

Vědecký výbor výživy zvířat

Možnosti využití rakytníkových produktů ve výživě zvířat

**Prof. Ing. Eva Straková, Ph.D.
Prof. MVDr. Ing. Pavel Suchý, CSc.
Doc. MVDr. Ivan Herzig, CSc.**

Praha, listopad 2016



Výzkumný ústav živočišné výroby, v.v.i.
Přátelství 815, Praha - Uhřetěves,
PSC: 104 01, www.vuzv.cz

Obsah

1. Úvod	3
2. Botanická charakteristika	4
2.1 Plody (bobule) a semena rakytníku	6
2.2 Listy rakytníku	8
2.3 Oleje rakytníku	9
3. Nejvýznamnější účinky na prevenci a podporu zdraví	11
3.1 Antioxidační účinky	12
3.2 Kardioprotektivní účinky	13
3.3 Antiaterogenní účinky	15
3.4 Antibakteriální a antivirové účinky	15
3.5 Protizánětlivé účinky	16
3.6 Antidiabetické účinky	17
3.7 Antikancerogenní aktivita	17
3.8 Hepatoprotektivní účinky	19
3.9 Imunomodulační účinky	20
3.10 Účinky potlačující vznik žaludečních a duodenálních vředů	21
3.11 Dermatologické účinky	21
3.12 Agregace krevních destiček	22
4. Nutriční význam rakytníku	23
4.1 Nutriční potenciál rakytníku ve výživě lidí	23
4.2 Nutriční potenciál rakytníku ve výživě zvířat	24
5. Úvaha o možném uplatnění v budoucnosti	27
6. Seznam literatury	28
7. Souhrn	41
8. Summary	42
9. Příloha	43

1. Úvod

Člověk nemůže bez užitkových rostlin zajistit svoji existenci. V rostlinné říši nachází jak zdroj základních živin, tak suroviny pro průmyslové využití a v neposlední řadě i řadu biologicky aktivních látek. Mezi rostliny, které mají mimořádné vlastnosti a široké uplatnění patří rakytník řešetlákový (*Hippophae rhamnoides* L.). Jeho latinský název je odvozen ze slov „hippo“, což znamená kůň a „phaos“, což značí lesk či záře (Michel et al., 2012). Spojení slov můžeme přeložit jako „třpytící se kůň“ (Li et al., 2003), resp. volněji „lesklá srst“ (Valíček a Havelka, 2008).

2. Botanická charakteristika

Rakytník řešetlákový (*Hippophae rhamnoides* L.) je řazen mezi rostliny z čeledi hlošinovité (*Elaeagnaceae*) (Řezníček a Plšek, 2008). Jde o čeleď vyšších dvouděložných rostlin z řádu růžotvaré (*Rosales*). Čeleď zahrnuje asi 100 druhů ve 3 rodech a je rozšířena zejména v mírném pásu severní polokoule. Podle Bala et al. (2011) dělí taxonomická klasifikace rakytník do 6 druhů a 12 poddruhů. Poněkud odlišné taxonomické třídění uvádějí např. Suryakumar a Gupta (2011). Přesný počet druhů v čeledi *Hippophae* je stále nejasný, nicméně se uvažuje o sedmi druzích a druh *Hippophae rhamnoides* L. je dělen do osmi poddruhů.

Původ výskytu rakytníku řešetlákového je ve střední části Asie (Řezníček a Plšek, 2008) a na severozápadu Evropy. V současnosti se oblast jeho pěstování rozšířila také do Kanady a USA (Yang a Kallio, 2002).

V České republice je pěstován zejména rakytník řešetlákový a hlošina úzkolistá. Jedná se o keř či malý strom, který dosahuje nejčastěji výšky 3 až 4 metry (Michel et al., 2012). Jsou to dřeviny se střídavými nebo vstřícnými, často stříbřitými jednoduchými listy a květy bez koruny. Větve rakytníku jsou často pokryty četnými tuhými trny (Řezníček a Plšek, 2008). Rakytník je dvoudomý a větrosnubný. Samčí rostliny mají květní „pupeny“ 2-3krát větší než samičí. Květy neprodukují nektar, a proto není možné opylení za pomoci hmyzu. Jediný možný typ opylení je prostřednictvím větru (Li et al., 2003).

Rakytník má úzké a kopinaté listy se střídavým uložením (Michel et al., 2012; Řezníček a Plšek, 2008). Vrchní strana listu má barvu tmavě zelenou. Spodní strana má zelené zbarvení s nádechem do stříbrna. Tento stříbrný odstín je dán přítomností trichomů, které se vyskytují pouze na spodní straně listu (Li et al., 2003).

Rakytník se v přírodě přirozeně vyskytuje ve vyšších nadmořských výškách kolem 2000 až 3600 metrů nad mořem. Je velice odolný vůči extrémním výkyvům teplot, dobře snáší rozpětí teplot od -43 do $+45$ °C, je rezistentní vůči suchu a dobře se adaptuje na půdní salinitu i alkalitu (Khan et al., 2010; Kumar a Sagar, 2007). Nejčastěji jej ve volné přírodě najdeme na březích řek nebo na slunných stranách příkrých svahů (Dhyani et al., 2007). Má dobře uzpůsobený kořenový systém.

Na kořenech jsou hlízký až velikosti holubího vejce, které obsahují bakterie poutající vzdušný dusík (Valíček a Havelka, 2008), ale i další esenciální složky (Li et al., 2003). Kořeny jsou mohutné, proto se rakytník často využívá jako ochrana proti půdním erozím nebo při rekultivacích (Kumar a Sagar, 2007).

Vegetativní části rakytníku jsou bohatým zdrojem bioaktivních látek (Sne et al., 2013a). Z tohoto důvodu je rakytníku věnována pozornost prakticky po celém světě. Chemické a nutriční složení plodů rakytníku a i množství bioaktivních složek je závislé na mnoha faktorech. K nejvýznamnějším patří rozdíly mezi jednotlivými poddruhy, původem, klimatickými podmínkami, časem sklizně a metodou sběru (Bal et al., 2011).

Vliv různých lokalit růstu dvou hlavních poddruhů rakytníku spp. *sinensis* a spp. *mongolica* na flavonové glykosidy v jeho bobulích studovali Ma et al. (2016). Obsah flavonových glykosidů se pohyboval od 23 do 250 mg na 100 g čerstvých bobulí a byl významně vyšší v bobulích spp. *sinensis* než u spp. *mongolica*. U bobulí spp. *sinensis* z různých míst pěstování byl zaznamenán trend ke zvýšení obsahu většiny sloučenin s vyšší nadmořskou výškou a nižší zeměpisnou šířkou. Pozoruhodně vysoké obsahy a jedinečné profily flavonových glykosidů měly divoké bobule (spp. *sinensis*) z oblasti Sichuan. Nadmořská výška nad 2000 m byla ve vzájemném vztahu s vyšší hladinou kyseliny askorbové a jablečné u spp. *sinensis* (Kortesniemi et al., 2014).

Další studie byla věnována změnám v obsahu hlavních fenolických sloučenin během vývoje listů rakytníku. Antioxidační vlastnosti a celkový obsah fenolických látek kolísal v dubnu, květnu, červnu a nejvyšší hodnoty byly pozorovány na konci července. Celkové fenolické sloučeniny významně korelovaly s antioxidační kapacitou. Hladiny byly obecně vyšší u variety Ljubitel'skaja než u Otradnaja a Gibrid Pertjika. Stádium vývoje listů (doba sklizně) mělo silný vliv na obsah fenolických látek (Morgenstern et al., 2014).

Obsah fenolických látek a antioxidační kapacitu extraktů z ovoce, dřene, semen, listů a kůry stonku rakytníku sledovali Korekar et al. (2011). Extrakty z rakytníku mají vysoký obsah fenolů 13 769 mg GAE /100 g sušiny (gallic acid equivalent - ekvivalent kyseliny gallové). Celkový obsah fenolů byl v semenech 11 148, následovala kůra stonku 10 469, listy 6 330 a dřeň 3 579 mg GAE/100 g sušiny.

Extrakty pomocí 70% acetonu a acidického 50% metanolu a následně 70% acetonu, měly významně vyšší celkový obsah fenolů než jiná rozpouštědla. Co se týká antioxidační schopnosti a hodnoty IC₅₀, hodnota dřeně (3,39 mg/ml) byla 7,8krát vyšší než hodnota kůry stonku (0,43 mg/ml) a 2,4krát vyšší než u semen (1,4 mg/ml). Dále se ukázalo, že kůra stonku má maximální antioxidační kapacitu, následovanou semeny, listy a dřením. Hodnota IC₅₀ udává koncentraci vzorku, která má schopnost odbourat 50 % radikálu DPPH. Antioxidační aktivita se zvyšuje tím, čím je hodnota IC₅₀ nižší.

2.1 Plody (bobule) a semena rakytníku

Početné plody jsou ve stádiu zralosti tmavě žluté, oranžové nebo červené barvy, mají oválný tvar a dosahují velikosti 6 až 9 mm. Plod je složen ze semene, které je obklopeno měkkým, šťavnatým a masitým pletivem – dužinou. Semeno dosahuje velikosti 2,8 až 4,2 mm, má tmavě hnědou barvu, elipsovité tvar a na povrchu je lesklé (Michel et al., 2012).

Rakytník a především jeho plody jsou bohatým zdrojem mnoha minerálních látek, především vápníku, fosforu, železa a draslíku. Rakytník obsahuje značná množství vitamínu C, které několikanásobně převyšuje jeho obsah v ostatních druzích ovoce (Christaki, 2012). Obsah vitamínu C v rakytníku se pohybuje v rozmezí od 360 do 2500 mg/100 g (Bal et al., 2011). Je také hodnotným zdrojem vitamínů skupiny B, především vitamínů B1 (tiamin) a B2 (riboflavin) (Christaki, 2012). Z dalších hojně zastoupených vitamínů můžeme uvést vitamín E (Michel et al., 2012), vitamíny A a K (Fatima et al., 2012).

Plody jsou dobrým zdrojem karotenoidů, především beta karotenu, lykopenu, luteinu a zeaxantinu (Michel et al., 2012). Množství obsažených sacharidů je rovněž vysoké. Nejvíce je zastoupena glukóza, fruktóza a xylóza. Ve všech jeho částech je obsaženo velké množství bílkovin, a to zejména albuminů a globulinů (Li et al., 2003). Rakytník je zdrojem organických kyselin, v největším množství je obsažena kyselina jablečná, chinová, šťavelová, citrónová a vinná. Rakytník je dobrým zdrojem flavonoidů, a to především quercetinu, kaempferolu, myricetinu a isorhamnetinu a důležitý zdroj tokoferolů (Fatima et al., 2012).

Teleszko et al. (2015) stanovili vybrané fytolátky v bobulích osmi kultivarů *Hippophaerhamnoides*, ssp. *mongolica*, zahrnující lipofilní a hydrofilní sloučeniny.

