

Zajímavé farmakologické účinky fenolických kyselin vyskytujících se v rostlinách

Jana Karličková, Lucie Klížová

Katedra farmakognozie a farmaceutické botaniky, Farmaceutická fakulta UK v Hradci Králové

Fenolické kyseliny jsou přítomné v rostlinách jako sekundární metabolity a jsou běžnou součástí lidské stravy. To je pro konzumenta výhodné, neboť je známa jejich antioxidační aktivita, která stojí za snížením rizik vzniku neurodegenerativních, kardiovaskulárních či onkologických onemocnění. Tato aktivita souvisí se schopností vychytávat volné radikály a závisí na jejich struktuře, především na počtu a polohách hydroxylových skupin a také povaze substitucí na aromatických kruzích. Jejich další významné účinky jsou antivirové, antibakteriální, protizánětlivé a antifungální. Pro komplex mnoha blahodárných účinků jsou zkoumány podrobněji v rámci preklinických studií (*in vitro*, *ex vivo* a *in vivo*). Snahou tohoto článku je shrnout přehled nejběžnějších fenolických kyselin a jejich pozitivních účinků na lidský organismus.

Klíčová slova: rostliny, fenolické kyseliny, farmakologické účinky.

Interesting pharmacological effects of phenolic acids found in plants

Fenolic acids are present in plants as secondary metabolites and are a common part of the human diet. This is beneficial for the consumer, as their antioxidant activity is known to reduce the risk of neurodegenerative, cardiovascular and oncological diseases. This activity is related to the ability to scavenge free radicals and depends on their structure, especially on the number and positions of hydroxyl groups, as well as the character of substitutions on aromatic rings. Their other significant effects are antiviral, antibacterial, anti-inflammatory and antifungal. Due to the complex of many beneficial effects, they are investigated in more detail preclinical studies (*in vitro*, *ex vivo* and *in vivo*). The aim of this article is to summarize an overview of the most common phenolic acids and their positive effects on human body.

Key words: plants, phenolic acids, pharmacological effects.

Úvod

Fenolické kyseliny jsou látky přírodního původu uložené často ve vakuolách, kde se vyskytují jak ve volné formě, tak ve vázané. Kyseliny hydroxyskořicové (jako ferulová a *p*-kumarová kyselina) jsou přítomny v buněčných stěnách. Jedná se o skupinu sekundárních metabolitů, jež lze nalézt v různých čeledích rostlin, rovněž u řas, hub, lišejníků, mechorostů a kapradin. Jsou přítomny v různých částech rostlin, převážně v plodech, květech a listech (1). Biosyntéza fenolických kyselin probíhá přes šikimátovou cestu a prostřednictvím metabolismu fenylpropenoidů. Vznik kyseliny skořicové představuje cyklický systém, od kterého je pomocí substitučních reakcí odvozena celá řada derivátů. Mezi nejdůležitější deriváty kyseliny skořicové se řadí kyselina *p*-kumarová, která vzniká její hydroxylací, dále kyselina kávová, kyselina ferulová, kyselina

3,4,5-trihydroxyskořicová, kyselina 5-hydroxyferulová a kyselina sinapová. Tyto kyseliny se nejčastěji vyskytují ve vázané formě jako estery nebo glykosidy. Rostlina obsahuje většinou několik fenolických kyselin (např. lipový květ/*Tiliae flos*: kávová, chlorogenová a *p*-kumarová kyselina) (1, 2). Obecně výskyt fenolických látek a jejich obsah závisí na vnitřních a vnějších faktorech rostlin. Do vnitřních faktorů se řadí druh/odrůda a také samotný vývoj rostliny (ontogeneze). Mezi vnější faktory řadíme klimatické podmínky, způsob pěstování, hnojení, nadmořskou výšku, sklizeň, sušení drogy aj. (1). Fenolické kyseliny hrají pro rostlinu významné role především v absorpci živin, syntéze bílkovin, enzymatické aktivitě, fotosyntéze a alelopatii (3). Kromě toho, že se vyskytují jako sekundární metabolity rostlin, jsou deriváty kyseliny benzoové spolu s deriváty kyseliny fenylloctové a fenylpropionové hlavními metabolity polyfenolů

produkovaných v lidském tlustém střevě mikrobiotou. Některé z nich byly nalezeny kupř. v kořenu a listu pampelišky lékařské, konkrétně se jednalo o *p*-hydroxyfenylactovou kyselinu (4).

