

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra chemie



**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

**Doplňky stravy s extraktem *Tribulus Terrestris* a jejich
vliv na lidský organismus**

Bakalářská práce

Tadeáš Procházka

Kvalita potravin a zpracování zemědělských produktů

Vedoucí práce: Ing. Barbora Burešová, Ph.D.

© 2023 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Doplňky stravy s extraktem *Tribulus Terrestris* a jejich vliv na lidský organismus" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 21.04.2023

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucí bakalářské práce paní Ing. Barboře Burešové, Ph.D. za veškeré rady, odborné připomínky a všestrannou pomoc při vypracování bakalářské práce i celém studiu. Dále děkuji za podporu rodině a přátelům.

Doplňky stravy s extraktem *Tribulus Terrestris* a jejich vliv na lidský organismus

Souhrn

Kotvičnick zemní (*Tribulus terrestris* L.) je bylina z čeledi *Zygophyllaceae* (Kacibovité), která je hojně využívána po celém světě kvůli svým léčebným účinkům. Tato rostlina pochází z tropických a subtropických oblastí, ale roste i v oblastech středomořských a díky své schopnosti růst na široké škále půdních typů je obvyklým plevelem. V sušině kotvičnicku zemního, která tvoří asi 35 % celkové hmotnosti této rostliny, je obsaženo asi 70 % sacharidů, 12 % dusíkatých látek a v hojném množství jsou zde obsaženy také některé minerální látky, jako např. vápník, který tvoří až 4 % sušiny.

Kotvičnick zemní obsahuje řadu biologicky aktivních látek, které mají pozitivní účinky na lidský organismus. Mezi tyto biologicky aktivní látky řadíme saponiny, alkaloidy, fytosteroly, a flavonoidy. Největší koncentrace těchto obsahových látek se vyskytuje v plodech a listech kotvičnicku zemního, které jsou hlavními zdroji pro výrobu doplňků stravy. Doplňky stravy s extraktem této byliny jsou v současné době často využívány s cílem zlepšit lidskou vitalitu a celkové fungování organismu. Velmi významnou skupinou obsahových látek kotvičnicku jsou saponiny, kterým jsou přičítány zejména afrodisiakální, kardiovaskulární a antikarcinogenní účinky. Saponiny se spolu s dalšími látkami obsaženými v kotvičnicku, např. ze skupiny flavonoidů podílejí na snižování hladiny cholesterolu a ochraně organismu před oxidačním stresem. Mezi další prokázané účinky extraktu z kotvičnicku patří účinky na centrální nervovou soustavu a antibiotické, které jsou přičítány zejména alkaloidům. Doplňky stravy s kotvičnickem zemním jsou populární také mezi sportovci, u nichž však nebyly jednoznačně prokázány účinky zlepšení fyzické výkonnosti a svalové síly. Diskutován je však možný vliv extraktu z kotvičnicku na zvýšení poměru testosteronu a epitestosteronu v moči, což může pro sportovce představovat riziko pozitivního testu při dopingové kontrole. Přes veškerá pozitiva, která může užívání těchto doplňků stravy přinášet, je důležité dodržovat doporučené dávkování a konzultovat užívání s odborníky, aby bylo dosaženo maximálního účinku a minimalizovány rizika vedlejších účinků.

Klíčová slova: flavonoidy, fytosteroly, kotvičnick zemní, nutriční suplementy, saponiny

Dietary supplements with *Tribulus Terrestris* extract and their effect on the human body

Summary

Tribulus terrestris L., also known as puncturevine, is a plant from the *Zygophyllaceae* (Caltrop) family, which is widely used worldwide for its medicinal properties. This plant is native to tropical and subtropical regions but can also be found in Mediterranean areas and is a common weed due to its ability to grow on a wide range of soil types. The dried fruit of *tribulus terrestris*, which makes up about 35 % of the total weight of the plant, contains about 70 % carbohydrates, 12 % nitrogen-containing compounds, and several minerals such as calcium, which makes up to 4 % of the dry weight.