Frakce lipidů izolovaná z celých bobulí obsahovala 14 fytosterolů (hlavní sloučeniny beta-sitosterol >24-methylcykloartanol> squalen) a 11 mastných kyselin v pořadí MUFAs > SFAs > PUFAs. Karotenoidy se vyskytovaly v koncentracích od 6,19 do 23,91 mg/100 g čerstvé hmoty. Hlavní polyfenolovou skupinou v bobulích byly flavonoidy (průměrný obsah 311,55 mg/100 g původní hmoty); se strukturou glykosidů: isorhamnetin (6 sloučenin), quercetin (4 sloučeniny) a kaempferol (1 sloučenina) glykosidů. Zkoumané kultivary měly také vysoký obsah kyseliny askorbové v rozmezí od 52,86 do 130,97 mg/100 g původní hmoty.

V dužině bobulí rakytníku jsou obsaženy především alfa, beta a gama karoteny, glykopen, zeaxantin. Ze skupiny vitamínu B je to především B1 (thiamin), B2 (riboflavin) a B6 (pyridoxin), dále vitamín PP (nikotinamin, niacin, vitamín B3) a kyselina listová, nezbytná pro syntézu nukleových kyselin. Obsah vitamínu C kolísá v závislosti na odrůdě a přírodních podmínkách. Porosty ve střední části Asie mají obsah 150-200 mg, z oblasti Alp kolem 800 mg. Vzhledem k tomu, že v plodech není obsažena askorbináza, rozkládající kyselinu askorbovou, vitamín C se dobře uchovává jak v sušených plodech, tak v produktech (Valíček a Havelka, 2008). Slupka stonku a bobulí obsahuje 5-hydroxytryptamin, což je u rostlin zřídka (Kumar et al., 2011). Tato látka (5-hydroxytryptamin) je využívána při léčbě postšokové deprese.

Bioaktivní látky kolísají vlivem zralosti plodů, jejich velikosti, geografické lokality, klimatu a metodám extrakce (Leskinen et al., 2010; Zeb, 2004). Olejové extrakty ze sušených bobulí a listů získané pomocí rozpouštědel s různou polaritou (hexan, metanol, ethyl acetát, butanol, voda) ovlivnily zkoumané vlastnosti i profil bioaktivních sloučenin (Kyriakopoulou et al. 2014).

Při chemické analýze semen rakytníku (*Hippophae rhamnoides*, ssp. *sinensis*) byly izolovány tři nové flavonoidy (Zhang et al., 2012). Jde o 3-O-beta-D-glucosyl-kaempferol-7-O-{2-O-[2(E)-2,6-dimethyl-6-hydroxy-2,7-octadienoyl]}-alpha-L-rhamnosid, 3-O-beta-D-sophorosyl-kaempferol-7-O-{3-O-[2(E)-2,6-dimethyl-6-hydroxy-2,7-octadienoyl]}-alpha-L-rhamnosid a 3-O-beta-D-sophorosylkaempferol-7-O-{2-O-[2(E)-2,6-dimethyl-6-hydroxy-2,7-octadienoyl]}-alpha-L-rhamnosid. Jejich struktury byly objasněny na základě chemické a spektrální analýzy a porovnáním s údaji literatury.

Bobule z rakytníku jsou potenciálním zdrojem živin pro nutraceutika a kosmeceutika (Bal 2011).

Léčebné účinky bobulí rakytníku studovali Kallio a Yang (2014). Bobule rakytníku bohaté na flavonoidy, antioxidanty rozpustné v tucích a vitamín C snížily koncentrace senzitivního C-reaktivního proteinu v plasmě. Kromě toho konzumace šťávy z bobulí indikovala zvýšení poměru HDL k LDL cholesterolu a prodloužení lag fáze oxidace LDL cholesterolu. Bobule a především jejich frakce rozpustná v etanolu, potlačily po jídle se objevující inzulinový pík. Biologická dostupnost flavonoidů se zvýšila při současné suplementaci oleje z rakytníku. Výsledky tak ukazují na možné snížení rizika kardiovaskulárních onemocnění u zdravých lidí.

2.2 Listy rakytníku

Listy rakytníku mají pozoruhodný obsah živin a bioaktivních látek, hlavně fenolických. Obsahují v průměru 3,8 % sacharidů, 0,2 % protopektinu, 1 % organických kyselin, 170 mg katechinu, polyfenoly, karotenoid lykopen, bioflavonoidy, kumariny. Významný je obsah vitamínu C (až 70 mg) a tříslovin (8 %) (Valíček a Havelka, 2008).

Změny v obsahu hlavních fenolických sloučenin během vývoje listů rakytníku studovali Morgenstern et al. (2014). Antioxidační vlastnosti a obsah celkových fenolických látek fluktoval v dubnu, květnu, červnu a zvýšil se na konci července, kdy byly zjištěny nejvyšší hodnoty. Celkové fenolické sloučeniny významně korelovaly s antioxidační kapacitou. Doba sklizně (stádium vývoje listů) měla významný vliv na obsah fenolických látek.

Obsah fenolických látek v různých částech rakytníku stanovili Sne et al. (2013b). Studie ukázala, že koncentrace fenolických sloučenin se lišily mezi jednotlivými částmi rakytníku a mezi pohlavím. Listy samičích rostlin se jevíly hodnotnější, neboť obsahovaly nejvyšší celkovou koncentraci fenolů (165,76 mg/g) a antioxidační aktivitu (220,97 mg/g pro FRAP a 43,76 mg/g pro DPPH); nejnižší hodnoty zjistili u mladých výhonků samčích rostlin.

Složení karotenoidů v bobulích a listech u šesti variet rakytníku vyskytujících se v Rumunsku stanovili Pop et al. (2014). Celkový obsah karotenoidů se pohyboval od 53 do 97 mg/100 g sušiny u bobulí a mezi 3,5 až 4,2 mg/100 g sušiny u listů.

Hlavní frakci představovaly di-estery karotenoidů, hlavní sloučeninou byl zeaxantin dipalmitát, zatímco listy obsahovaly jen volné karotenoidy jako lutein, beta-karoten, violaxanthin a neoxanthin.

Antioxidační a hepatoprotektivní aktivita na fenoly bohaté frakce z listů rakytníku byla předmětem zájmu Maheshwari et al. (2011). U krys měla na fenoly bohatá frakce z listů rakytníku silnou antioxidační aktivitu, působící preventivně proti oxidačnímu poškození velkých biomolekul a významně chránila před oxidačním poškozením jater vyvolaným chloridem uhličitým (CCl₄).

2.3 Oleje rakytníku

Z rakytníku lze extrahovat dva různé oleje, z dužiny plodu a ze semen. Dužina plodu obsahuje 4 až 13 %, vysušená dužina asi 20 až 25 % oleje (Valíček a Havelka, 2008; Zeb, 2006). Olej dužiny plodů obsahuje 180 až 240 mg karotenoidů, z toho 40 až 100 mg karotenů, 110 až 330 mg vitamínu E a nenasycené mastné kyseliny, především linolovou a linolenovou. Specifické a charakteristické jsou kyseliny ursolová a oleanolová, které mají protizánětlivé, rány hojivé, tonizující a krevní tlak snižující účinky (Valíček a Havelka, 2008). V oleji, který byl získán z dužiny plodů, je nejvíce obsažena kyselina palmitolejová (16:1, n-7), a to až 43 % z celkového množství (Fatima et al., 2012).

Semena rakytníku obsahují 8 až 20 % oleje (Kumar et al., 2011). Obsah oleje je ovlivněn především dobou sklizně, velikostí a barvou bobulí (Yang a Kallio, 2002).

Olej semen je tvořen především nenasycenými mastnými kyselinami (linolová 47 mg, linolenová 18 mg, olejová 16 mg) a nasycenou kyselinou palmitovou (Valíček a Havelka, 2008). Olej ze semen rakytníku je jediným olejem, který má poměr kyselin linolová : linolenová 1:1 (Kumar et al., 2011; Cenkowski et al., 2006; Yang a Kallio, 2002).

Rakytník je významným zdrojem především nenasycených mastných kyselin (Christaki, 2012). Olej získaný lisováním jeho semen je bohatý na esenciální mastné kyseliny, a to kyselinu linolovou (18:2, n-6), která je zastoupena z celkového množství až 42 % a α -linolenovou (18:3, n-3), která tvoří téměř 39 % z celkového množství.

Rakytník je také dobrým zdrojem kyseliny olejové (18:1) (Christaki, 2012). Mimo uvedené mastné kyseliny obsahuje i další n-3 a n-6 i n-7 a n-9 mastné kyseliny, které jsou přítomny v menších množstvích (Solcan et al., 2013).

Nedávné studie (Kallio a Yang, 2014) ukázaly vysoce protektivní vliv olejů z rakytníku na izolovanou DNA *in vitro*. To stejné bylo prokázáno u izolované DNA z jater krysy. Není známo, jestli účinek oleje z rakytníku u syndromu suchého oka a atopické kůže je založen na stejném mechanismu účinku. Oleje byly izolovány CO₂ extrakcí. Larmo et al. (2010) uvádějí, že orálně podávaný olej z rakytníku zmírňuje osmolaritu slzného filmu u jedinců se syndromem suchého oka.



Plody rakytníku řešetlákového

3. Nejvýznamnější účinky na prevenci a podporu zdraví

Rakytník byl po staletí používán lidmi v Evropě, ve střední a jihovýchodní části Asie v tradiční medicíně při léčení různých druhů onemocnění i jako prevence (Michel et al., 2012; Li et al., 2003). V Číně se rakytník uplatňuje v tradiční medicíně již po stovky let (Li et al., 2003).

V současnosti se rakytník dostal do povědomí především pro své mnohočetné pozitivní účinky na lidský organismus. Rakytník je ceněn pro antioxidační, kardioprotektivní, antiaterogenní, antidiabetické, hepatoprotektivní, protirakovinotvorné, imunomodulační, antivirové, antibakteriální, protizánětlivé a vasodilatanční účinky. Omezuje také výskyt žaludečních vředů, podporuje hojení ran, urychluje léčbu kožních problémů a zmírňuje bolesti (Christaki, 2012; Michel et al., 2012; Suryakumar a Gupta 2011). Mezi další důležité vlastnosti rakytníku patří jeho cytoprotektivní účinky. Rakytník působí příznivě proti astmatu, při plicních onemocněních (Upadhyay et al., 2010), při zvýšené sekreci mazu a ovlivňuje agregaci krevních destiček (Khan et al., 2010). Byla potvrzena jeho antistresová a adaptogenní aktivita (Michel et al., 2012).

Rakytník řešetlákový má pozitivní vliv i na onemocnění metabolického původu (Bal et al., 2011), má schopnost oddalovat stárnutí a chránit proti radiačnímu poškození, urychlovat léčbu popálenin a omrzlin a omezovat vypadávání vlasů. Bylo prokázáno, že rakytník má příznivý vliv na duševní funkce, konkrétně na zpomalování rozvoje ztráty paměti u starších lidí. Jeho četné pozitivní účinky byly využity pro urychlení hojení ran u osob, které prodělali operace v oblasti uší, nosu a krku; zde se v průběhu léčby uplatňoval především rakytníkový olej. Také bývá využíván jako ochrana před solární radiací (Li et al., 2003). Rakytníkové produkty mohou být užity v různých lékových formách od tekutin, přes práškovou formu, náplasti, pasty, filmy, masti, aerosoly až po čípky (Li et al., 2003). Casariu et al. (2013) uvádějí, že podávání oleje z dřene rakytníku může působit preventivně proti metabolickému syndromu u hypertriglyceridemických dětí obézních v pase. Terapie pomocí oleje z dřene rakytníku u těchto dětí měla preventivní vliv tím, že snížila triglyceridémii a krevní tlak. Rovněž byl pozorován slabý protizánětlivý efekt.

