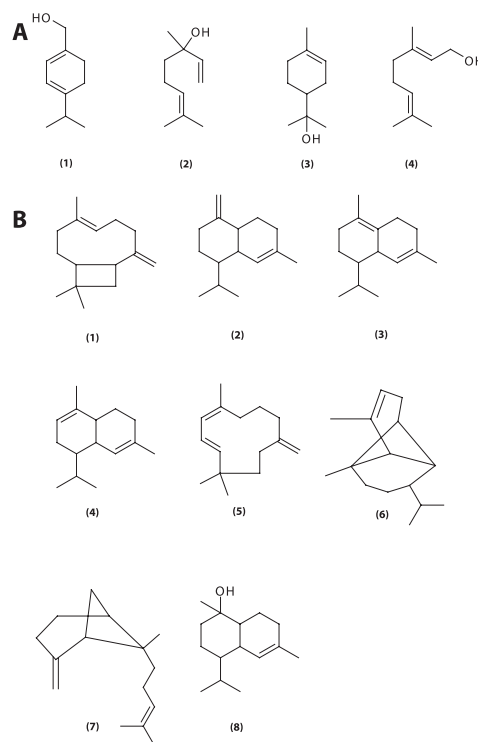
Výsledné produkty biosyntézy jsou deponovány v buněčných stěnách, ale také v intercelulárních prostorech a chloroplastech⁴². Výše uvedené biosyntetické cesty gallotaninů byly objasněny za použití *Rhus typhina* jako modelové rostliny, která se pro tyto účely používala již od šedesátých let 20. století^{43,44}.

V listech škumpy orobincové je nejhojnějším zástupcem gallotaninů 3,6-bis-*O*-digalloyl-1,2,4-tri-*O*-galloyl- β -D-glukopyranosa⁴⁵. Odvozeny byly i explantátové kultury, u kterých byla zkoumána schopnost produkce gallotaninů⁴⁶.

Další obsahové látky

Mezi další obsahové látky patří triterpeny s hemiketalovým můstkem v kruhu A (3 α ,20-dihydroxy-3 β ,25-epoxylupan, izolován z květů), fytoosteroly a cynarin^{47,48}. Ve dřevě byly nalezeny flavonoidy 3',4',6-trihydroxyauron (sulfuretin), fustin a kvercitrin, stejně jako v ostatních částech rostliny^{49–51}. Fenolické a další látky, s výjimkou výše uvedených gallotaninů, patří u škumpy mezi ty nejméně prozkoumané^{52–54}. Je jen málo prací, které se jimi zabývají. Z dalších prací stojí za zmínku práce zabývající se purifikací enzymů ze skupiny laktas, které hrají významnou roli v biosyntéze ligninu⁵⁵.

V listech je obsažena silice, u které byl potvrzen insekticidní účinek. Za tento účinek jsou zodpovědné zejména alkoholy a karboxylové kyseliny fytol, linalool, tetradekanol, dokosanol, tetradekanová a hexadekanová kyselina. Kromě těchto složek obsahuje silice řadu dalších látek. Patří mezi ně monoterpenické alkoholy (obr. 6), konkrétně *p*-menthadien-7-ol, linalool, terpineol, geraniol, seskviterpenické uhlovodíky, a to karyofylen, δ -kadinen, γ -kadinen, α -muurolen, humulen, α -kopaen, α -*trans*- β -bergamoten a pět dalších, jejichž struktura nebyla identifikována, seskviterpenické kyslíkaté sloučeniny, např. torreyol, ze skupiny diterpenů je obsažen fytol a hexahydroxyfarnesylacetone – oxidační produkt



Obr. 6. Monoterpenické alkoholy obsažené v silici listů *R. hirta* (A)