Jsou přítomny v mnoha potravinách rostlinného původu a jejich denní příjem se pohybuje kolem 200 mg v závislosti na stravovacích návycích. Pro lidský organismus mají mnoho pozitivních farmakologických účinků, které budou dále zmíněny (5).

Základní chemická struktura fenolických kyselin a příklady *in vitro*, *ex vivo* a *in vivo* studií

Fenolické kyseliny obsahují ve své struktuře benzenové jádro substitované hydroxylovými skupinami. Dělíme je do dvou hlavních skupin, a to na fenolické kyseliny odvozené od kyseliny benzoové (obsahující sedm atomů uhlíku) a kyseliny odvozené od kyseliny skořicové (obsahující devět atomů uhlíku) (viz Obr. 1). Tyto sloučeniny existují převážně v hydroxylované formě, často se proto označují jako hydroxybenzoové a hydroxyskořicové kyseliny.

Deriváty kyseliny skořicové se v rostlinách vyskytují častěji než deriváty kyseliny benzoové (5).

Ze získaných výsledků měření pomocí metody HPLC s DAD a MS detekcí publikovaných v rámci monografie vyplývá, že obsah fenolických látek v jablkách závisí na jejich genotypu, skladování a zpracování. Rozdíly mezi odrůdami byly významné jak v původním, čerstvém rostlinném materiálu, tak s odstupem času skladování. Koncentrační úroveň příslušných fenolických sloučenin lze použít k rozlišení kvality jednotlivých odrůd. Na podmínky skladování byla, co se týká fenolických kyselin, nejvíce citlivá kyselina chlorogenová, která patří k nejvýznamnějším fenolickým kyselinám na základě jejich účinků a bude o ní blíže pojednáno dále (6).

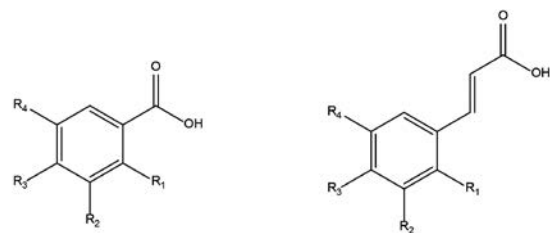
V rámci výzkumu byla studována antimikrobiální aktivita ethanolových extraktů z kůry, květů a plodů bezu černého na vybrané bakterie a kvasinky. Největší vliv na antibakteriální aktivitu (a to konkrétně na bakterii *Streptococcus pneumoniae*) měl ethanolový extrakt z plodů. Z fenolických kyselin se jednalo o tyto kyseliny: ferulová, protokatechová a *p*-kumarová (7).

Stanovení množství biologicky aktivních fenolických látek v drobném ovoci (konkrétně v plodech planě rostoucího bezu černého) probíhalo metodou SPE, HPLC a spektrofotometricky. Výchozí surovinou byla směs bobulí a pitné vody v poměru 1 : 1 (testovaly se 4 varianty: 1) lisování ihned a bez okyselení, 2) lisování ihned a okyselení 1% k. citronovou, 3) lisování za 24 hod a bez okyselení a 4) lisování za 24 hod a s okyselením. Obsah chlorogenové kyseliny (17,0 mg/kg) byl nejvyšší u sirupu vyrobeného ihned a bez okyselení, tedy 1. varianta. S postupnými tepelnými úpravami a dlouhodobým skladováním obsah chlorogenové kyseliny mírně klesal, avšak nevykazoval výrazně vyšší či nižší hodnoty u určitých typů výrobků (8).

Z jedné experimentální práce vyplynulo zjištění, že zvýšení množství rozmarýnové kyseliny produkované rostlinou *Mentha x piperita* lze vyprovokovat foliární aplikací elicitoru, konkrétně přidáním kyseliny salicylové (1).