Vliv rakytníku a borůvek na sérové metabolity se liší podle výchozího metabolického profilu žen s nadváhou (Larmo et al., 2013). Rakytník měl především vliv na sérové triglyceridy a lipoproteiny s velmi nízkou hustotou.

Olej z rakytníku vyvolal trend snižování celkového sérového lipoproteinu se střední hustotou (IDL) a LDL a subfrakcí IDL s LDL.

Bal et al. (2011) uvádějí, že bobule rakytníku jsou potenciálním zdrojem živin pro nutraceutika a účinných látek pro kosmeceutika. Rakytník, starověká plodina s moderními vlastnostmi, získal v současnosti celosvětovou pozornost, především pro své nutriční a medicínské vlastnosti. Jeho bobule obsahují různé druhy živin, a bioaktivních látek zahrnující vitamíny, mastné kyseliny volné aminokyseliny a sloučeniny prvků.

3.1 Antioxidační účinky

Rakytník řešetlákový patří mezi rostliny, které mají ve všech svých částech vysoké množství přírodních antioxidantů. V listech, stoncích, hlízách, kořenech a také v květech je hojně zastoupena kyselina askorbová (vitamín C), dále karotenoidy, polyfenoly, flavonoidy, tokoferoly, alkaloidy, chlorofylové deriváty, aminokyseliny, aminy (Christaki, 2012; Bal et al., 2011). Mezi další přírodní antioxidanty přítomné v rakytníku lze jmenovat steroly, taniny, vitamíny a minerální látky (Kumar et al., 2013).

Přírodní antioxidanty inhibují vznik a rozvoj oxidační řetězové reakce (Bal et al. 2011). Volné radikály, které vznikají jako produkt buněčného metabolismu, vlivem exogenních chemických látek nebo stresu mohou vyvolat řadu onemocnění (rakovinu, *diabetes mellitus*, onemocnění kardiovaskulárního aparátu a nemoci nervového systému) (Kumar et al., 2013; Upadhyay et al., 20110).

Kim et al. (2011) izolovali z listů rakytníku šest sloučenin a u extraktů a frakcí posoudili antioxidační a inhibiční aktivitu alfa-glukosidázy. Nejvyšší množství fenolických sloučenin obsahovala butanolová frakce, která vykazovala vyšší aktivitu likvidující radikály a také nejsilnější alfa-glukozidázový inhibiční účinek.

Flavonoidy rakytníku mají také antioxidační a protirakovinný efekt. Chrání buňky před oxidačním poškozením, následnými genetickými mutacemi a v konečném důsledku rakovině (Suryakumar a Gupta, 2011; Zeb, 2006; Gao et al. 2000). Potenciální chemopreventivní efekt bobulí rakytníku u myši zaznamenali Suryakumar a Gupta (2011). U myši s obezitou vyvolanou dietou bylo prokázáno, že listy rakytníku mají antioxidační efekt a efekt omezující viscerální obezitu (Lee et al., 2011).

Celkový obsah flavonoidů rakytníku (TFH - total flavonoids of hippophae) měl protektivní vliv na světlem vyvolanou degeneraci retiny tím, že se zvýšily antioxidační obranné mechanismy, potlačily prozánětlivé a angiogenní cytokiny a inhibovala apoptózu buněk retiny (Wang et al., 2016).

Zeb a Hussain (2014) uvádějí, že prášek ze semen rakytníku poskytuje ochranu před oxidačním stresem, který byl vyvolán teplem zoxidovaným slunečnicovým olejem. Prášek ze semen rakytníku snížil u modelových zvířat (králík) toxicitu oxidovaných lipidů. Také Ting et al. (2011) potvrdili, že rakytník má velký potenciál jako antioxidační látka, což doložili v pokusech *in vitro* a *in vivo* s olejem ze semen rakytníku.

Celkový fenolický obsah a aktivitu pohlcování volných radikálů v různých extraktech výlisků z rakytníku bez semen studovali Varshneya et al. (2012). Výsledky studie ukázaly, že výlisky z rakytníku bez semen jsou jedním z nejdůležitějších zdrojů antioxidantů pro potravinářský, farmaceutický, kosmetický nebo nutraceutický průmysl. Termínem „nutraceutika“ označujeme přípravky obsahující určité složky výživy obvykle přírodního původu, které mají nebo se u nich předpokládají biologické účinky a příznivé působení na lidský organismus.

3.2 Kardioprotektivní účinky

Flavonoidy, obsažené v rakytníku, stejně jako nenasycené mastné kyseliny přítomné v oleji rakytníku, mohou zlepšit funkci kardiovaskulárního systému (Suryakumar a Gupta, 2011; Zeb, 2006) a mohou mít ochranný vliv při vzniku srdečních onemocnění (Christaki, 2012). Bylo prokázáno, že flavonoidy působí příznivě na sílu kontraktility srdečního svalu a srdeční rytmus (Kumar et al., 2013; Li et al., 2003). Nejdůležitější z flavonoidů jsou quercetin a isorhamnetin (Suryakumar a Gupta, 2011).

Uvedené účinky jsou pravděpodobně dosaženy snížením hladiny krevní glukózy, pohlcováním volných radikálů (Suomela et al., 2006), snížením náchylnosti lipoproteinů s nízkou hustotou vůči oxidaci (Eccleston et al., 2002) a svým antihypertenzním účinkem (Wang et al. 2011). Pozitivní účinky rakytníku v prevenci kardiovaskulárních onemocnění potvrdili také Xu et al. (2011).

Vliv rakytníku na kardiovaskulární funkce a koronární mikro cévy u spontánně hypertenzních krys náchylných k infarktu studovali Koyama et al. (2009). Experimentální krys dostávaly po dobu 60 dní krmivo obohacené o prášek z rakytníku v množství 0,7 g/kg krmiva. Arteriální tlak krve, srdeční frekvence, celkový plasmatický cholesterol, triglyceridy, glykovaný hemoglobin se u krys s rakytníkem významně snížily. Byl učiněn závěr, že plody rakytníku zlepšily metabolické procesy a snížily hypertenzní stres na ventrikulární kapiláry.

Další studie (Pang et al., 2008) sledovala antihypertenzní vliv celkových flavonoidů ze semen rakytníku a mechanismus tohoto účinku u krys dlouhodobě krmených sacharózou, a to pomocí hodnocení jeho schopnosti regulovat hladiny insulinu a angiotensinu II. Podávání diety s vysokým obsahem cukrů (77 % kcal z karbohydrátů, 16 % z proteinů, 6 % z lipidů) po dobu 6 týdnů mělo za následek významné zvýšení systolického krevního tlaku o 25,6 %, plasmatického insulinu o 114,24 %, triglyceridů o 82,14 % a obsah aktivovaného angiotensinu II v srdci a ledvinách. Podávání diety s flavonoidy z rakytníku významně potlačilo zvýšenou hypertenzi, hyperinsulinémií a dyslipidémií. Kromě toho tato dieta, především při dávce 150 mg/kg/den, zvýšila hladinu cirkulujícího krevního angiotensinu II. Výsledky doložily, že antihypertenzní účinek diety s rakytníkem alespoň zčásti spočívá ve zlepšení senzitivity vůči inzulinu a v blokádě signální cesty angiotensinu II. Studie naznačila, že dieta s celkovými flavonoidy extrahovanými z reziduí semen rakytníku je možné využít při léčbě hyperinzulinémie u kardiovaskulárních onemocnění.

I když se zdá, že existuje inverzní asociace mezi spotřebou rakytníku a kardiovaskulárními rizikovými faktory, důkazů je stále málo a výsledky jsou nekonzistentní. Kromě toho rozdíly v dizajnu studií způsobují, že spolehlivé závěry není možné stále ještě vyslovit (Sayegh et al., 2014).

3.3 Antiaterogenní účinky

Bylo prokázáno, že doplněk rakytníku do stravy dokáže snížit celkové množství cholesterolu, triglyceridů, LDL-cholesterolu a zvýšit hladinu HDL-cholesterolu v porovnání s dietou, kde rakytník obsažen nebyl (Suryakumar a Gupta, 2011; Yang a Kallio, 2002). Nejúčinnější v této oblasti je olej získaný ze semen plodů (Christaki, 2012). Basu et al. (2007) zjistili, že olej ze semen má významný antiaterogenní a kardioprotektivní účinek u králíků. Hypolipidemický a hypoglykemický vliv celkových flavonoidů ze semen rakytníku u myši krmených vysoce tučnou dietou doložili také Wang et al. (2011). Flavonoidy ze semen rakytníku (FSH) zřetelně snížily hmotnost myši a jaterního tuku. Významně byly sníženy celkový cholesterol a LDL cholesterol v krevním séru. Dále se snížily koncentrace celkového cholesterolu a triglyceridů v játrech a výsledky byly potvrzeny mikroskopicky. Zvýšení krevní glukózy bylo významně potlačeno aplikací FSH.

3.4 Antibakteriální a antivirové účinky

Hlavní složkou rakytníku podílející se na antibakteriálních a antivirových účincích jsou fenolové sloučeniny. Tyto sloučeniny mají vliv jak na potlačení gram-negativních bakterií (Khan et al. 2010), tak na redukci gram-pozitivních bakterií (Kumar a Sagar, 2007). V poslední době byla objevena fytochemická látka, která byla pojmenována hiporamin. Ta má povahu fenolové sloučeniny (Michel et al., 2012). Hiporamin má pozitivní vliv na potlačení širokého spektra jak bakteriálních onemocnění, tak onemocnění vyvolávané viry (Suryakumar a Gupta, 2011). Antimikrobiální aktivity byly prokázány jak u bobulí (Puupponen-Pimia et al. 2001), tak semen (Chauhan et al, 2007) i listů rakytníku (Upadhyay et al., 2010).

Michel et al. (2012) uvádějí, že účinné látky obsažené v rakytníku mají inhibiční efekt především proti bakteriím *Bacillus cereus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Yersinia enterocolitica* a *Enterococcus faecalis*. Uvedené účinky mají zejména výtažky z listů rakytníku. Olej získaný při lisování působí na inhibici růstu bakterií a to zvláště proti *Escherichia coli* (Christaki, 2012). Také Kaushal a Sharma (2011) potvrdili, že olej ze semen rakytníku vykazoval dobré antimikrobiální vlastnosti proti *Escherichia coli* (průměr inhibiční zóny růstu byl 4,0 mm).