1 – *p*-menthadien-7-ol, 2 – linalool, 3 – terpineol, 4 – geraniol

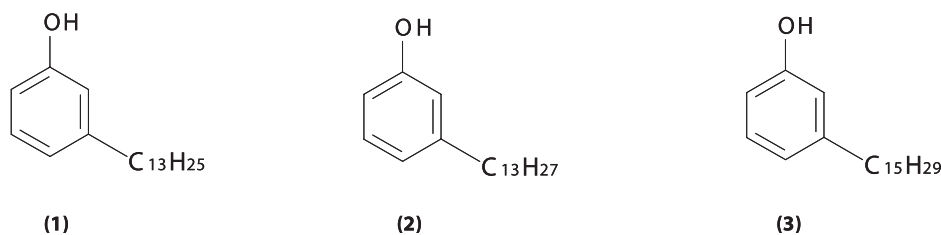
Seskviterpenické sloučeniny obsažené v silici listů *R. hirta* (B)

Seskviterpenické uhlovodíky (sloučeniny 1–7): 1 – karyofylen, γ - δ -kadinen, 3 – δ -kadinen, 4 – α -muurolen, 5 – α -humulen, 6 – α -kopaen, 7 – α -*trans*- β -bergamoten

Seskviterpenické alkoholy: 8 – torreyol

fytolu. V silici byly dále identifikovány mastné kyseliny (dodekanová, tetradekanová, pentadekanová, hexadekanová a oktadekanová), n-uhlovodíky od heptanu po triakontan, nasycené aldehydy s dlouhým řetězcem (od *n*-nonanal po oktadecanal), α , β -nenasycené aldehydy s dlouhým řetězcem (2-oktenal, 2-nonenal, 2-decenal, 2-undecenal). Dále byly v silici identifikovány furfural, hex-3-en-1-ol, oktan-1-ol, tetradekan-1-ol, hexadekan-1-ol, oktadekan-1-ol, eikosan-1-ol, dokosan-1-ol a benzylsalicylát⁵⁶. Nenasycené mastné kyseliny byly nalezeny v plodech^{57,58}.

Stejně jako u jiných zástupců byly i u škumpy orobincové identifikovány fenolické lipidy, konkrétně *m*-tridecenyfenol, *m*-tridecylfenol a *m*-pentadecenyfenol (obr. 7)⁵⁶.



Obr. 7. Fenolické lipidy (*m*-alkylfenoly, *m*-alkenylfenoly) obsažené v silici listů *R. hirta*
1 – *m*-tridecenyfenol, 2 – *m*-tridecylfenol, 3 – *m*-pentadecenyfenol

Biologické účinky extraktů a sekundárních metabolitů *RHUS hirta* (L.) Sudw.

Zástupci rodu *Rhus* jsou poměrně intenzivně zkoumány, a to nejen z pohledu jejich sekundárních metabolitů, ale také jejich účinku. Extrakty různých částí různých druhů rodu prokázaly účinky antifungální, protizánětlivé, antimikrobiální, antivirální, cytotoxické, antimalarické, hypoglykemické a mnohé další^{59, 60}. Celá řada druhů rodu byla a je dávana do souvislosti s kontaktními alergiemi a dermatitidami, nicméně *Rhus hirta* mezi tyto druhy nepatří⁶¹. Bohužel, škumpa orobincová patří stále k těm pouze málo prozkoumaným druhům. Bylo prokázáno, že methanolický extrakt z plodů škumpy orobincové má antioxidační účinky⁶². V případě superoxidových radikálů vykázal podobnou aktivitu jako extrakt ze zeleného čaje, v případě peroxidových radikálů dokonce vyšší aktivitu v porovnání s extrakty zeleného čaje nebo kyselinou askorbovou⁶³. U methanolického extraktu byla prokázána inhibice proteas. Extrakt inhiboval trypsin s inhibiční koncentrací $IC_{50} = 1,2 \mu\text{g/ml}$ a trombin při minimální inhibiční koncentraci $MIC = 20,5 \mu\text{g/ml}$. Methanolické extrakty různých částí *Rhus hirta* inhibovaly nejen výše uvedené proteázy, ale také urokinázu a serin proteázy⁶⁴. Ethanolický extrakt z plodů prokázal rovněž protimikrobní aktivitu vůči gram-pozitivním i gram-negativním bakteriím a antifungální aktivitu proti kvasinkám. V experimentech byly nejvíce citlivé *Bacillus cereus* a *Helicobacter pylori* ($MIC = 0,10 \%$ vztažená ke koncentraci extraktu – w/v). Kvasinky byly citlivé méně ($MIC = 0,60\text{--}0,75 \%$ vztažená ke koncentraci extraktu – w/v)⁶⁵.