V jiném experimentu bylo testováno 8 fenolických kyselin. Kyselina benzoová vykazovala antioxidační účinky v *in vitro* testech s ionty mědi.

Obr. 1. Chemická struktura vybraných fenolických kyselin



deriváty benzoové kyseliny

deriváty skořicové kyseliny

Substituce benzoových k.	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄
Kyselina benzoová	H	H	H	H
Kyselina salicylová	OH	H	H	H
Kyselina <i>p</i> -hydroxybenzoová	H	H	OH	H
Kyselina gentisová	OH	H	H	OH
Kyselina protokatechová	H	OH	OH	H
Kyselina gallová	H	OH	OH	OH
Kyselina vanilová	H	OCH ₃	OH	H
Kyselina syringová	H	OCH ₃	OH	OCH ₃

Substituce skořicových k.	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄
Kyselina skořicová	H	H	H	H
Kyselina <i>o</i> -kumarová	OH	H	H	H
Kyselina <i>m</i> -kumarová	H	OH	H	H
Kyselina <i>p</i> -kumarová	H	H	OH	H
Kyselina kávová	H	OH	OH	H
Kyselina ferulová	H	OCH ₃	OH	H
Kyselina sinapová	H	OCH ₃	OH	OCH ₃

Nejlépe z testovaných látek vyšla kyselina 3,4-dihydroxybenzoová, která vykazovala antioxidační účinky v pokusech prováděných s ionty mědi i železa. Je však nutno upozornit, že za určitých okolností mohou některé fenolické látky vystupovat jako prooxidanty, proto je nutné v pokusech s přechodnými kovy pokračovat (5).

Rios a kolektiv zjistili, že konzumace čokolády, která je bohatá na polyfenoly, zvyšuje vylučování kyseliny 3-hydroxybenzoové močí u zdravých lidí. Podobná studie byla provedena u potkanů a podávaná strava byla doplněná extraktem polyfenolů z červeného vína. Došlo k vylučování kyseliny 3-hydroxybenzoové, 4-hydroxybenzoové a hippurové močí. Kromě výše uvedeného byly jako metabolity flavan-3-olů v tlustém střevě identifikovány také kyselina 2,4,6-trihydroxybenzoová a kyselina 4-methoxysalicylová (5).

V lidské moči byly identifikovány tři metabolity kyseliny gallové, a to po čtyřtýdenním pití 5 šálků černého čaje za den. Tyto metabolity byly popsány jako 4-*o*-methylgallová kyselina, 3-*o*-methylgallová kyselina a 3,4-*o*-dimethylgallová kyselina. Celková exkrece těchto metabolitů byla 1,5 mg za den, což představuje pouze 7,5 % požitých volných kyselin gallové a 1,5 % celkové požitých kyselin gallové. Poznatky z tohoto výzkumu by mohly být použity jako potenciální marker příjmu fenolů z černého čaje. V rámci výzkumu bylinných čajů byla použita vysokoúčinná kapalinová chromatografie propojená s DAD detektorem a hmotnostním detektorem. Ve stanovovaných vzorcích byly analyzovány tyto polyfenolické sloučeniny: kyselina gallová, protokatechová, *p*-hydroxybenzoová, chlorogenová, vanilová, kávová, syringová, *p*-kumarová, salicylová, ferulová,

sinapová a další deriváty kyseliny benzoové a skořicové. V testovaných vzorcích bylin (kopřiva, pampeliška, dobromysl, čekanka, jitrocel a stévie) byla nejvíce zastoupena kyselina chlorogenová. U mateřídoušky a šalvěže byla stanovena v největším množství kyselina kávová. Ve srovnání se studiemi jsme v této práci zjistili, že obsah polyfenolických kyselin v jednotlivých bylinách závisí na druhu byliny, na geografickém původu daného vzorku a také na použití extrakční techniky, kdy důležitou roli hraje zvolené rozpouštědlo a jeho koncentrace (9).