Obsah fenolů, flavonoidů a taninů v extraktech ze stonku a kůry rakytníku je vysoký. Vodní extrakt z kůry vykazoval vysokou zónu inhibice proti *Staphylococcus aureus* (21 mm) a *Escherichia coli* (20 mm), zatímco metanolvý extrakt stonku vykazoval vysokou zónu inhibice (14 mm a 13 mm) proti *Enterococcus faecalis* a *Escherichia coli*. Vodný extrakt z kůry vykazoval vysokou zónu inhibice proti *Aspergillus niger* (21 mm) a *Aspergillus parasiticus* (20 mm) (Javid et al., 2015). Práce Upadhyay et al. (2010) rozšiřuje předcházející informace a uvádí, že extrakty z listů rakytníku inhibovaly růst *Bacillus cereus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus* a *Enterococcus faecalis*.

Michel et al. (2012) zkoumali antimikrobiální a antioxidační aktivity surového etanolového extraktu z listů, stonku, kořene a semen rakytníku a jejich jednotlivé frakce, získané liquid-liquid extrakcí pomocí hexanu, etylacetátu a vody. Surové extrakty byly aktivní proti gram pozitivním i gram negativním kmenům, extrakty ze semen a kořenů lépe pohlcovaly radikály než extrakty z listů a stonku. Tyto aktivity korelovaly s přítomností fenolických sloučenin v aktivních frakcích.

Rakytník má pozitivní vliv i na tlumení virových onemocnění, konkrétně proti viru chřipky a herpesviru. Potlačující efekt proti chřivce je dán inhibicí virové neuraminidázy, která je ve viru přítomna. Rakytník má také příznivý inhibiční efekt na HIV infekce v buněčných kulturách (Michel et al. 2012; Shipulina et al. 2005). Pozorování Jain et al. (2008) naznačují, že extrakt z listů rakytníku prokázal významnou aktivitu proti horečce dengue, akutnímu infekčnímu onemocnění vyvolanému arbovirem skupiny B a má potenciál pro její léčbu. Jde o infekci, kterou způsobuje virus dengue, přenášený komáry. Horečka dengue je také známá jako „horečka lámající kosti“. Může totiž působit takovou bolest, že lidem připadá, že se jim lámou kosti.

3.5 Protizánětlivé účinky

V tradiční medicíně se rakytník používá k léčbě žaludečních vředů, neboť ovlivňuje prozánětlivé mediátory (Xing et al., 2002). Olej a listy podporují regeneraci kožních poranění a podporují léčbu onemocnění kůže (Upadhyay et al., 2009). Palmitolejová kyselina obsažená v rakytníku je složkou kožního tuku a je cennou látkou podporující léčbu buněčné tkáně a ran (Bal et al., 2011; Kumar et al., 2011).

Listy rakytníku dokážou ochránit ozářené myši před zánětem (Tiwari a Bala, 2011). Li et al. (2003) uvádějí, že ruští kosmonauti používali plody rakytníku v dietě a olej v krému, aby se chránili před solární radiací.

Léčebná účinnost oleje ze semen rakytníku byla ověřena i v popáleninovém modelu na ovčích (Ito et al., 2014). Olej ze semen rakytníku prokázal významnou aktivitu při hojení ran po popáleninách.

3.6 Antidiabetické účinky

Jako další pozitivum rakytníku je uváděno působení na zmírnění symptomů *diabetu mellitus*. Tento efekt je vyvolán tím, že příjmem rakytníku v potravě může být docíleno snížení hladin krevní glukózy (Christaki, 2012). Výsledky studie Xue et al. (2015) ukazují na hypoglykemický vliv šťávy z rakytníku u diabetu 2. typu u myši, což zřejmě souvisí se zlepšením integrity pankreatu a odvrácením insulinové rezistence. K tomuto efektu snad přispívá přítomný L-quebrachitol.

Postprandiální hyperglykémie a insulinová odpověď jsou ovlivněny bobulemi z rakytníku a jeho metabolity rozpustnými v etanolu (Lehtonen et al., 2010). Odstranění komponenty oleje rozpustné v CO₂ nezměnilo významně studovaný postprandiální efekt bobulí. Komponenty rozpustné v etanolu opět ukázaly výhodné vlastnosti v insulinové a glukózové odpovědi.

Hippophaea rhamnoides ovlivnil *diabetes mellitus* nejen snížením hladiny krevního cukru, ale také úpravou průvodních komplikací tohoto onemocnění. Potvrdilo se to nejen účinností na buněčných kulturách, ale v pokusech na zvířatech i v klinické praxi. Rakytník prokázal pozitivní účinky zmírněním symptomů cukrovky jako je vyčerpanost, sucho v ústech, suché oko a další. Úhrnem lze uvést, že *Hippophaea rhamnoides* je významným uchazečem o doplňkovou léčbu diabetu (Wang et al., 2011).

3.7 Antikancerogenní aktivita

Mezi další příznivé účinky rakytníku lze zařadit účinky antikancerogenní (Michel et al. 2012). Antikancerogenní účinky byly zaznamenány u látek nacházených především v plodech rakytníku (Christaki, 2012).

Jako jedna z hlavních složek, která se podílí na tomto vlivu, je quercetin, který indukuje apoptózu v rakovinových buňkách. Největší efekt byl zaznamenán v případě léčby lidí s rakovinou tlustého střeva, leukémie a rakoviny prostaty (Patel et al., 2012). Další studie naznačují, že rakytníkový olej zmírňuje hematologická poškození způsobená chemoterapií, např. při léčbě leukémie (Yang a Kallio, 2002). Léčivé účinky jsou přisuzovány látkám, jako jsou katechin, gallokatechin a epigallokatechin (Khan et al., 2010). Bylo dokázáno, že rakytník má rovněž příznivý vliv na inhibici některých faktorů způsobujících rakovinu žaludku u lidí (Li et al., 2003).

První zprávu o přírodním protinádorovém pektinu s vysokým obsahem metoxylových skupin z bobulí *Hippophae rhamnoides* (potenciální imunostimulační účinek proti rakovině) publikovali Wang et al. (2015).

Yasukawa et al. (2009) izolovali a identifikovali tři fenolové látky (katechin, gallokatechin a epigallokatechin) a tritepenoid a kyselinu ursolovou z 70% etanolového extraktu rakytníku, který prokázal pozoruhodnou antitumorovou aktivitu. Vyvolání apoptické aktivity a změny na jádru, zahrnující kondenzaci chromatinu, bylo také zaznamenáno u HL-60 buněk ošetřených flavonoidy (quercetin, kaempferol, myricetin) izolovaných z rakytníku (Hibasami et al., 2005).

Antiproliferativní vliv extraktů z rakytníku na lidské buněčné linie rakoviny tlustého střeva a jater publikovali Grey et al. (2010). Výsledky ukázaly, že velmi důležitá je volba extrakčního rozpouštědla a že kyselina ursolová by v inhibici proliferace rakovinných buněk mohla být důležitější než polyfenoly.

Rakytníkové bobule, *Rosa canina*, *Salvia officinalis* a *Origanum vulgare* využili Zhamanbayeva et al (2016) u akutní myeloidní leukémie, agresivního hematopoetického maligního onemocnění se špatnou prognózou. Ukázalo se, že vodo-etanolové extrakty snížily růst a životaschopnost buněk akutní myeloidní leukémie, což může přinést alternativní terapii a preventivní přístup proti akutní myeloidní leukémii.

3.8 Hepatoprotektivní účinky

Játra jsou často poškozena množstvím různých environmentálních polutantů a léky; všechny tyto látky zatěžují tento životně důležitý orgán, což jej poškozuje, oslabuje a případně vede k hepatitis nebo cirhóze (Zimmerman a Ishak, 1994). Hepatotoxiny jako jsou etanol, chlorid uhličitý a acetaminophen (Paracetamol) způsobují různé stupně poškození hepatocytů, jejich degeneraci a následnou smrt jaterních buněk (Solcan et al., 2013; Michel et al., 2012; Rameshabu et al., 2011).

Rakytník má četné pozitivní účinky při ochraně jater a léčbě při onemocnění jater (Barkat et al., 2010). Látky obsažené v rakytníku, jako jsou nenasycené mastné kyseliny, alfa-tokoferol, beta-karoten, chrání jaterní buňky před poškozením vlivem hepatotoxinů (Rameshabu et al., 2011). Flavonoidy jsou zodpovědné především za ochranu před tučněním jater (Li et al., 2003). Rakytník řešetlákový by se mohl v budoucnu uplatnit také při prevenci fibrózy jater (Suryakumar a Gupta, 2011).

Pokus zaměřený na vliv rakytníku na toxicitu oxidovaného cholesterolu doložil, že rakytník aplikovaný v dietě snížil plasmatický obsah alanin transaminázy (ALT), aspartát transaminázy (AST) a alkalické fosfatázy (ALP), což dokládá, že může mít ochranný vliv při hepatotoxicitě vyvolané oxidovaným cholesterolem (Yeh et al., 2012).

Hepatoprotektivní aktivita listů a oleje ze semen rakytníku byly posouzeny použitím CCl_4 u zvířat vyvolávající poškození jater (Hsu et al., 2009; Geetha et al., 2008) a výsledky ukázaly, že jak alkoholický extrakt z listů, tak olej ze semen mají hepatoprotektivní účinek pro což svědčí histologické i biochemické nálezy.

V další studii Maheshwari et al. (2011) identifikovali některé z fenolových složek listů rakytníku (kyselina gallová, myricetin, quercetin, kaempferol, isorhamnetin) a studovali antioxidační a hepatoprotektivní aktivitu na fenoly bohaté frakce z listů rakytníku u krys. Perorální aplikace této na fenol bohaté frakce, v množství 25–75 mg/kg tělesné hmotnosti, významně chránilo před změnami vyvolanými podáním CCl_4 (elevace AST, ALT, γ -glutamyl transpeptidázy a bilirubinu v séru) oxidačním poškozením jater.

Rakytník zmírňuje nikotinem vyvolaný oxidační stres v játrech krys (Taysi et al., 2010). Výsledky provedených studií naznačují, že extrakt z rakytníku, stejně jako vitamín E, může ochránit játra před oxidačním stresem vyvolaným nikotinem.

3.9 Imunomodulační účinky

Rakytník řešetlákový posiluje a urychluje imunitní odpověď organismu (Michel et al. 2012). Má vliv na rychlejší regenerační schopnosti membrán sliznic gastrointestinálního traktu jako je sliznice žaludku, tlustého střeva, močového aparátu a sliznice dutiny ústní (Christaki, 2012). Na imunomodulačním efektu se z obsahových látek rakytníku nejvíce podílejí flavonoidy, a to především leucocyanidin, katechin a dále isorhamnetin, quercetin a quassin. Tyto látky posilují imunitní systém organismu, zvyšují odolnost proti onemocnění (Li et al., 2003).