Tribulus terrestris contains a range of biologically active compounds that have positive effects on the human body. These compounds include saponins, alkaloids, phytosterols, and flavonoids. The highest concentration of these compounds can be found in the fruit and leaves of the plant, which are the main sources for the production of dietary supplements. These supplements are currently commonly used to improve human vitality and overall body functioning. Saponins are particularly significant compounds found in *tribulus terrestris*, which are attributed to its aphrodisiac, cardiovascular, and anticarcinogenic effects. Saponins, along with other compounds such as flavonoids, also contribute to lowering cholesterol levels and protecting the body from oxidative stress. Other proven effects of *tribulus terrestris* extract include effects on the central nervous system and antibiotic properties, which are attributed mainly to its alkaloid content.

Although dietary supplements with *tribulus terrestris* are popular among athletes, the effects on physical performance and muscle strength have not been conclusively proven. However, the potential impact of *tribulus terrestris* extract on increasing the ratio of testosterone and epitestosterone in urine is discussed, which may pose a risk of a positive doping test for athletes. Despite all the positives that using these supplements may bring, it is essential to follow the recommended dosage and consult with professionals to achieve maximum effectiveness and minimize the risks of side effects.

Keywords: flavonoids, phytosterols, *tribulus terrestris*, nutritional supplements, saponins

Obsah

1	Úvod	6
2	Cíl práce	7
3	Literární rešerše	8
3.1	Kotvičník zemní	8
3.1.1	Botanická charakteristika	8
3.1.2	Chemické složení.....	10
3.1.2.1	Sacharidy.....	10
3.1.2.2	Dusíkaté látky.....	11
3.1.2.3	Lipidy.....	12
3.1.2.4	Minerální látky	13
3.1.2.5	Biologicky aktivní látky.....	14
3.2	Doplňky stravy	19
3.2.1	Biologické účinky kotvičníku zemního	20
3.2.1.1	Antibiotické účinky	20
3.2.1.2	Afrodiziakální účinky	21
3.2.1.3	Účinky na reprodukci.....	22
3.2.1.4	Kardiovaskulární účinky.....	23
3.2.1.5	Antikarcinogenní vlastnosti.....	23
3.2.1.6	Redukce cholesterolu.....	24
3.2.1.7	Ochranné účinky.....	24
3.2.1.8	CNS stimulant	25
3.2.2	Užívání kotvičníku zemního ve sportu	25
3.2.2.1	Anabolické účinky.....	26
3.2.2.2	Vedlejší účinky/doping	27
4	Závěr	28
5	Literatura	29
6	Seznam použitých zkratk a symbolů	35

1 Úvod

Využití léčivých rostlin je spojováno s rozvojem lidské civilizace po celém světě. Extrakty z různých rostlin obsahují široké spektrum léčivých látek, které jsou v různých formách přípravků v současné době používány ke zlepšení vitality a zajištění správného fungování organismu.

Kotvičnická zemní je rostlina původem ze subtropických a tropických oblastí, která se v poslední době stala populární jako přírodní doplněk stravy s mnoha předpokládanými pozitivními účinky na lidské zdraví. Doplněk stravy obsahuje koncentrované zdroje živin nebo jiných látek s výživovým nebo fyziologickým účinkem. Díky snadné dostupnosti těchto produktů je jejich využívání běžným jevem mezi širokou veřejností, včetně sportovců.

Sportovci doplněk stravy využívají během svého tréninku téměř každý den za cílem zlepšení fyzické výkonnosti a kvalitní regenerace. Konzumace doplňků stravy může mít pozitivní účinky, ale současně s nimi mohou přicházet i negativní účinky, včetně anabolických a jiných vedlejších účinků. Proto je důležité použití doplňků stravy pečlivě zvažovat s ohledem na jejich prokázaný vliv na zdraví organismu, včetně rizik, která s sebou jejich konzumace přináší.