Pourová a kolektiv prokázali během *ex vivo* studií vliv 3-dihydroxy-fenyloctové kyseliny, která vzniká během metabolismu kvercetinů mikrobiotou tlustého střeva, na snížení arteriálního tlaku krve u myší (10).

Kyselina benzoová a její deriváty se mohou vyskytovat také v živočišných tkáních a fermentovaných produktech prostřednictvím mikrobiální aktivity (5).

Příklady výskytu fenolických kyselin v rostlinách a jejich farmakologické účinky

Fenolické kyseliny se nenacházejí pouze v rostlinách, ale i v mnoha druzích hub. Zástupci, kteří se v houbách nejvíce vyskytují, jsou kyselina protokatechová, pyrokatechol a fenyloctové kyseliny. Gentisovou kyselinu produkuje např. *Penicillium patulum*. Fenolické kyseliny obsahují rovněž lišejníky a řasy. Jedná se o kyselinu *p*-kumarovou, kyselinu skořicovou a kyselinu salicylovou. Vyskytují se rovněž v mechorostech, příkladem je kyselina rozmarýnová. Kyselina hypogallová a kyselina kávová byly získány z vodní kapradiny *Salvinia molesta*. Kyselina ellagová, gallová a pyrogallová se nachází ve vodních rostlinách a mnoho dalších sloučenin fenolického typu je obsaženo v jednoděložných rostlinách, především v obilovinách. Deriváty kyseliny skořicové tvoří jednu z obsahových látek ovoce, zeleniny a obilovin. Tyto látky jsou v nejvyšších koncentracích obsaženy v semenech, ovocných slupkách a listech zeleniny (11).

Jak již bylo dříve zmíněno, v jedné rostlině lze většinou nalézt několik fenolických kyselin.

Jednou z nejběžnějších fenolických kyselin je **kyselina benzoová**, kterou lze najít v mnoha rostlinách (např. *Solidago virgaurea* (zlatobýl obecný), *Withania somnifera* (vitání snodárná)). Kyselina benzoová je běžně používaným konzervantem (E210 podle nařízení EU o označování potravin) s antimikrobiální aktivitou, který se průmyslově syntetizuje a přidává nejen do potravin, ale také do farmaceutických a kosmetických přípravků (5).

Kyselina **salicylová (o-hydroxybenzoová, 2-hydroxybenzoová)** je obsažena v kůře *Salix alba* (vrba bílá). Tato kyselina se používá v dermatologii a její derivát (k. acetylsalicylová, ASA) jako analgetikum, antipyretikum, antiflogistikum a antitrombotikum. V rodu *Amaranthus* (laskavec) byla zkoumána její role jako fytohormonu pro možné zvýšení odolnosti rostliny proti stresu (sucho a zasolenost půdy) (12).

Kyselina m-hydroxybenzoová (3-hydroxybenzoová) se nachází např. ve zlatobýlu obecném a pravděpodobně potencuje účinek dalších fenolických kyselin přítomných v rostlině, které v komplexu s flavonoidy mají protizánětlivé, spasmolytické a diuretické účinky (13).

Kyselina p-hydroxybenzoová (4-hydroxybenzoová) byla objevena v listech *Laurus nobilis* (vavřík vznešený), ale i v plodech fenyklu

obecného a v šišticích chmele otáčivého a byla u ní prokázána antioxidační aktivita. Látka může hrát roli v prevenci některých nádorových onemocnění, např. nádorů žaludku prostřednictvím inhibice tvorby karcinogenních nitrosaminů při trávení (4, 9).

Kyselina gentisová se nachází v hořci (*Gentiana* sp.), také hojně v ovoci, jako je avokádo, kiwi, jablko a mnoho dalších. Obsahuje ji např. i rod *Mammillaria*. V testech na buněčných nádorových liniích vykazovaly extrakty z těchto kaktusů antiproliferativní účinky. Má také antimikrobiální účinky (14).

Kyselina protokatechová (3,4-dihydroxybenzoová) představuje fenolickou kyselinu, která vykazuje velké množství farmakologických účinků, přičemž je obsažena v řadě druhů ovoce, v ořechách či v kořeni, a představuje proto nedílnou součást každodenní stravy.