V listech nejhojněji obsažený gallotanin 3,6-bis-*O*-digalloyl-1,2,4-tri-*O*-galloyl- β -D-glukopyranosa vykazuje protinádorovou a interferon indukující aktivitu⁴⁵. V této souvislosti je zkoumán také sulfuretin a jeho cytotoxické účinky⁶⁶. Gallotaniny izolované z jiného druhu rodu, *Rhus verniciflua*, prokázaly cytotoxicity na různých buněčných liniích, jedná se tedy o sekundární metabolity spolu s fenolickými lipidy zodpovědné za cytotoxické vlastnosti zjištěné i u jiných druhů rodu^{67, 68}. Prekurzor gallotaninů – 1,2,3,4,6-penta-*O*-galloyl- β -D-glukopyranosa – prokázal schopnost snižovat glykémii u diabetických a obézních zvířat. Mechanismus účinku je stále zkoumán, předpokládá se interakce s inzulínovými receptory. Autoři studie předpokládají, že je možnost od této molekuly odvíjet nové látky pro léčbu diabetu a metabolického syndromu⁶⁹.

Extrakt z listů škumpy byl zkoumán ve vztahu k produkci methanu přežvýkavci, což představuje, míněno řadou vědců, závažný problém vzhledem ke globálnímu oteplování. Gallotaniny byly identifikovány jako látky zodpovědné za inhibici methanogeneze přežvýkavci⁷⁰. Díky možnému uplatnění gallotaninů byla zkoumána jejich stabilita. Bylo zjištěno, že během sušení nedochází ke snížení jejich biologické aktivity⁷¹. Faktem zůstává, že gallotaniny představují látky stále intenzivně zkoumané, a to nejen z pohledu farmakologického, ale také z pohledu analytického⁷².

Využití druhu *RHUS hirta* (L.) Sudw.

V Severní Americe byla škumpa orobincová dříve využívána domorodým obyvatelstvem pro své léčivé účinky. Nálevy a odvary z různých orgánů byly využívány jednotlivými indiánskými kmeny při rozličných onemocněních. Používaly se zejména plody, a to při nechutenství, nočním pomočování, jako antiemetikum, antidiarhoikum a anthelmintikum^{73, 74}. Kůra se využívala pro zvýšení laktace a také k oddálení předčasného porodu a jako dermatologikum. Kořen byl využíván pro léčbu pohlavních chorob a jako dermatologikum a hemostatikum. Květy se používaly proti bolestem břicha^{73, 75}. Listy infikované hálkami byly používány jako adstringens. Různé rostlinné orgány se využívaly v kombinaci s dalšími rostlinami při revmatismu, horečce, dále při kašli, tuberkulóze a různých plicních onemocněních⁷⁶. Domorodé kmeny Algonkinů, Delavarů, Irokézů, Malecítů využívaly extrakty z plodů k mírnění symptomů diabetu⁷⁵. Některé indiánské kmeny kouřily listy škumpy spolu s tabákem⁷⁵.

Vzhledem k vysokému obsahu tříslovin se listy a kůra používaly k výrobě přírodních barviv a mořidel⁷⁷. Dřevo je díky svému zajímavému oranžově červenému zbarvení atraktivním materiálem pro řezbářství⁷⁴.