2 Cíl práce

Cílem práce je vypracovat literární přehled o biologicky aktivních obsahových látkách kotvičníku zemního a zhodnotit vliv doplňků stravy s extraktem z této rostliny na organismus člověka.

3 Literární rešerše

3.1 Kotvičnick zemní

Kotvičnick zemní (*Tribulus terrestris* L.) anglicky Puncturevine nebo Land Caltrops je zařazen do čeledi Zygophyllaceae (Kacibovitě), která zahrnuje 24 rodů a kolem 200 druhů rostlin. Jedním z rodů této čeledi je rod *Tribulus*, který zahrnuje 25 druhů a jedním z nich je právě kotvičnick zemní (Ahmad & Hague 2016). V českém jazyce existuje několik řečnických názvů jako je například trojhrtník, kde je výraz „troj“ odvozen od trojzubého tvaru plodů kotvičnicku zemního a „hrotník“ odkazuje na vojenskou zbraň, železnou kouli s vyčnívajícími hroty (Kostova & Dinchev 2015).

Kotvičnick zemní se vyskytuje ve středomořských, subtropických a tropických oblastech, ale především v pouštních klimatických oblastech po celém světě, například v Indii, Jižní Americe, Číně, Mexiku a Bulharsku (Ahmad & Hague 2016). Obecně ale kotvičnick zemní roste na široké řadě půdních typů, nejvíce se vyskytuje na přepásaných pastvinách, okrajích cest, trávnicích a zanedbaných plochách. Kotvičnick zemní je běžným plevelem, který začne kvést hned po prvních deštích. Roste ale víceméně po celý rok a vykvétá od září do prosince (Amanullah et al. 2021).

3.1.1 Botanická charakteristika

Kotvičnick zemní je jednoletá poléhavá bylina od základu větvená. Listy jsou vstřícné, složené, velmi krátce řapíkaté, lichozpeřené, kopinaté a lehce chlupaté (Obrázek 1). Listy zpravidla sestávají z 3-6 párů a dosahují velikosti 6-12 mm. Květy jsou axilární, jednotlivé a malé. Vykvétají podél lodyh na 4-10 mm dlouhých stopkách. Kališní lístky jsou vejčité až kopinaté ve velikosti 4 mm délky a 1,5 mm šířky. Koruna je žlutavá a okvětní lístky jsou obvejčité, spíše zkrácené, zhruba 5-7 mm dlouhé a přibližně 3 mm široké (Akram et al. 2011).



Obrázek 1. Kotvičnick zemní (Akbar & Akbar 2020)

Plodem je hranatá tobolka rozdělená na 5 trnitých tlustých koků, z nichž každý má 2 páry tvrdých ostnů a každý pár je o něco větší než ten předchozí (Obrázek 2). Uvnitř každého koku je 2 až 5 semen kotvičnicku zemního. Plody dozrávají v období od května do června a průměrná hmotnost jednoho plodu je 0,18g. Semena kotvičnicku zemního jsou světle hnědá, oddělená tuhou membránou (Amanullah et al. 2021). Převážně čerstvá, dozralá semena jsou dormantní a potřebují projít obdobím zrání v délce okolo 6 až 12 měsíců. Dormance je většinou výraznější u čerstvých semen oproti starším. Čerstvá semena mají klíčivost okolo 10 %, zatímco semena, která jsou starší více než 6 měsíců mají klíčivost okolo 84 % (Hanif et al. 2020). Klíčení semen je obvykle kritickou událostí v životním cyklu druhu, zejména u jednoletých rostlin. Tudiž přežití závisí na úspěšnosti každoroční obnovy (Ernst & Tolsma 1988). Semena mají značnou klidovou aktivitu trvající přes podzimní a zimní měsíce. Převážně se objevují brzy na jaře, ale některá semena zůstávají v klidu delší dobu a objeví se až přes léto. Často se objevují ve výsevech a při zvýšené půdní vlhkosti. Ke klíčení zpravidla dochází, jakmile průměrná teplota půdy dosáhne 15 °C po dobu nejméně 2 týdnů. Rostliny vytvářejí hluboký kořen během několika týdnů. Květy se mohou vytvořit během 3 týdnů a plody kolem 6 týdnů (Bayati 2013).