Je obsažena v rostlinných produktech, jako jsou např. hrozny, cibule a v pryskyřicích. Tato kyselina má antioxidační, protizánětlivé, protinádorové, neuroprotektivní a antiapoptické účinky (9).

Mezi další rozšířené fenolické kyseliny patří např. **kyselina gallová**, jejímž významným zdrojem je rostlina *Vitis vinifera* (réva vinná). Najdeme ji ve velkém množství v mangu a korunních lístcích růže (8).

Kyselina vanilová se nachází ve vanilce, arganovém oleji, ale i v kořenech ženšenu pravého. Vzniká také při oxidaci vanilinu, má specifickou vůni jako vanilin. Její velké množství lze nalézt také v panenském olivovém oleji. Tato kyselina vykazuje antibakteriální, hepatoprotektivní, protinádorové účinky. V tradiční čínské medicíně se tato kyselina využívá při cukrovce, vředech, horečce a při vysokém krevním tlaku (9).

Kyselina syringová (4-hydroxy-3,5-dimethoxybenzoová) je kyselina vyskytující se v obilovinách jako je ječmen, kukuřice, proso, oves, rýže, žito, čirok a pšenice, ale i korunních lístcích růže. Tato kyselina vykazuje antioxidační, antiproliferační, protinádorové a hepatoprotektivní účinky (9).

Ještě je vhodné zmínit kyselinu chinovou, která sice nepatří mezi fenolické kyseliny, ale je to běžná kyselina vyskytující se v rostlinách. Byla izolována z rodu *Cinchona* (chinovník) a také identifikována v rostlině *Camellia sinensis* (čajovník čínský). Čaj patří mezi nejoblíbenější nealkoholické nápoje na světě. Je pokládán za nápoj, jehož denní spotřeba přispívá ke zlepšení zdraví a k dlouhověkosti. Studie prokázaly, že čaj obsahuje množství fenolických sloučenin, které vykazují antioxidační, antimutagenní, protinádorové, antidiabetické, antibakteriální a protizánětlivé účinky. Látky obsažené v čaji dále příznivě působí při léčbě hypertenze, kardiovaskulárních onemocnění a Parkinsonovy choroby, působí jako ochrana proti UV záření, má vliv při kontrole tělesné hmotnosti a snižuje množství tělesného tuku. Je přítomna také v rostlině *Coffea arabica*, kde zodpovídá za pocitovou kyselost kávy. Jde o výchozí chirální materiál pro syntézu nových léčiv (např. na chřipku) (15).

Kyselina skořicová je přítomna ve skořici a podílí se na její chuti a aromatu. Byla nalezena v plodech i listech růže šípkové spolu s dalšími fenolickými kyselinami a také v extraktu zlatobýlu obecného. Vykazuje významné antioxidační a antibakteriální účinky (13).

Kyselina p kumarová je přítomna v květu bezu černého. Známa je svými antioxidačními, antibakteriálními a protizánětlivými účinky. Kyselina *p*-kumarová a kyselina ferulová mají synergický účinek při působení jako účinné modulátory aktivity nukleárního faktoru kappa B (NF-κB) (7).

Další významnou kyselinou je **kyselina kávová**, která je významná pro svou širokou škálu léčivých účinků a vysoký obsah v rostlinách. Ve značném množství se nachází také v rostlině *Echinacea purpurea*, která je v současné době velmi oblíbená a s výhodou je používána k prevenci a léčbě nachlazení, kašle, bronchitidy či infekcí dýchacích cest. Vykazuje antikarcinogenní, antimikrobiální, protizánětlivé, antioxidační a imunomodulační účinky. Využívá se v potravinářském, kosmetickém a lékařském průmyslu (7).

Ferulová kyselina se nachází v mnoha rostlinách, zejména v zelenině a obilí. Má velký potenciál inhibovat mikrobiální růst. Dále má tato kyselina antioxidační, protizánětlivé a antikarcinogenní účinky (7). Kyselina ferulová je obvykle asociována s potravní vlákninou a je v ní esterovou vazbou vázána k hemicelulóze. Jedním z hlavních zdrojů kyseliny ferulové jsou tak např. pšeničné otruby (5 mg/g) (16).