Byl testován imunoprotektivní vliv plodů rakytníku proti imunodepresi vyvolané T-2 toxinem u brojlerových kuřat (Ramasamy et al., 2010). Imunoprotektivní vliv rakytníku a glukomananu byl hodnocen humorální imunitní reakcí proti NCD vakcíně (hemoaglutinační test a odhad imunoglobulinů), hladinou imunoglobulinů, indexem fagocytů a DTH reakcí proti DNFB mezi 25. a 28. dnem experimentu. Pozorovali významný pokles nespecifické imunity u skupiny, která dostávala T-2 toxin, což ukázal index fagocytů, DTH reakce, HI titr a celkové sérové Ig v porovnání se zdravou kontrolní skupinou. U skupiny krmené rakytníkem a glukomananem pozorovali významné zvýšení HI titru a celkového sérového Ig. U těchto ptáků bylo také pozorováno významné zvýšení DTH reakce a nespecifické imunitní odpovědi. Rakytník samotný chránil imunopresivní vliv T-2 toxinu, ale rakytník v kombinaci s glukomananem měl aditivní protektivní vliv proti T-2 toxicitě.

Podle autorů Lavinia et al. (2009) esenciální oleje extrahované z plodů zlepšují imunitní odpověď u brojlerů. Olej z rakytníku podporuje regeneraci tkáně, proto má příznivé účinky na mukózní membrány jako je žaludeční (Erkkola a Yang, 2003), duodenální (Lavinia et al., 2009), urogenitální a dutiny ústní (Erkkola a Yang, 2003).

3.10 Účinky potlačující vznik žaludečních a duodenálních vředů

Hexanový výtažek z rakytníku má pozitivní vliv proti indometacinu, etanolu a stresu, které se podílejí na vzniku žaludečních vředů (Khan et al., 2010). Mají také pozitivní účinky při léčbě duodenálních vředů (Li et al., 2003).

Huff et al. (2012) studovali účinnost komerčně vyráběného přípravku (SeaBuck SBT Gastro-Plus) s obsahem plodů a dužiny rakytníku na prevenci a léčbu žaludečních vředů u koní. Po náhlé deprivaci krmiva se skóre neglandulárních žaludečních vředů významně zvýšilo u všech koní. Počet glandulárních vředů a jejich závažnost byly významně nižší u koní, kterým byl podáván rakytník v porovnání s kontrolní skupinou. Rakytník podávaný koním nebyl účinný při léčbě nebo prevenci přirozeně se vyskytujících neglandulárních vředů, nicméně skóre glandulárních vředů bylo významně nižší u skupiny s rakytníkem po deprivaci krmiva. Proto může být rakytník využit při prevenci glandulárních vředů u koní při nepravidelném, resp. přerušovaném krmením.

3.11 Dermatologické účinky

Látky obsažené v rakytníku pozitivně působí proti vzniku dermatologických onemocnění jako je např. atopický ekzém (Khan et al., 2010). Krém obsahující výtažky z rakytníků podporuje léčbu kožních onemocnění, jako jsou např. melanóza, chloasma, xeroderma, recidivující dermatitida (Barkat et al. 2010; Li et al. 2003).

U popálených ovcí byl použit olej ze semen rakytníku a za 6, 14 a 21 dní po poranění posouzeno prokrvení a epitelizace popálených míst. Po 14 dnech bylo procento epitelizace v místech ošetřených olejem z rakytníku vyšší než na neošetřených místech. Epitelizační doba byla významně kratší v porovnání s neošetřenými místy (Ito et al., 2014).

3.12 Agregace krevních destiček

Především flavonoidy a mastné kyseliny mají pozitivní vliv na krevní destičky. Jejich hlavní funkce je potlačování krevní agregace, která je vyvolána kolagenem, pravděpodobně inhibicí aktivity tyrosinkinázy (Patel et al., 2012). Jako další látka podílející se ve velkém množství na agregaci krevních destiček je sitosterol (Johansson et al., 2000).

Závěrem k této části studie lze uvést, že díky uvedeným významným příznivým účinkům na podporu zdraví je možné předpokládat, že rakytník řešetlákový a jeho produkty budou hojně využívány v prevenci a léčbě onemocnění u lidí i zvířat.



Rakytníková šťáva

4. Nutriční význam rakytníku

V posledních letech se zájem o využití produktů rakytníku zvyšuje, a to jak v oblasti výživy lidí, tak i výživy zvířat.

4.1 Nutriční potenciál rakytníku ve výživě lidí

Díky svým funkčním vlastnostem a jedinečné chuti je možné bobule rakytníku zpracovat na džus, bonbony, želé, džem, alkoholické a nealkoholické nápoje, nebo na dochucení mléčných výrobků (Bal et al., 2011; Gao et al., 2000). Oleje ze semen a dřenež je možné použít jako přísady v potravních doplncích, jako je želatina, tobolky rostlinného původu, orální tekutiny (Yang a Kalilo, 2002). Také se využívají v kosmetických produktech, jako jsou šampony (Bal et al., 2011). Listy se používají na výrobu extraktů, čajů, nebo v kosmetice (Guan et al., 2005). Stobdan et al. (2013) uvádějí, že rakytník představuje bohatý zdroj živin a bioaktivních látek. Z bobulí připravený džus je bohatý na cukr, organické kyseliny, aminokyseliny, esenciální mastné kyseliny, fytoosteroly, flavonoidy, vitamíny a minerální prvky. Obsahuje 24 minerálů a 18 aminokyselin. Celkový obsah fytoosterolů je 4 - 20krát vyšší než v sójovém oleji. Semena jsou cenným zdrojem oleje s vysokým obsahem kyseliny olejové a poměrem n-3 a n-6 mastných kyselin 1:1. Olej absorbuje UV světlo a má blahodárný vliv na pokožku. Listy obsahují mnoho živin a bioaktivních látek jako jsou karotenoidy, volné a esterifikované steroly, triterpenové alkoholy.

Vliv rakytníku na faktory apetitu u dětí s funkční dyspepsií, vyprazdňování žaludku a metabolické parametry studovali Xiao et al. (2013). Studie prokázala, že *Hippophae rhamnoides* zvyšuje hladinu faktoru chuti k jídlu, leptinu a neuropeptidu Y, zrychluje vyprazdňování žaludku, trávicí funkce gastrointestinálního traktu, růst a vývoj dětí.

Borczak et al. (2016) sledovali vliv plodů divoce rostoucích rostlin, mimo jiné i rakytníku, na nutriční vlastnosti chleba z bílé mouky. Sledovali řadu ukazatelů (celkový škrob, rychle a pomalu stravitelný škrob, index stravitelnosti a další). Chleby obohacené o uvedené plody měly vyšší nutriční hodnotu a všechny obohacené chleby měly mnohem vyšší antioxidační kapacitu ve srovnání s kontrolou.

4.2 Nutriční potenciál rakytníku ve výživě zvířat

Ve výživě zvířat se využívá rakytník jako přídavek do krmných směsí pro jeho příznivé vlivy na zdraví zvířat. Byl pozorován příznivý vliv i na kvalitu živočišných produktů.

Již ve starém Řecku byly listy a výhonky rakytníku používány ke krmení zvířat, což příznivě ovlivňovalo přírůstky hmotnosti a zvláště u koní žádaný lesk srsti (Suryakumar a Gupta, 2011). Listy rakytníků obsahují 15 % dusíkatých látek a mohou být využity ve výživě hospodářských, zvířat, nebo v krmivu pro domácí mazlíčky (Suryakumar a Gupta, 2011). Také Kaushal a Sharma (2011) uvádějí, že zbytky semen po vylisování a listy rakytníku jsou bohaté na proteiny a minerální látky a jsou vhodné jako krmivo. Obdobně i Biswas et al. (2010) považují listy, semena a rezidua bobulí rakytníku za vhodné krmivo pro hospodářská zvířata a drůbež, hlavně v chladných a suchých regionech. U drůbeže působily příznivě na vyšší produkci vajec a tělesnou hmotnost nosnic (Wang, 1997).

Vliv flavonových glykosidů z plodů rakytníku na růst, jateční kvalitu, ukládání tuku a metabolismus lipidů u brojlerových kuřat studovali Ma et al. (2015). Flavony z plodů rakytníku zlepšily průměrný denní příjem krmiva i hmotnost brojlerů na konci výkrmu. Množství abdominálního tuku při suplementaci flavonů (0,05; 0,10 a 0,15 %) se snížilo o 21,08, 19,12 a 19,61 % v porovnání s kontrolou. Naproti tomu se zvýšil obsah intramuskulárního tuku v prsní svalovině a zlepšil se poměr nenasycených mastných kyselin k nasyceným. Doplnění flavonů do diety snížilo hladiny triglyceridů, cholesterolu a LDL cholesterolu.

U prasat sledovali vliv doplňku výlisků z rakytníku na užitkovost, kvalitu masa, hladinu mastných kyselin a vitamínu C Nuernberg et al. (2015). Suplementace na konci výkrmu neovlivnila negativně růst ani jateční parametry prasat. Celková kvalita masa včetně živinového složení (proteiny, tuk, voda), barva masa a pH se nezměnily. Profil mastných kyselin v *musculus longissimus* byl mírně ovlivněn různými koncentracemi výlisků a délkou aplikace. Nejvyšší množství n-3 mastných kyselin (28 mg/100 g svaloviny) bylo zjištěno u prasat s 12% doplňkem a délkou podávání osm týdnů. Obsah vitamínu C v *musculus longissimus* u kontrolní a suplementovaných skupin prasat se pohyboval mezi 24,0 a 28,7 µg/g čerstvé svaloviny a nebyl ovlivněn dietou.

U králíků, kterým byl podáván po dobu 14 dní zoxidovaný rostlinný olej, olej ze semen rakytníku významně snížil hladinu sérového LDL cholesterolu, triglyceridy a zvýšil sérovou glukózu. Olej ze semen rakytníku snížil toxický vliv zoxidovaných lipidů a poskytl ochranu před degenerativními změnami na játrech a proti oxidačnímu stresu (Zeb a Ullah, 2015). Vliv na ochranu jater měl i polysacharidový extrakt z rakytníku u myši (Liu et al., 2015).

Použití prášku z listů rakytníku (2 %) do krmiva a extraktu z rakytníku do vody poskytlo částečnou ochranu proti ochratoxinem A vyvolané nefropatii u japonských křepelek. Kuřatům křepelek byly podávány 3 ppm ochratoxinu A a u skupin, které současně přijímaly prášek rakytníku, resp. extrakt z rakytníku, byly zjištěné degenerativní, nekrotické a zánětlivé změny méně závažné (Patil et al., 2013). U kuřat studovali hepatoprotektivní vliv bobulí rakytníku při otravě aflatoxinem B Solcan et al. (2013). Dospěli k závěru, že olej z rakytníku má silnou hepatoprotektivní aktivitu, snižuje koncentraci aflatoxinů v játrech a omezuje jejich negativní účinky.