Kotvičnick zemní je na přirozených stanovištích i na založených experimentálních plantážích často napadán chorobami, např. plísní. Na těchto stanovištích se zároveň vyskytuje mnoho škůdců. Mezi nejčastější škůdce kotvičnicku zemního jsou řazeny mšice, housenky a svilušky (Semerdjieva & Zheljaskov 2019).

Obecně se kotvičnick zemní sklízí kdykoliv, po jeho dozrání. Nejlepší doba pro sklizeň je ale brzy ráno, jelikož obsah esenciálních olejů je nejsilnější v ranních hodinách, při nízkých teplotách. Čerstvé listy a plody obsahují více alkaloidů a jsou komplexnější a intenzivnější. Listy a plody jsou po omytí sušeny ve stínu, aby se zabránilo oxidaci obsažených esenciálních olejů (Hanif et al. 2020).



Obrázek 2. Plod kotvičnicku zemního (Akbar & Akbar 2020).

3.1.2 Chemické složení

Celkové složení zelené rostliny kotvičnicku je charakteristické vysokým obsahem vody, která tvoří zpravidla více než 65 %. Na chemickém složení sušiny této rostliny se z více než 68 % podílí sacharidy, ze kterých je nejvíce zastoupena vláknina (28 %) a dále je zde obsaženo přibližně 12 % dusíkatých látek. Kotvičnick zemní je také bohatým zdrojem řady minerálních látek, jako např. vápníku, jehož podíl na sušině rostliny představuje asi 4 %. Dále obsahuje askorbovou kyselinu (vitamin C), jejíž množství se v rámci rostliny zvyšuje od kořenů k plodům. Plody kotvičnicku obsahují také pryskyřici, lipidy a esenciální oleje (Joshi & Uniyal 2008).

3.1.2.1 Sacharidy

Sacharidy jsou základní živiny, které představují jednu z nejrozsáhlejších skupin organických molekul na planetě Zemi. Tyto látky jsou na základě jejich struktury děleny do tří základních skupin na monosacharidy, oligosacharidy a polysacharidy (Kurzyrna-Szklarek et al. 2022).

Monosacharidy jsou v rostlinných i živočišných organismech využívány jako zdroj energie. Skládají se z uhlíkového řetězce o třech nebo více atomech uhlíku, který obsahuje hydroxylovou skupinu připojenou zpravidla na každý uhlík kromě jednoho, na němž je navázána hlavní funkční skupina. Podle této skupiny jsou monosacharidy rozdělovány na dva hlavní typy (Mantovani et al. 2018). Monosacharidy s aldehydovou funkční skupinou se nazývají aldózy, zatímco ty s ketonickou funkční skupinou se nazývají ketózy. Nejjednodušší aldózou je glycerinaldehyd, naopak nejjednodušší ketózou je dihydroxyaceton. Aldózy a ketózy lze také dále klasifikovat na základě počtu atomů uhlíku, které obsahují ve své struktuře, přičemž nejčastěji se vyskytují triózy (tři atomy uhlíku), tetrózy (čtyři atomy uhlíku), pentózy (pět atomů uhlíku), hexózy (šest atomů uhlíku) a heptózy (sedm atomů uhlíku). Z energetického hlediska je nejvýznamnějším a nejběžnějším monosacharidem glukóza, která je řazena mezi hexózy a v rostlinných organismech je tvořena v procesu fotosyntézy (Voet et al. 2016).

Oligosacharidy obsahují 2 až 10 monosacharidových jednotek. Podle počtu těchto jednotek jsou děleny na disacharidy, ty obsahují dvě cukerné jednotky, trisacharidy, které obsahují 3 cukerné jednotky atd. Mezi nejznámější oligosacharidy vyskytující se v rostlinách je považována sacharóza, maltóza a laktóza (Mantovani et al. 2018).