Na **kyselinu sinapovou** jsou bohaté např. bramborové hlízy, které jsou bohatým zdrojem i dalších antioxidantů (17).

Kyselina chlorogenová je ester kyseliny kávové a chinové, jež je obsažena např. v lilku bramboru, který tvoří nutričně bohatou součást potravy a zároveň je zdrojem antioxidačních látek. Dále se nachází v artyčoku a mnoha druzích ovoce (jablka, hrušky, meruňky, broskve) a ve vysokých koncentracích v kávě (v šálku kávy se jí nachází asi 50–150 mg) (7, 16). Dále je přítomna v různém ovoci a zelenině, jmenovitě v hrozněch, kiwi, švestkách, mrkvi, rajčatech, lilku a dalších. Působí zejména protizánětlivě, pozitivně ovlivňuje poruchy metabolismu lipidů, diabetes mellitus a protinádorově (8).

Kyselina rozmarýnová a kyselina lithospermová (tzv. depsidy) jsou význačné pro čeleď Lamiaceae a Boraginaceae. Kyselina rozmarýnová byla poprvé izolována z listů rozmarýnu lékařského. Později byla nalezena i v dalších rostlinách čeledi Lamiaceae. Kyselina rozmarýnová působí protizánětlivě (včetně pozitivního vlivu na artritidu, u které by také mimo jiné mohla výrazně zlepšit ztuhlost i tělesné postižení u dospělých s osteoartrózou kolene a významně tak snížit bolest). Protizánětlivý účinek této kyseliny byl také potvrzen u atopické dermatitidy (1, 18).

Od kyseliny rozmarýnové je odvozena celá řada derivátů, které se nachází v mnoha rostlinách, jako např. v *Salvia miltiorrhiza* (šalvěj červenokořenná), v Číně označovaná jako „Danshen“, z čeledi Lamiaceae (hluchavkovité). Jedním z nich je dimer kyseliny rozmarýnové, **kyselina salvianolová**. Najdeme ji v dalších rostlinách z této čeledi. Působí antioxidačně a protizánětlivě, jeví se potenciálně účinná k léčbě Alzheimerovy choroby (20).

Rod *Origanum* (oregano, dobromysl) je bohatý na kyseliny hydroxyskořicové, které vykazují antidiabetické, antioxidační a protinádorové účinky. Tyto látky rovněž působí protizánětlivě. Studie prokázaly, že oregano je slibným zdrojem látek pro vývoj nových léků v EU k léčbě rakoviny, přesto je zapotřebí dalšího výzkumu k lepšímu porozumění mechanismu účinku těchto sloučenin a případných vedlejších účinků. Bylo stanoveno, že antioxidační kapacita extraktů z různých druhů oregana je závislá na polaritě rozpouštědel použitých při extrakci, kdy může dojít k ovlivnění výtěžku a profilu fenolických sloučenin, a tím k ovlivnění antioxidační kapacity (21).

Alam a kolektiv poskytli důkazy o tom, že deriváty hydroxyskořicových kyselin zabraňují diferenciaci adipocytů a mají vliv na snížení obsahu lipidů u zvířecích modelů. Mezi tyto deriváty patří kyselina sko-

řicová, kyselina p-kumarová, kyselina ferulová, kyselina kávová, kyselina chlorogenová a kyselina rozmarýnová. Kyselina kávová a kyselina chlorogenová snižují tělesnou hmotnost, množství viscerální tukové hmoty, plazmatické hladiny inzulinu i leptinu a inhibují jaterní enzymy (22).

Také v kořenu proskurníku lékařského najdeme tyto fenolické kyseliny: kávovou, p-kumarovou, ferulovou, salicylovou, syringovou, p-hydroxyfenyloctovou a vanilovou (23).