Ve Spojených státech se dodnes připravuje nápoj známý pod názvem „indiánská limonáda“ nebo „škumpová limonáda“, anglicky „Sumac lemonade“, krátce „sumacade“⁷⁸. Z rozdrcených plodů se připravuje macerát, přičemž se z trichomů peckovic vyextrahuje kyselina jablečná, která nápoji dodává natrpklou chuť. Při přípravě odvaru dochází také k vyluhování hořce chutnajících tříslovin. Limonáda se po oslazení cukrem nebo medem, popř. dochucení hřebíčkem nebo skořicí podává horká nebo studená. Plody byly rovněž konzumovány americkými indiány, nebo se z nich připravovalo želé^{75, 78}.

V Evropě je škumpa orobincová využívána zejména jako okrasná dřevina, oblíbená pro kulovitý až deštníkovitý tvar koruny a na podzim sytě oranžově až červeně zbarvené listy. Dekorativního vzhledu nabývá škumpa také po opadu listů díky setrávajícím plodenstvím a zajímavému větvení větví⁸.

LITERATURA

- Judd, W. S., Campbell, C. S., Kellogg, E. A., Stevens, P. F., Donoghue, M. J.: Plant systematics – a phylogenetic approach. 2nd ed. Sunderland: Sinauer Associates, Inc. 2002; 576 s.
- Kubát, R., Hrouda, L., Chrtek, J., Kaplan, Z., Kirschner, J., Stěpánek, J.: Klíč ke květeně České republiky. 1. vyd. Praha: Academia 2002; 928 s.
- Bachelier, J. B., Endress, P. K.: Comparative floral morphology and anatomy of Anacardiaceae and Burseraceae (Sapindales), with a special focus on gynoeceum structure and evolution. Bot. J. Linnean Soc. 2009; 159, 499–571.
- Greco, C. F., Holland, D., Kevan, P. G.: Foraging behaviour of honey bees (*Apis mellifera* L.) on staghorn sumac (*Rhus hirta* Sudworth (ex-typhina L.)):