Polysacharidy se skládají z více než deseti monosacharidových jednotek. Polysacharidy se rozdělují na homopolysacharidy a heteropolysacharidy. Rozdíly ve struktuře a funkci těchto makromolekul jsou často způsobeny povahou glykosidických vazeb. Polysacharidy hrají významnou strukturní roli, kterou u rostlin plní celulóza a u živočichů potom chitin. Významná je však také jejich energetická funkce některých polysacharidů (Mantovani et al. 2018). Struktura celulózy, je tvořena monomerními jednotkami β -anomerů glukózy, které jsou vzájemně spojeny vazbou β (1 \rightarrow 4). V rostlinách zastává stavební funkci, protože je součástí buněčných stěn. Celulóza je hojně zastoupenou složkou vlákniny, která je významnou součástí lidské výživy. Vlákna je souhrnné označení pro skupinu sloučenin, které se odlišují svou chemickou strukturou a fyzikálními vlastnostmi a vyvolávají různé fyziologické účinky. Kromě

celulózy vláknina zahrnuje také hemicelulózy, pektiny, beta-glukany, rezistentní škroby, nestravitelné oligosacharidy a ligniny. Konzumace vlákniny je důležitá z hlediska podpory správné funkce trávicího systému. Účinky různých nestravitelných složek nejsou vždy zcela zaměnitelné, ale jejich společnou schopností je procházet tlustým střevem. S konzumací vlákniny jsou také spojovány další příznivé účinky na lidské zdraví, jako je snižování rizika vzniku a rozvoje nádorových a kardiovaskulárních onemocnění, obezity a cukrovky. Pro zajištění maximálního zdravotního přínosu je důležité, aby vláknina pocházela z různých potravních zdrojů. Jedním z hlavních zdrojů vlákniny jsou například obiloviny a cereální výrobky, následované zeleninou a ovocem. (Buttriss & Stokes 2008).

Škrob je nejrozšířenějším zásobním polysacharidem rostlin, který slouží jako zásobárna energie. Ve formě škrobových zrn je obsažen zpravidla v endospermu semen obilovin, luštěnin, dále v hlízách, nezralých plodech a mnoha dalších zásobních orgánech. Velikost těchto škrobových zrn se obecně pohybuje mezi 1 a 100 μm . Vlastnosti škrobu závisí na jeho dvou hlavních složkách, amylose a amylopektinu, kdy amylose tvoří asi 25 % a amylopektin 75 %. Molekula amylose je charakteristická přítomností glukózových jednotek, které jsou vzájemně spojeny α -glykosidickými vazbami (1 \rightarrow 4) a tvoří tak lineární strukturu. Amylopektin obsahuje navíc glukóзовé jednotky spojené vazbou α (1 \rightarrow 6) za vzniku větvené struktury, která je, díky přítomnosti těchto větvících vazeb oproti amylose odolnější vůči působení hydrolytických enzymů (např. amyláze). Stravitelnost škrobu je ovlivněna mnoha faktory, jako je teplota při vaření, skladování a interakce škrobu s bílkovinami, lipidy a dalšími sacharidy (Raigond et al. 2015).

3.1.2.2 Dusíkaté látky

Nebílkovinné dusíkaté látky jsou látky obsahující dusík, které nejsou bílkovinami. Mezi tyto látky patří například volné aminokyseliny, puriny, pyrimidiny, dusitany a dusičnany. Tyto látky dokážou v těle plnit různé funkce, jsou využity například pro syntézu nukleových kyselin a neurotransmiterů nebo jiných potřebných biologicky významných látek obsahujících dusík. (Friedman 1999).