Kvetoucí větvičky *Caragana frutex* obsahují sedm fenolických kyselin a jejich derivátů: kyselina gallová, p-hydroxyfenyloctová, chlorogenová, kávová, p-kumarová, ferulová a sinapová. Dle nalezených fenolických kyselin je zřejmé, že tato rostlina by mohla sloužit jako jejich potenciální zdroj a uplatnit se v prevenci a léčbě mnoha civilizačních chorob (24).

Fenolické kyseliny (kyselina kávová a kyselina chlorogenová) a další fenolické látky, jako je thymol a eugenol, zvyšují aktivitu glutathion-S-transferázy. Tento enzym je důležitý pro deaktivaci xenobiotik, nejen karcinogenních (25).

Bohatým zdrojem těchto kyselin je kůra z borovice přímořské, která obsahuje kyseliny: kávovou, gallovou, ellagovou, 3,4-dihydroxybenzooovou, ferulovou, vanilovou, p-kumarovou a chlorogenovou. Využití těchto látek najdeme v budoucnu jak v medicíně, farmacii, tak i v potravinářství jako konzervanty nebo antioxidanty (26).

Fenolické kyseliny již v současné době nalezneme jako součást mnoha doplňků stravy. Jedná se o doplňky stravy s obsahem rozmarýnového extraktu, jehož součástí je mimo jiných látek i kyselina rozmarýnová. V rámci doplňků stravy lze najít zelenou kávu, která obsahuje velké množství kyseliny chlorogenové (označena bývá jako CGA) a pražením její množství klesá. Studie naznačují, že má tato kyselina slibný terapeutický potenciál také v léčbě různých onemocnění jater. Byl zjištěn účinek CGA při udržování správného střevního mikrobiomu, je však nutné jej potvrdit dalšími experimenty. Kyselinu ferulovou nalezneme v kosmetických přípravcích pečujících o pleť pro její antimikrobiální i antioxidační účinky. Tyto kyseliny mohou působit dokonce i přes jiné mechanismy než flavonoidy, jako je ovlivnění buněčných signálních drah, a proto je nezbytný další hlubší farmakologický výzkum. Jejich hypoglykemický účinek vzniká působením na inzulinové receptory a fungují tedy na podobné bázi jako některá antidiabetika (27).

Z výše uvedených důvodů je jejich význam stále na vzestupu.

Závěr

Závěrem lze konstatovat, že fenolické kyseliny jsou zdrojem mnoha významných farmakologických účinků, které by mohly být využity k prevenci či léčbě mnoha onemocnění. Edukační činnost je nedílnou součástí práce farmaceuta, a to včetně edukační činnosti týkající se zásad správné výživy. Je tedy žádoucí pacientům vysvětlovat nutnost každodenní konzumace dostatečného množství ovoce a zeleniny s obsahem fenolických kyselin (s důrazem na zařazení do jídelníčku bobulovin včetně hroznového vína, obilnin, brambor i zeleného čaje, používání rozmarýnu a také fermentovaných výrobků), které spolu s dalšími obsaženými antioxidanty mají prokázaný pozitivní vliv na lidské zdraví a mohou zmírnit riziko vzniku vážných onemocnění, jako je obezita, cukrovka, kardiovaskulární choroby nebo některá nádorová onemocnění.