- Differences and dioecy. *Can. Entomol.* 1996; 128, 355–366.
5. **Gallant, J. B., Kemp, J. R., Lacroix, C. R.:** Floral development of dioecious staghorn sumac, *Rhus hirta* (Anacardiaceae). *Int. J. Plant Sci.* 1998; 159, 539–549.
 6. **Reveal, J. L.:** *Rhus-Hirta* (L.) Sudworth, a newly revived correct name for *Rhus-Typhina* L. (Anacardiaceae). *Taxon* 1991; 40, 489–492.
 7. **Grandtner, M. M.:** Elsevier's dictionary of trees. 1st ed. Radarweg: Elsevier; B.V. 2005; 1493 s.
 8. **Pilát, A.:** Listnaté stromy a keře našich zahrad a parků. 1. vyd. Praha: Statní zemědělské nakladatelství 1953; 1100 s.
 9. **Mollerova, J.:** Notes on invasive and expansive trees and shrubs. *J. For. Sci.* 2005; 51, 19–23.
 10. **Werner, P. A., Harbeck, A. L.:** The pattern of tree seedling establishment relative to staghorn sumac cover in Michigan old fields (*Rhus typhina*). *Am. Midl. Nat.* 1982; 108, 124–132.
 11. **Doust, J. L., Doust, L. L.:** Modules of production and reproduction in a dioecious clonal shrub, *Rhus-Typhina*. *Ecology* 1988; 69, 741–750.
 12. **Meilleur, A., Veronneau, H., Bouchard, A.:** Shrub communities as inhibitors of plant succession in southern Quebec. *Environ. Manage.* 1994; 18, 907–921.
 13. **Fan, P., Marston, A.:** How can phytochemists benefit from invasive plants? *Nat. Prod. Commun.* 2009; 4, 1407–1416.
 14. **Luken, J. O.:** Gradual and episodic changes in the structure of *Rhus-Typhina* clones. *Bull. Torrey Bot. Club.* 1990; 117, 221–225.
 15. **Peterson, C. J., Facelli, J. M.:** Contrasting germination and seedling growth of *Betula-Alleghaniensis* and *Rhus-Typhina* subjected to various amounts and types of plant litter. *Am. J. Bot.* 1992; 79, 1209–1216.
 16. **Wang, G. M., Jiang, G. M., Yu, S. L., Li, Y. H., Liu, H.:** Invasion possibility and potential effects of *Rhus typhina* on Beijing municipality. *J. Integr. Plant Biol.* 2008; 50, 522–530.
 17. **Del Tredici, P.:** Spontaneous urban vegetation: reflections of change in a globalized world. *Nat. Cult.* 2010; 5, 299–315.
 18. **Zhang, C. H., Zheng, Y. Q., Li, J. L., Yan, H. P., Wang, L.:** Dispersal of staghorn sumac in Beijing areas. *Acta Ecol. Sin.* 2005; 25, 978–985.
 19. **Li, X. J., Baskin, J. M., Baskin, C. C.:** Seed morphology and physical dormancy of several North American *Rhus* species (Anacardiaceae). *Seed Sci. Res.* 1999; 9, 247–258.
 20. **Li, X. J., Baskin, J. M., Baskin, C. C.:** Physiological dormancy and germination requirements of seeds of several North American *Rhus* species (Anacardiaceae). *Seed Sci. Res.* 1999; 9, 237–245.
 21. **Marks, P. L.:** Apparent fire-stimulated germination of *Rhus-typhina* seeds. *Bull. Torrey Bot. Club.* 1979; 106, 41–42.
 22. **Lafleur, P. M., Farnsworth, A. G.:** Light interception and canopy radiation balance of staghorn sumac (*Rhus typhina*). *Can. J. For. Res.-Rev. Can. Rech. For.* 2008; 38, 1695–1700.
 23. **Zhang, Z. J., Jiang, C. D., Zhang, J. Z., Zhang, H. J., Shi, L.:** Ecophysiological evaluation of the potential invasiveness of *Rhus typhina* in its non-native habitats. *Tree Physiol.* 2009; 29, 1307–1316.
 24. **Sun, T. X., Lu, F. D., Zheng, Y. Q., Zhang, C. H., Li, B. J., Wang, L., Yang, X. Y.:** Allelopathic activity of exotic tree *Rhus typhina*. *For. Res.* 2010; 23, 195–201.
 25. **Jaquish, L. L., Ewers, F. W.:** Seasonal conductivity and embolism in the roots and stems of two clonal ring-porous trees, *Sassafras albidum* (Lauraceae) and *Rhus typhina* (Anacardiaceae). *Am. J. Bot.* 2001; 88, 206–212.