Vliv listů z rakytníku na genovou expresi (exprese genu je proces, kterým je v genu uložená informace převedena v reálně existující buněčnou strukturu nebo funkci) inosin monofosfátu (IMP) a adenylsukcinát lyázy (ADSL) u brojlerů během tepelného stresu studovali Zhao et al. (2012). Brojleři přijímali bazální dietu doplněnou v experimentálních skupinách I, II a III, oproti kontrolní skupině, 0,25; 0,5 a 1 % listů z rakytníku. Během 4. týdne byli brojleři vystaveni tepelnému stresu (36 ± 2 °C) a následně byly odebrány vzorky masa a jater. Obsahy IMP v prsní svalovině ve skupinách I, II a III se významně zvýšily o 68, 102 a 103 % ($P < 0,01$) v porovnání s kontrolní skupinou. Obsah IMP ve stehenní svalovině ve skupině II a III se významně zvýšil o 56 a 58 % ($P < 0,01$). Exprese ADSL mRNA ve skupině I, II a III se významně zvýšila o 80, 65 a 49 % ($P < 0,01$) v porovnání s kontrolní skupinou. Obsah IMP a exprese genu ADSL mRNA se zvýšily při bazální dietě doplněné o listy rakytníku a proto se zmírnil pokles chuti masa vyvolaný tepelným stresem.

Antioxidační vliv rozemletých listů rakytníku u myši s obezitou navozenou dietou studovali Lee et al. (2011). U obézních myši po vysoko tučné dietě má čaj z listů rakytníku účinek na viscerální obezitu a má antioxidační efekt.

U myši s obezitou vyvolanou dietou s vysokým obsahem tuku, orální podávání etanolového extraktu z listů rakytníku, v porovnání s kontrolní skupinou, snížilo příjem energie, přírůstek tělesné hmotnosti, hmotnost epididymálního tuku, hladiny hepatických triglyceridů, jaterní a sérové hladiny celkového cholesterolu, sérové hladiny leptinu. Rozdíly v hladinách sérových triglyceridů a insulinu nebyly v porovnání s kontrolní skupinou významné. Extrakt z listů rakytníku působil preventivně proti přírůstku tělesné hmotnosti a akumulaci tuku v játrech, snížil hmotu adipózního tuku, profil hepatických lipidů a sérové hladiny leptinu (Pichiah et al., 2012).

Uvedené práce na laboratorních zvířatech byly zacíleny především k získání poznatků uplatnitelných v humánní populaci, nicméně přináší dílčí poznatky do oblasti výživy potravinových i domácích zvířat a nepřímo i do sféry kvality potravin živočišného původu.



Plody rakytníku řešetlákového

5. Úvaha o možném uplatnění rakytníku v budoucnosti

Jisté informace o možném uplatnění rakytníku a jeho produktů ve výživě zvířat a o případném pozitivním vlivu na živočišné produkty jsou sice k dispozici, další vědecké studie a poznatky z této oblasti však mohou k širšímu uplatnění přispět. Lze uvažovat o tom, že využití nutričních, biologických i dietetických vlastností rakytníku, ale i dalších rostlin s podobnými vlastnostmi, by mohlo vést k tvorbě skutečných biopotravin - biopotravin nového typu, resp. funkčních potravin. Reálně lze uvažovat o drůbežím masu a vejcích, o kozím mléce a sýrech, masu králíků, perspektivně např. o uplatnění v konečné fázi výkrmu prasat, ale i v dalších oblastech. Potvrzení správnosti těchto úvah a doporučení vidíme v pracích autorů (např. Borczak et al., 2016), kteří prokázali u takto obohacené potravin vyšší nutriční a dietetickou hodnotu. Podmínkou ovšem je cíleně doplnit současné poznatky a účinnost ověřit v celém potravním řetězci. To by předpokládalo vytvořit novou oblast výzkumu výživy potravinových zvířat s přímou návazností na biologickou a dietetickou hodnotu potravin živočišného původu, s dopadem do výživy člověka.



Rakytníkové produkty

6. Seznam literatury

Bal LM, Meda V, Naik SN, Satya S (2011): Sea buckthorn berries: A potential source of valuable nutrients for nutraceuticals and cosmoceuticals. *Food Research International*,44: 1718-1727.

Barkat A Khan, Akhtar N, Mahmood T (2010): A comprehensive review of a magic plant, *Hippophae rhamnoides*. *Pharmacognosy Journal*, 2: 65-68.

Basu M, Prasad R, Jayamurthy P, Pal K, Arumughan C, Sawhney RC (2007): Anti-atherogenic effects of seabuckthorn (*Hippophaea rhamnoides*) seed oil. *Phytomedicine*, 14: 770-777.

Biswas A, Bharti VK, Acharya Pawar DD, Singh SB (2010): Sea buckthorn: new feed opportunity for poultry in cold arid Ladakh region of India. *World's Poultry Science Journal*, 707-714.

Borczak B, Sikora E, Sikora M, Kapusta-Duch J, Kutyla-Kupidura EM, Folta M (2016): Nutritional properties of wholemeal wheat-flour an addition of selected wild grown fruits. *Starch-Starke*, 68: 675-682.

Casariu ED, Virgolici B, Lixandru D, Miricescu D, Totan A, Popescu LA, Mohora M (2013): Sea buckthorn pulp oil treatment can prevent metabolic syndrome in hypertriglyceridemic waist fenotype obese children. *Farmacia*, 61 (6): 1043-1053.

Cenkowski S, Yakimishen R, Przybylski R, Muir WE (2006): Quality of extracted sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) seed and pulp oil. *Canadian Biosystems Engineering*, 48: 9-16.

Dhyani D, Maikhuri RK, Rao KS, Kumar L, Purohit VK, Sundriyal M, Saxena KG (2007): Basic nutritional attributes of *Hippophae rhamnoides* (Sea buckthorn) populations from Uttarakhand Himalaya, India. *Current Science India*,92: 1148-1152.

Eccleston C, Baoru Y, Tahvonon R, Kallio H, Rimbach GH, Minihane AM (2002): Effect of an antioxidant-rich juice (sea buckthorn) on risk factors for coronary hearth disease in humans. *Journal of Nutritional Biochemistry*, 13: 346-354.

Erkkola R, Yang B (2003): Sea buckthorn oils: towards healthy mucous membranes. *Agro Food Industry Hi-Tech*, 3: 53-57

Fatima T, Snyder CL, Schroender WR, Cram D, Datla R, Wishart D, Weselake RJ, Krishna P (2012): Fatty acid composition of developing sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) berry and transcriptome of the mature seed. *Pharmaceutical Biology*, 50: 1344-1345.

Gao X, Ohlander M, Jeppsson N, Bjork L, Trajkovski V (2000): Changes in antioxidant effects and their relationship to phytonutrients in fruits of Sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) during maturation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48: 1485-1490.

Geetha S, Jayamurthy P, Pal K, Pandey S, Sawhney RC (2008): Hepatoprotective aktivity of Sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) l against carbon tetrachloride induced hepatic damage in rats. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 88: 1592-1597.

Grey C, Widen C, Adlercreutz P, Rumpunen K, Duan RD (2010): Antiproliferative effects of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) extracts on human colon and liver cancer cell lines. *Food Chemistry*, 120: 1004-1010.

Guan TTY, Cenkowski S, Hydamaka A (2005): Effect of drying on the nutraceutical quality of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L. ssp. *sinensis*) leaves. *Journal of Food Science*, 70: E514-E518.

Hibasami H, Mitani H, Katsuzaki H, Omak K, Yoshioka K, Komika T (2005): Isolation of five type sof flavonol from seabuckthorn (*Hippophae rhamnoides*) and induction of apoptosis by some of the flavonois in human promyelotic leukemia HL-60 cells. *International Journal of Molecular Medicine*, 15: 805-809.

Hsu Y, Tsai C, Chen W, Lu Fung-Jou (2009): Protective effect of seabuckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) seed oil against carbon tetrachloride-induced hepatotoxicity in mice. *Food and Chemical Toxicology*, 47: 2281-2288.

Huff NK, Auer AD, Garza F, Keowen ML, Kearney MT, McMullin R.B, Andrews FM (2012): Effect of sea buckthorn berries and pulp in a liquid emulsion on gastric ulcer scores and gastric juice pH in horses. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 26: 1186-1191.

Chauhan AS, Negi PS, Ramteke RS (2007): Antioxidant and antibacterial activities of aqueous extract of Seabuckthorn (*Hippophae rhamnoides*) seeds. *Fitoterapia*, 78: 590-592.

Christaki E (2012): *Hippophae rhamnoides* L. (Sea Buckthorn): A potential source of nutraceuticals. *Food and Public Health*, 2: 69-72.

Ito H, Asmussen S, Traber DL, Cox RA, Hawkins HK, Connelly R, Traber L.D, Walker TW, Malgerud E, Sakurai H, Enkhbaatar P (2014): Healing efficacy of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) seed oil in an ovine burn wound model. *Burns*, 40: 511–519.

Jain M, Ganju L, Katiyal A, Padwad Y, Mishra KP, Chanda S, Karan D, Yogendra KM, Sawhney RC (2008): Effect of *Hippophae rhamnoides* leaf extract against Dengue virus infection in human blood-derived macrophages. *Phytomedicine*, 15: 793–799.

Javid A, Bashir A, Said H, Muhammad S, Farrah G, Shafaat U (2015): Proximate composition, mineral contents, phytochemical constituents, antimicrobial activities and Fourier transforms infrared spectroscopy analysis of bark, stem and seed of *Hippophae rhamnoides* L. *Journal of Coastal Life Medicine*, 3 (6): 486-490.

Johansson AK, Korte H, Yang B, Stanley JC, Kallio HP (2000): Sea buckthorn berry oil inhibits platelet aggregation. *Journal of Nutritional Biochemistry*, 11: 491-495.

Kallio HP, Yang B (2014): Health effects of sea buckthorn berries; Research and strategies at the University of Turku, Finland. X. International Symposium on vaccinium and other superfruits. Maastricht, Netherlands. Book Series: Acta Horticulturae, 1017: 343-349. 30

- Kanayama Y, Kato K, Stobdan T, Galitsyn GG, Kochetov AV, Kanahama K (2012): Research progress on the medicinal and nutritional properties of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides*) – a review. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology*, 87 (3): 203-210.
- Kanayama Y, Sato K, Ikeda H, Tamura T, Nishiyama M, Kanahama K (2013): Seasonal changes in abiotic stress tolerance and concentrations of tocopherol, sugar, and ascorbic acid in sea buckthorn leaves and stems. *Scientia Horticulturae*, 164: 232-237.
- Kaushal M, Sharma PC (2011): Nutritional and antimicrobial property of seabuckthorn (*Hippophae* sp.) seed oil. *Journal of Scientific and Industrial Research*,70: 1033-1036
- Khan BA, Akhtar N, Mahmood T (2010): A comprehensive review of a magic plant *Hippophae rhamnoides*. *Pharmacognosy Journal*,16: 85-88.
- Kim JS,Kwon,YS,Sa YJ,Kim MJ (2011): Isolation and identification of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides*) phenolics with antioxidant activity and alpha-glucosidase inhibitory effect. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59: 138-144.
- Korekar G, Stobdan T, Singh H, Chaurasia OP, Singh SB (2011): Phenolic content and antioxidant capacity of various solvent extracts from seabuckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) fruit pulp, seeds, leaves and stem bark. *Acta Alimentaria*, 40 (6): 449-458.
- Kortesniemi M, Sinkkonen J, Yang BR, Kallio H (2014): H-1 NMR spectroscopy reveals the effect of genotype and growth conditions on composition of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) berries. *Food Chemistry*, 147: 138-146.
- Koyama T, Taka A, Togashi H (2009): Effect of a herbal medicine, *Hippophae rhamnoides*, on cardiovascular functions and coronary microvessels in the spontaneously hypertensive stroke-prone rats. *Clinical Hemorheology and Microcirculation*,41: 17-24.
- Kumar MSY, Tirpude RJ, Maheshwari DT, Bansal A, Misra K (2013): Antioxidant and antimicrobial properties of phenolic rich fraction of Seabuckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) leaves *in vitro*. *Food Chemistry*, 141: 3443-3450.