LIETRATURA

1. Životská I. Faktory ovlivňující kvalitu a množství látek fenolické povahy v rodě *Mentha* L. Bakalářská práce MENDELU, 2016.
2. https://www.ema.europa.eu/en/documents/herbal-report/final-assessment-report-tilia-cordata-miller-tilia-platyphyllos-scop-tilia-x-vulgaris-heyne-or-their-mixtures-flos-first-version_en.pdf [cit. 6.6.2025].
3. Saxena M, Saxena J, Pradhan A. Flavonoids and phenolic acids as antioxidants in plants and human health. *Int. J. Pharm. Sci. Rev. Res.* 2012;16(2):130.
4. Homolová L. Popis a obsahové látky farmaceuticky a toxikologicky významných rostlin. Diplomová práce FaF UK, 2008.
5. Harčárová P, Lomozová Z, Kallivretaki M, et al. Different behavior of food-related benzoic acids toward iron and copper. *Food Chem.* 2025;462:141014.
6. Bílková A. Metodika stanovení hlavních fenolických sloučenin v genotypch jabloní s ohledem na různé podmínky skladování. Výzkumný a šlechtitelský ústav ovocnářský Holovousy s.r.o., 2018.
7. Osičková M. Antimikrobiální aktivita extraktu z květu a plodu černého bezu (*Sambucus nigra*). Diplomová práce MUNI SCI, 2023.
8. Laxová L. Biologicky aktivní fenolické látky v drobném ovoci. Diplomová práce JCU, 2017.
9. Fadrhonicová P. Antioxidanty v bylinných čajích. Diplomová práce MENDELU, 2015.
10. Pourová J, Najmanová I, Vopršalová M et al. Two flavonoid metabolites, 3,4-dihydroxyphenylacetic acid and 4-methylcatechol, relax arteries ex vivo and decrease blood pressure in vivo. *Vasc. Pharmacol.* 2019;111:36-43.
11. Kumar N, Goel N. Phenolic acids: Natural versatile molecules with promising therapeutic applications. *Biotech. Rep.* 2019, 24.
12. Sarker U, Oba S. Antioxidant constituents of three selected red and green color *Amaranthus* leafy vegetable. *Sci. Rep.* 2019;9:18233.
13. Fursenco C, Calalb T, Uncu L, et al. A review of its ethnomedicinal uses, phytochemistry, and pharmacological activities. *Biomolecules* 2020;10:1619.
14. Elansary HO, Szopa A, Klimek-Szczykutowicz M, et al. Mammillaria species-polyphenols studies and anti-cancer, anti-oxidant, and anti-bacterial activities. *Molecules* 2020, 25:131.
15. Jiang X, Liu Y, Li W, et al. Tissue-specific, development-dependent phenolic compounds accumulation profile and gene expression pattern in tea plant [*Camellia sinensis*]. *PLoS One*, 2013, 8(4): e62315.
16. Graja Z. Přírodní látky a jejich biologická aktivita VIII. Antioxidační aktivita obsahových látek nati *Rhodiola rosea* L. Rigorózní práce FaF UK, 2021.
17. Lachman J, Hamouz K, Orsák M. Červeně a modře zbarvené brambory – významný zdroj antioxidantů v lidské výživě. *Chem. Listy* 2005, 99: 474-482.
18. Karlíčková J, Klížová A. Rosemary – its biologically active compounds and their pharmacological effects. *Čes. slov. farm.* 2024;73(1):42-46.
19. Brancová P. Syntéza derivátů kyseliny kávové a jejich toxicita. Diplomová práce. MU SCI, 2008.
20. Habtemariam S. Molecular pharmacology of rosmarinic and salvianolic acids: potential seeds for Alzheimer's and vascular dementia drugs. *Int. J. Mol. Sci.* 2018;19 (2):458.
21. Gricová M. Faktory ovlivňující množství a kvalitu silice v rodu *Origanum* L. (dobromysl). Bakalářská práce, MENDELU 2017.
22. Alam N, Hossain M, Khalil MI, et al. High catechin concentrations detected in *Withania somnifera* (ashwagandha) by high performance liquid chromatography analysis. *BMC Comp. Alt. Med.* 2011,11:65.
23. https://www.ema.europa.eu/en/documents/herbal-report/final-assessment-report-althaea-officinalis-l-radix_en.pdf [cit. 6.6.2025]
24. Stepanova SI, Boynik VV. Fenolové kyseliny a antioxidační potenciál výhonků *Caragana frutex*. *Čes. slov. farm.* 2021;70(3):112-115.
25. <https://vuzv.cz/wp-content/uploads/2018/03/Mykotoxiny-studie-2012-1.pdf> [cit. 6.6.2025]
26. Ferreira-Santos P, Genisheva Z, Botelho C, et al. Unravelling the Biological Potential of *Pinus pinaster* Bark Extracts. *Antioxidants (Basel)* 2020;20(4):334.
27. Kumar N, Goel N. Phenolic acids: Natural versatile molecules with promising therapeutic applications. *Biotechnol. Rep.* 2019;24:e00370.

Další literatura u autorky.