 26. **Nelson, W. R.:** Planting design: a manual of theory and practice. 2nd ed. Champaign: Stipes Publishing, Llc. 1979; 271 s.
 27. **Denzel, K., Gross, G. G.:** Biosynthesis of gallotannins – enzymatic disproportionation of 1,6-digalloylglucose to 1,2,6-trigalloylglucose and 6-galloylglucose by an acyltransferase from leaves of *Rhus-typhina* L. *Planta* 1991; 184, 285–289.
 28. **Gross, G. G., Denzel, K.:** Biosynthesis of gallotannins – beta-glucogallin-dependent galloylation of 1,6-digalloylglucose to 1,2,6-trigalloylglucose. *Zeitschrift fur Naturforschung C. J. Biosci.* 1991; 46, 389–394.
 29. **Werner, I., Bacher, A., Eisenreich, W.:** Retrobiosynthetic NMR studies with C-13-labeled glucose – Formation of gallic acid in plants and fungi. *J. Biol. Chem.* 1997; 272, 25474–25482.
 30. **Guzik, U., Wojcieszynska, D., Jaroszek, P.:** Biosynthesis of gallic acid and its application. *Biotechnology* 2010; 1, 119–131.
 31. **Werner, R. A., Rossmann, A., Schwarz, C., Bacher, A., Schmidt, H. L., Eisenreich, W.:** Biosynthesis of gallic acid in *Rhus typhina*: discrimination between alternative pathways from natural oxygen isotope abundance. *Phytochemistry* 2004; 65, 2809–2813.
 32. **Grundhofer, P., Niemetz, R., Schilling, G., Gross, G. G.:** Biosynthesis and subcellular distribution of hydrolyzable tannins. *Phytochemistry* 2001; 57, 915–927.
 33. **Denzel, K., Schilling, G., Gross, G. G.:** Biosynthesis of gallotannins. Enzymatic conversion of 1,6-digalloylglucose to 1,2,6-trigalloylglucose. *Planta* 1988; 176, 135–137.
 34. **Grundhofer, P., Gross, G. G.:** Purification of tetragalloylglucose 4-O-galloyltransferase and preparation of antibodies against this key enzyme in the biosynthesis of hydrolyzable tannins. *Z. Naturforsch. (C). Biosci.* 2000; 55, 582–587.
 35. **Hagenah, S., Gross, G. G.:** Biosynthesis of 1,2,3,6-tetra-O-galloyl-beta-D-glucose. *Phytochemistry* 1993; 32, 637–641.
 36. **Rausch, H., Gross, G. G.:** Preparation of [C-14]-labelled 1,2,3,4,6-penta-O-galloyl-beta-D-glucose and related gallotannins. *Z. Naturforsch. (C).* 1996; 51, 473–476.
 37. **Niemetz, R., Gross, G. G.:** Enzymology of gallotannin and ellagitannin biosynthesis. *Phytochemistry* 2005; 66, 2001–2011.
 38. **Niemetz, R., Gross, G. G.:** Gallotannin biosynthesis: beta-glucogallin: hexagalloyl 3-O-galloyltransferase from *Rhus typhina* leaves. *Phytochemistry* 2001; 58, 657–661.
 39. **Niemetz, R., Gross, G. G.:** Gallotannin biosynthesis: Purification of beta-glucogallin: 1,2,3,4,6-pentagalloyl-beta-D-glucose galloyltransferase from sumac leaves. *Phytochemistry* 1998; 49, 327–332.
 40. **Niemetz, R., Gross, G. G.:** Gallotannin biosynthesis: A new beta-glucogallin-dependent galloyltransferase from sumac leaves acylating gallotannins at positions 2 and 4. *J. Plant Physiol.* 1999; 155, 441–446.
 41. **Frohlich, B., Niemetz, R., Gross, G. G.:** Gallotannin biosynthesis: two new galloyltransferases from *Rhus typhina* leaves preferentially acylating hexa- and heptagalloylglucoses. *Planta* 2002; 216, 168–172.
 42. **Grundhofer, P., Gross, G. G.:** Immunocytochemical studies on the origin and deposition sites of hydrolyzable tannins. *Plant Sci.* 2001; 160, 987–995.
 43. **Cornthwaite, D., Haslam, E.:** Gallotannins 9. Biosynthesis of Gallic Acid in *Rhus Typhina*. *J. Chem. Soc.* 1965; 89, 3008–3011.
 44. **Schilling, N., Ferguson, J. A., Kandler, O.:** Rapidly Synthesized Tannin in Leaves of *Rhus-Typhina*. *Phytochemistry* 1972; 11, 873.