Kumar S, Sagar A (2007): Microbial associates of *Hippophae rhamnoides* (Seabuckthorn). Plant Pathology Journal, 6: 299-305.

Kumar R, Kumar GP, Chaurasia OP, Singh SB (2011): Phytochemical and pharmacological profile of Seabuckthorn oil: a review. Research Journal of Medicinal Plants, 5: 491-499.

Kyriakopoulou K, Pappa A, Krokida M, Detsi A, Kefalas P, Chronis M (2014): Bioactive compounds of sea buckthorns (*Hippophae rhamnoides*) berries and leaves - Effects of drying and extraction methods. X. International Symposium on vaccinium and other superfruits. Maastricht, Netherlands. Book Series: Acta Horticulturae, 1017: 399-406.

Larmo PS, Jarvinen RL, Setala NL, Yang BR, Viitanen MH, Engblom JRK, Tahvonen RL, Kallio HP(2010): Oral sea buckthorn oil attenuates tear film osmolarity and symptoms in individuals with dry eye. Journal of Nutrition, 140 (8): 1462-1468.

Larmo Ps, Kangas AJ, Soinen P, Lehtonen HM, Suomela JP, Yang BR, Viikari J, Ala-Korpela M, Kallio HP (2013):Effects of sea buckthorn and bilberry on serum metabolites differ according to baseline metabolic profiles in overweight women: a randomized crossover trial. American Journal of Clinical Nutrition, 98 (4): 941-951.

Lavinia S, Gabi D, Drinceanu D, Daniela D, Stef D, Daniela M, Julean C, Ramona T, Corcionivoschi N (2009): The effect of medicinal plants and plant extracted oils on broiler duodenum morphology and immunological profile. Romanian Biotechnological Letters, 14: 4606-4614.

Lee HI, Kim MS, Lee KM, Park SK, Seo K I, Kim HJ, Kim MJ, Choi MS, Lee MK (2011): Anti-visceral obesity and antioxidant effects of powdered sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) leaf tea in diet-induced obese mice. Food and Chemical Toxicology, 49: 2370-2376.

Lehtonen HM, Jarvinen R, Linderborg K, Viitanen M, Venojarvi M, Alanko H, Kallio H (2010): Postprandial hyperglycemia and insulin response are affected by sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* ssp. *turkestanica*) berry and its ethanol-soluble metabolites. European Journal of Clinical Nutrition, 64 (12): 1465-1471.

Leskinen HM, Suomela JP, Yang B, Kallio HP (2010): Regioisomer compositions of vaccenic and oleic acid containing triacylglycerols in sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides*) pulp oils: influence of origin and weather conditions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58: 537–545.

Li TSC, Beveridge THJ, Oomah JCG (2003): Nutritional and medicinal values. In: Li TSC, Beveridge THJ (Eds.) *Sea buckthorn (Hippophae rhamnoides L.): Production and utilization*. National Research Council of Canada, Ottawa. Pp. 101-108.

Liu H, Zhang W, Dong SC, Song LZ, Zhao SM, Wu CY, Wang X, Liu F, Xie JM, Wang JL (2015): Protective effects of sea buckthorn polysaccharide extracts against LPS/d-GalN-induced acute liver failure in mice via suppressing TLR4-NF-kappa B signaling. *Journal of Ethnopharmacology*, 176: 69-78.

Ma JS, Chang WH, Liu GH, Zhang S, Zheng AJ, Li Y, Xie Q, Liu ZY, Cai HY (2015): Effects of flavones of sea buckthorn fruits on growth performance, carcass quality, fat deposition and lipometabolism for broilers. *Poultry Science*, 11: 2641-2649.

Ma XY, Laaksonen O, Zheng J, Yang W, Trepanier M, Kallio H, Yang BR (2016): Flavonol glycosides in berries of two major subspecies of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) and influence of growth sites. *Food Chemistry*, 200: 189-498.

Maheshwari DT, Yogendra Kumar MS, Verma SK, Singh VK, Singh SN (2011): Antioxydant and hepatoprotective activities of phenolic rich fraction of Seabuckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) leaves. *Food and Chemical Toxicology*, 49: 2422-2428.

Michel T, Destandau E, Le Floch G, Lucchesi ME, Elfakir C (2012): Antimicrobial, antioxidant and phytochemical investigations of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) leaf, stem, root and seed. *Food Chemistry*, 131: 754-760.

Morgenstern A, Ekholm A, Scheewe P, Rumpunen K (2014): Changes in content of major phenolic compounds during leaf development of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.). *Agricultural and Food Science*, 23 (3): 207-219.

Nuernberg K, Nuernberg G, Pripke A, Dannenberger D (2015): Sea buckthorn pomace supplementation in the finishing diets of pigs - are there effects on meat quality and muscle fatty acids? *Archiv fur Tierzucht-Archives of Animal Breeding*, 58: 107-113.

Oomah BD (2003): Sea buckthorn lipids. In: Li TSC, Beveridge T (Eds) *Sea buckthorn (Hippophae rhamnoides): Production and utilization*. NRC Research Press, Ottawa, ON. pp. 51-68.

Pang X, Zhao J, Zhang W, Zhuang X, Wang J, Xu R, Xu Z, Qu W (2008): Antihypertensive effect of total flavones extracted from seed residuem of *Hippophae rhamnoides* L. in sucrose-fed rats. *Journal of Ethnopharmacology*, 117: 325-331.

Patel CA, Divakar K, Santani D, Solanki HK, Thakkar JH (2012): Remedial prospective of *Hippophae rhamnoides* L. (sea buckthorn), *ISRN Pharmacology*, published online 2012 doi: 10.5402/2012/436857.

Patial V, Asrani RK, Patil RD, Ledoux DR, Rottinghaus GE (2013): Pathology of ochratoxin a-induced nephrotoxicity in japanese quail and its protection by Sea Buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.). *Avian Diseases*, 57 (4): 767-779.

Pichiah PBT, Moon HJ, Park JE, Moon YJ, Cha YS (2012): Ethanolic extract of seabuckthorn (*Hippophae rhamnoides* L) prevents high-fat diet-induced obesity in mice through down-regulation of adipogenic and lipogenic gene expression. *Nutrition Research*, 32 /11): 856-864.

Pop RM, Socaciu C, Pintea A, Buzoianu AD, Sanders MG, Gruppen H, Vincken JP (2013) UHPLC/PDA-ESI/MS Analysis of the main berry and leaf flavonol glycosides from different carpathian *Hippophae rhamnoides* L. varieties. *Phytochemical Analysis*, 24 (5): 484-492.

Pop RM, Weesepeel Y, Socaciu C, Pintea A, Vincken JP, Gruppen H (2014): Carotenoid composition of berries and leaves from six Romanian sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) varieties. *Food Chemistry*, 147: 1-9.

Puupponen-Pimia R, Nohynek L, Meier C, Kahkonen M, Heinonen M, Hopia A (2001): Antimicrobial properties of phenolic compounds from berries. *Journal of Applied Microbiology*, 90: 494-507.

Ramasamy T, Varshneya C, Katoch VC (2010): Immunoprotective effect of seabuckthorn (*Hippophae rhamnoides*) and glucomannan on T-2 toxin-induced immunodepression in poultry. *Veterinary Medicine International*. Article ID: 149373, doi: 10.4061/2010/149373.

Rameshbabu AP, Ganapathy AP, Jothiramajayam M, Subramani E, Sundaramoorthy B (2011): Review on curative assets of seabuckthorn. *Journal of Pharmacy Research*, 4: 164-166.

Řezníček V, Plšek J (2008): Sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) – The effective source of vitamine C. *Proceedings of the Fifth Conference on Medicinal and Aromatic Plants of Southeast European Countries*. 69 p.

Sayegh M, Miglio C, Ray S (2014): Potential cardiovascular implications of Sea Buckthorn berry consumption in humans. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 65 (5): 521-528.

Shipulina LD, Tolkachev ON, Krepkova LV, Bortnikova VV, Shkarenkov AA (2005): Anti-viralanti-microbial and toxicological studies on Seabuckthorn (*Hippophae rhamnoides*).

Singh V (Ed.) Seabuckthorn (*Hippophae* L.). A Multipurpose Wonder Plant, Vol. 2 Daya Publishing House. New Delhi, India, pp. 471-483.

Sne E,

http://apps.webofknowledge.com.katalog.vfu.cz:2048/OneClickSearch.do?product=UA&search_mode=OneClickSearch&SID=R2qhYRms2luX2RPwpyf&field=AU&value=Seglina,%20Dalija&ut=BCI:BCI201400094733&pos=2&excludeEventConfig=ExcludeIfFromFullRecPage
Galoburda R, Seglina D, (2013a): Sea buckthorn vegetative parts - a good source of bioactive compounds. *Proceedings of the Latvian Academy of Sciences. Section B. Natural Exact and Applied Sciences*, 67 (2): 101-108.

Sne E, Seglina D, Galoburda R, Krasnova I (2013b): Content of phenolic compounds in various sea buckthorn parts. Proceedings of the Latvian Academy of Sciences. Section B. Natural Exact and Applied Sciences, 67 (4-5): 411-415.

Solcan C, Gogu M, Floristean V, Oprisan B, Solcan G (2013): The hepatoprotective effect of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides*) berries on induced aflatoxin B1 poisoning in chickens. Poultry Science, 92: 966-974.

Stobdan T, Korekar G, Srivastava RB (2013): Nutritional attributes and health application of seabuckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.). A review. Current Nutrition and Food Science, 9: 151-165.

Suomela JP, Ahotupa M, Yang B, Vasankari T, Kallio H (2006): Absorption of flavonoids derived from Sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) and their effect on emerging risk factors for cardiovascular disease in humans. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 54: 7364-7369.

Suryakumar G, Gupta A (2011): Medicinal and therapeutic potential of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.). Journal of Ethnopharmacology, 138: 268-278.

Taysi S, Gumustekin K, Demircan B, Aktas O, Oztasan N, Akcay F, Suleyman H, Akar S, Dane S, Gul M (2010): *Hippophae rhamnoides* attenuates nicotine-induced oxidative stress in rat liver. Pharmaceutical Biology, 48 (5): 488-493.

Teleszko M, Wojdylo A, Rudzinska M, Oszmianski J, Golis, T(2015) Analysis of lipophilic and hydrophilic bioactive compounds content in sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) Berries. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 63 (10):4120-4129.