45. **Islambekov, S. Y., Mavlyanov, S. M., Kamaev, F. G., Ismailov, A. L.:** Phenolic compounds of sumac. *Chem. Nat. Compounds*. 1994; 30, 37–39.
46. **Poma, K.:** Production of tannins in suspension-cultures of *Rhus-Typhina* L. *Acta Bot. Neerl.* 1987; 36, 309–309.
47. **Schmidt, J., Porzel, A., Adam, G.:** 3 alpha,20-dihydroxy-3 beta,25-epoxylupane, a triterpene from *Rhus typhina*. *Phytochemistry* 1998; 49, 2049–2051.
48. **Connolly, J. D., Hill, R. A.:** Triterpenoids. *Nat. Prod. Rep.* 2001; 18, 131–147.
49. **Kossah, R., Nsabimana, C., Zhang, H., Chen, W.:** Optimization of extraction of polyphenols from syrian sumac (*Rhus Coriaria* L.) and chinese sumac (*Rhus Typhina* L.) fruits. *Res. J. Phytochem.* 2010; 4, 146–153.
50. **Buziashvili, I. S., Komissarenko, N. F., Kolesnikov, D. G.:** Phenolic Compounds of *Rhus typhina* and *R. aromatica*. *Khimiya Priir. Soedin.* 1973, 555–556.
51. **Correia, S. D. J., David, J. P., David, J. M.:** Secondary metabolites from species of Anacardiaceae. *Quim. Nova.* 2006; 29, 1287–1300.
52. **Buziashvili, I. S., Komissarenko, N. F., Kolesnikov, D. G.:** Phenolic compounds of *Rhus typhina* and *R. aromatica*. *Chem. Nat. Compounds.* 1975; 9, 524.
53. **Pislarasu, N., Mircea, C.:** Contributions to the pharmacognostic study of *Rhus typhina* L. flowers and fruit (Rumanian). *Farmacologia* 1975; 23, 183–190.
54. **Carr, M. E., Roth, W. B., Bagby, M. O.:** Potential resource materials from Ohio plants. *Econ. Bot.* 1986; 40, 434–441.
55. **Udagama-Randeniya, P., Savidge, R.:** Electrophoretic analysis of coniferyl alcohol oxidase and related laccases. *Electrophoresis* 1994; 15, 1072–1077.
56. **Bestmann, H.-J., Classen, B., Kobold, U., Vostrowsky, O., Klingauf, F., Stein, U.:** Steam volatile constituents from leaves of *Rhus typhina*. *Phytochemistry* 1988; 27, 85–90.
57. **Tischer, J.:** On some ingredients of the fruits of staghorn sumac (*Rhus typhina* L.). *Die Pharmazie* 1960; 15, 83–89.
58. **Kossah, R., Nsabimana, C., Zhao, J., Chen, H., Tian, F., Zhang, H., Chen, W.:** Comparative study on the chemical composition of Syrian sumac (*Rhus coriaria* L.) and Chinese sumac (*Rhus typhina* L.) fruits. *Pak. J. Nutr.* 2009; 8, 1570–1574.
59. **Rayne, S., Mazza, G.:** Biological activities of extracts of sumac (*Rhus* spp.): a review. *Plant Foods Hum. Nutr.* 2007; 62, 165–175.
60. **Chaiyasut, C., Kusirisin, W., Lailerd, N., Larttrakarnnon, L., Suttajit, M., Srichairatanakool, S.:** Effect of Phenolic Compounds of Thai Indigenous Plants on Oxidative stress in Streptozocin-Induced Diabetic Rats. *Evid. Compl. Alt. Med.* 2011; in press.
61. **Ippen, H.:** Contact allergy to anacardiaceae. A review and case studies of poison ivy allergy in Central Europe. *Derm. Ber. Umw.* 1983; 31, 140–148.
62. **Borchardt, J. R., Wyse, D. L., Sheaffer, C. C., Kauppi, K. L., Fulcher, R. G., Ehlke, N. J., Biesboer, D. D., Bey, R. F.:** Antioxidant and antimicrobial activity of seed from plants of the Mississippi river basin. *J. Med. Plants Res.* 2009; 3, 707–718.
63. **McCune, L. M., Johns, T.:** Antioxidant activity in medicinal plants associated with the symptoms of diabetes mellitus used by the Indigenous Peoples of the North American boreal forest. *J. Ethnopharmacol.* 2002; 82, 197–205.
64. **Jedinak, A., Valachova, M., Maliar, T., Sturdik, E.:** Antiprotease activity of selected Slovak medicinal plants. *Pharmazie.* 2010; 65, 137–140.
65. **Kossah, R., Zhang, H., Chen, W.:** Antimicrobial and antioxidant activities of Chinese sumac (*Rhus typhina* L.) fruit extract. *Food Control.* 2011; 22, 128–132.
66. **Song, M. Y., Jeong, G. S., Kwon, K. B., Ka, S. O., Jang, H. Y., Park, J. W., Kim, Y. C., Park, B. H.:** Sulfuretin protects against cytokine-induced beta-cell damage and prevents streptozotocin-induced diabetes. *Exp. Mol. Med.* 2010; 42, 628–638.
67. **Lee, J. C., Kim, J., Lim, K. T., Yang, M. S., Jang, Y. S.:** Ethanol fluted extract of *Rhus verniciflua* Stokes showed both antioxidant and cytotoxic effects on mouse thymocytes depending on the dose and time of the treatment. *J. Biochem. Mol. Biol.* 2001; 34, 250–258.
68. **Kim, J. H., Jung, C. H., Jang, B. H., Go, H. Y., Park, J. H., Choi, Y. K., Il Hong, S., Shin, Y. C., Ko, S. G.:** Selective cytotoxic effects on human cancer cell lines of phenolic-rich ethyl-acetate fraction from *Rhus verniciflua* Stokes. *Am. J. Chin. Med.* 2009; 37, 609–620.
69. **Li, Y., Kim, J., Li, J., Liu, X., Himmeldrik, K., Ren, Y., Wagner, T. E., Chen, X.:** Natural anti-diabetic compound 1,2,3,4,6-penta-O-galloyl-D-glucopyranose binds to insulin receptor and activates insulin-mediated glucose transport signaling pathway. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 2005; 336, 430–437.
70. **Jayanegara, A., Togtokhbayar, N., Makkar, H. P. S., Becker, K.:** Tannins determined by various methods as predictors of methane production reduction potential of plants by an in vitro rumen fermentation system. *Anim. Feed Sci. Technol.* 2009; 150, 230–237.
71. **Muetzel, S., Becker, K.:** Extractability and biological activity of tannins from various tree leaves determined by chemical and biological assays as affected by drying procedure. *Anim. Feed Sci. Technol.* 2006; 125, 139–149.
72. **Takemoto, J. K., Davies, N. M.:** Method development for beta-glucogallin and gallic acid analysis: Application to urinary pharmacokinetic studies. *J. Pharm. Biomed. Anal.* 2011; 54, 812–816.
73. **Erichsen-Brown, C.:** Medicinal and other uses of North American plants: a historical survey with special reference to the Eastern Indian tribes. 1st ed. Toronto: Breezy Creeks Press 1989; 512 s.
74. **Harper-Lore, B., Wilson, M.:** Roadside use of native plants. 1st ed. Washington, D. C.: Island Press 1999; 665 s.
75. **Moerman, D. E.:** Native American Ethnobotany, 5th ed. Portland: Timber Press., Inc., USA 2004; 933 s.
76. **McCune, L. M., Johns, T.:** Antioxidant activity relates to plant part, life form and growing condition in some diabetes remedies. *J. Ethnopharmacol.* 2007; 112, 461–469.
77. **Ligor, M., Buszewski, B.:** Application of TLC and OPLC in the determination of pigments from natural products. *J. Planar Chromatogr. – Modern TLC.* 2001; 14, 334–337.
78. **Moerman, D. E.:** Native American Food Plants: An Ethnobotanical Dictionary. 1st ed. Portland: Timber Press, Inc. 2010; 455 s.