Ting HC, Hsu YW, Tsai CF, Lu FJ, Chou MC, Chen WK(2011): The *in vitro* and *in vivo* antioxidant properties of seabuckthorn (*Hippophae rhamnoides* L) seed oil. Food Chemistry, 125 (2): 652-659.

Tiwari S, Bala M (2011): Hippophae leaves prevent immunosuppression and inflammation in 60Co- γ -irradiated mice. Phytopharmacology, 1: 35-48.

Upadhyay NK, Kumar MSY, Gupta A (2010): Antioxidant, cytoprotective and antibacterial effects of Sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) leaves. Food and Chemical Toxicology, 48: 3443-3448.

Upadhyay NK, Kumar R, Mandotra SK, Meena RN, Siddiqui MS, Sawhney RC, Gupta A (2009): Safety and healing efficacy of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) seed oil on burn wounds in rats. Food and Chemical Toxicology, 47: 1146-1153.

Upadhyay NK, Yogendra Kumar MS, Gupta A. (2011): Antioxidant, cytoprotective and antibacterial effects of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides*) leaves. Food and Chemical Toxicology, 48: 3443-3448.

Valíček P, Havelka EV (2008): Rakytník řešetlákový. Start Benešov. ISBN 978-80-86231-44-0 86 s.

Varshneya C, Kant V Mehta M (2012): Total phenolic contents and free radical scavenging activities of different extracts of seabuckthorn (*Hippophae rhamnoides*) pomace without seeds. International Journal of Food Sciences and Nutrition, 63 (2): 153-159.

Wang B, Lin L, Ni. Q, Su CL (2011): *Hippophae rhamnoides* L. For treatment of diabetes mellitus: A review. Journal of Medicinal Plants Research, 5: 2599-2607.

Wang HL, Gao TT, Du YZ, Yang HX, Wei LX, Bi HT, Ni WH (2015): Anticancer and immunostimulating activities of a novel homogalacturonan from *Hippophae rhamnoides* L. berry. Carbohydrate Polymers, 131: 288-296.

Wang JS, Zhang W, Zhu D, Zhu XL, Pang XF, Qu WJ (2011): Hypolipidaemic and hypoglycaemic effects of total flavonoids from seed residues of *Hippophae rhamnoides* L. in mice fed a high-fat diet. Journal of the Science of Food and Agriculture, 91 (8): 1446-1451.

Wang Y, Huang FH, Zhao L, Zhang D, Wang O, Guo XX, Lu F, Yang X, Ji BP, Deng QC (2016): Protective effect of total flavones from *Hippophae rhamnoides* L. against visible light-induced retinal degeneration in pigmented rabbits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 64 (1):161-170.

Wang YC (1997). Analysis on nutrition elements of sea buckthorn. *Hippophae*, 10: 24-25.

Xiao MT, Qiu XS, Yue DC, Cai YY, Mo QP (2013): Influence of *hippophae rhamnoides* on two appetite factors, gastric emptying and metabolic parameters, in children with functional dyspepsia. *Hellenic Journal of Nuclear Medicine*, 46 (1): 38-43.

Xing J, Yang B, Dong Y, Wang B, Wang J, Kallio HP (2002): Effects of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) seed oil on burn wounds in rats. *Food and Chemical Toxicology*, 47:1146-1153.

Xu YJ, Kaur M, Dhillon RS, Tappia PS, Dhalla NS (2011): Health benefits of sea buckthorn for the prevention of cardiovascular diseases. *Journal of Functional Foods*, 3 (1): 2-12.

Xue Y, Miao Q, Zhao A, Zheng YD, Zhang YM, Wang PY, Kallio H, Yang BR (2015): Effects of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides*) juice and L-quebrachitol on type 2 diabetes mellitus in db/db mice. *Journal of Functional Foods*, 16: 223-233.

Yang BR, Kallio HP (2001): Fatty acid composition of lipids in sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) berries of different origins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 49: 1939-1947.

Yang B, Kallio H (2002): Composition and physiological effects of sea buckthorn (*Hippophae*) lipids. *Trends in Food Science and Technology*, 13: 160-167.

Yasukawa K, Kilanaka S, Kawata K, Goto K. (2009): Anti-tumor promoters phenolics and triterpenoid from *Hippophae rhamnoides*. *Fitoterapia* 80: 164-167.

Yeh YH, Hsieh YL, Lee YT, Shen YC (2012): Dietary seabuckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) reduces toxicity of oxidized cholesterol in rats. *e-SPEN Journal*, 7: e69-e77.

Zeb A (2004): Chemical and nutritional constituents of sea buckthorn juice. *Pakistan Journal of Nutrition*, 3: 99-106.

Zeb A (2006): Anticarcinogenic potentia of lipids from *Hippophae* – Evidence from the recent literature. *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention*, 7: 32-35.

Zeb A, Hussain S (2014): Sea buckthorn seed powder provides protection in the oxidative stress produced by thermally oxidized sunflower oil in rabbits. *Journal of Food Biochemistry*, 38 (5): 498-508.

Zeb A, Ullah S (2015): Sea buckthorn seed oil protects against the oxidative stress produced by thermally oxidized lipids. *Food Chemistry*, 186: 6-12.

Zhamanbayeva GT, Aralbayeva G, Murzakhmetova MK, Tuleukhanov ST, Danilenko M (2016): Cooperative antiproliferative and differentiation-enhancing activity of medicinal plant extracts in acute myeloid leukemia cells. *Biomecine and Pharmacotherapy*, 82:80-89.

Zhang J, Gao W, Cao MS, Kong DY (2012): Three new flavonoids from the seeds of *Hippophae rhamnoides* subsp *sinensis*. *Journal of Asian Natural Products Research*, 14 (7): 652-656.

Zhao W, Chen X, Yan CJ, Liu HN, Zhang ZH, Wang PZ, Su J, Li Y (2012): Effect of Sea Buckthorn leaves on inosine monophosphate and adenylosuccinatelyase gene expression in broilers during heat stress. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 25 (1): 92-97.

Zheng J, Yang BR, Trepanier M, Kallio H (2012): Effects of genotype, latitude, and weather conditions on the composition of sugars, sugar alcohols, fruit acids, and ascorbic acid in sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* ssp. *Mongolica*) berry juice. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60 (12): 3180-3189.

Zheng XY, Long WM, Liu GN, Zhang XM, Yang XL (2012): Effect of seabuckthorn (*Hippophae rhamnoides* ssp. *Sinensis*) leaf extract on the swimming endurance and exhaustive exercise-induced oxidative stress of rats. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92 (4): 736-742.

Zimmermann HJ, Ishak KG (1994): Hepatic injury due to drugs and toxin. In: Mac-Sween R, Anthony PP, Scheuer PJ, Burt AD, Portman BC (Eds.), *Pathology of Liver*. Edinburgh. Churchill Livingstone, pp. 563-634.

7. Souhrn

Rakytník řešetlákový (*Hippophae rhamnoides* L.) je objektem zájmu především pro své mnohočetné pozitivní účinky na zdraví lidského organismu. Celá rostlina rakytníku, ale zvláště jeho plody, jsou bohatým zdrojem velkého množství bioaktivních látek. Největší pozornost si rakytník získal pro svůj vysoký obsah vitamínů, minerálních látek, přírodních antioxidantů, n-3 a n-6 mastných kyselin a proteinů. Rakytník je ceněn pro antioxidační, kardioprotektivní, antiaterogenní, antidiabetické, hepatoprotektivní, protirakovinotvorné, imunomodulační, antivirové, antibakteriální, protizánětlivé a vasorelaxační účinky. Vzhledem k těmto, ale i dalším pozitivním vlivům, je zařazován jak do výživy lidí, tak do výživy zvířat, kde lze předpokládat pozitivní vliv na biologickou hodnotu živočišných produktů. Předložená studie shrnuje botanické charakteristiky rakytníku, výčet bioaktivních látek v jednotlivých částech rostliny, jejich působení v prevenci řady nemocí a možné uplatnění ve výživě lidí a zvířat.

Klíčová slova: *bioaktivní látky, terapeutické účinky, funkční potravina, živiny*



Rakytníkové plody

8. Summary

Sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) has been an object of interest especially due to its multiple positive effects on human health. The whole sea buckthorn plant but especially its fruits are a rich source of a number of bioactive substances. The greatest interest has been drawn by its high levels of vitamins, minerals, natural antioxidants, n-3 and n-6 fatty acids and proteins. Sea buckthorn is an appreciated antioxidant, cardio protector, anti-atherogenic, anti-diabetic, hepatic protector, anti-carcinogenic, immune modulator, antiviral, antibacterial, anti-inflammatory and vaso-relaxing agent. Due to these and other positive effects it is included in human as well as animal nutrition where its positive effect on biological value of animal products can be expected. Thanks to the above mentioned positive health effects sea buckthorn and its products may be expected to be widely used in therapy and prevention in humans as well as animals.

Keywords: bioactive substances, therapeutic effects, functional food, nutrients

9. Příloha

Nejvýznamnější složky z rakytníku řešetlákového a jejich hlavní léčivé účinky (Michel et al., 2012).

Složka	Léčivý účinek
Tokoferoly	<ul style="list-style-type: none">○ antioxidační účinek○ minimalizace lipidové oxidace○ zmírnění bolesti
Karotenoidy	<ul style="list-style-type: none">○ antioxidační účinek○ pomoc při syntéze kolagenu○ pomoc při epitelizaci
Vitamín K	<ul style="list-style-type: none">○ prevence proti krvácení○ podpora léčení ran○ pozitivní účinek proti tvorbě vředů
Vitamín C	<ul style="list-style-type: none">○ antioxidační účinek○ udržení integrity membránových buněk
Vitamín B-komplex	<ul style="list-style-type: none">○ stimulace buněčné obnovy○ regenerace nervové tkáně
Fytosteroly	<ul style="list-style-type: none">○ zlepšení mikrocirkulace v kůži,○ protirakovinotvorný účinek○ antiaterogenní účinek○ prevence proti vzniku vředů○ regulace zánětlivých procesů
Polyfenolické složky	<ul style="list-style-type: none">○ antioxidační účinek○ cytoprotektivní účinek○ kardioprotektivní účinek○ podpora hojení ran
Polynenasycené mastné kyseliny (PUFA)	<ul style="list-style-type: none">○ imunomodulační účinek○ neuroprotektivní účinek○ protirakovinotvorný účinek
Organické kyseliny	<ul style="list-style-type: none">○ snížení rizika srdečního infarktu a mrtvice○ podpora hojení ran○ protirakovinotvorný účinek○ snížení rizika artritidy
Kumariny a triterpenové alkoholy	<ul style="list-style-type: none">○ podpora chuti k jídlu, spánku, paměti a učení
Zinek	<ul style="list-style-type: none">○ posílení krevního oběhu○ funkce kofaktoru pro enzymy○ zvýšení využití vitamínu A

Použité zkratky

DPPH organická sloučenina 2,2-difenyl-1-picrylhydrazyl

FRAP Ferric Reducting Antioxidant Potential

GAE ekvivaletní množství kyseliny gallové

IC₅₀ the half maximal inhibitory concentration (IC₅₀)

TAC celková antioxidační kapacita

TFH total flavonoids of hippophae