Bílkoviny jsou makromolekuly složené z aminokyselin, které jsou navzájem spojeny peptidovými vazbami. Délka peptidového řetězce určuje, zda je klasifikován jako oligopeptid nebo polypeptid. Oligopeptidy se skládají z relativně malého počtu aminokyselin, obvykle jsou tvořeny 2 až 20 aminokyselinami, zatímco polypeptidy obsahují víc než 20 aminokyselin. Chemické vlastnosti peptidů jsou determinovány zastoupením jednotlivých aminokyselin. Zastoupení a pořadí aminokyselin určuje také schopnost uspořádání peptidových řetězců do specifických trojrozměrných struktur, kterými jsou určeny i biologické funkce (Voet et al. 2016). Na stavbě bílkovin se z více než 700 aminokyselin, které se vyskytují v přírodě, podílí pouze 20. Těmito proteinogenními aminokyselinami jsou alanin, arginin, asparagin, aspartát, cystein, glutamát, glutamin, glycin, histidin, izoleucin, leucin, lysin, metionin, fenylalanin, prolin, serin, tyrosin, threonin, tryptofan a valin. Jako bílkoviny jsou označovány struktury, které obsahují nejméně sto aminokyselin navázaných na sebe (Wu et al. 2014).

U bílkovin jsou rozlišovány 4 základní typy struktur, a to je primární, sekundární, terciární a kvartérní struktura. Primární struktura zahrnuje pořadí aminokyselin v polypeptidovém řetězci. Sekundární struktura popisuje prostorovou orientaci sousedních

aminokyselin v polypeptidovém řetězci. Rozlišovány jsou dva typy sekundární struktury a to alfa-helix nebo beta-skládaný list. V obou případech je struktura udržována pomocí vodíkových můstků mezi funkčními skupinami, které se podílejí na tvorbě peptidových vazeb. Terciární struktura popisuje celkové prostorové uspořádání polypeptidového řetězce a zahrnuje interakce mezi postranními řetězci aminokyselin, jako jsou disulfidické můstky, vodíkové můstky, elektrostatické interakce a hydrofobní interakce. U některých bílkovin může existovat i čtvrtá úroveň struktury, tzv. kvartérní struktura, která popisuje uspořádání více polypeptidových řetězců do funkčního proteinového komplexu (Branden & Tooze 2012).

3.1.2.3 Lipidy

Skupina lipidů je tvořena různorodými molekulami, které se vyznačují svojí hydrofobností. Lipidy jsou velice důležité z hlediska jejich zastoupení v buněčných membránách, dále jsou určeny jako zdroj energie a také pro signalizaci mezi buňkami. Lipidy jsou řazeny do tří kategorií, a to jsou jednoduché lipidy, složené lipidy a odvozené lipidy. Jednoduché lipidy se skládají z mastných kyselin a alkoholů, jako je glycerol. Složené lipidy obsahují kromě mastných kyselin a alkoholu další nelipidovou složku, podle které jsou rozlišovány jejich jednotlivé typy, jako jsou fosfolipidy, glykolipidy a lipoproteiny. Odvozené lipidy jsou rozmanitou skupinou látek, ale mají společný strukturní základ, kterými jsou pětiuhlíkaté jednotky izoprenu, a proto jsou označovány také jako izoprenoidní lipidy (Voet et al. 2016).

Acylglyceroly, označovány také jako glyceridy, jsou skupinou jednoduchých lipidů, které se skládají z molekuly glycerolu esterifikované jednou, dvěma nebo třemi mastnými kyselinami. Jsou hlavní složkou přírodních tuků a olejů a jsou nejdůležitějším zdrojem energie pro organismus. Acylglyceroly se podílejí na mnoha biologických procesech, včetně energetického metabolismu, buněčné signalizace a udržování struktury buněčných membrán (Mensink & Katan 1992). Mezi jednoduché lipidy jsou řazeny také vosky, které se u rostlin vyskytují jako extracelulární složky, tvořící povrchový povlak, který funguje jako ochrana před nadbytečnou ztrátou vody, mechanickým poškozením a dalšími škodlivými podmínkami prostředí (Bychek-Guschina 2002).

Jednou z velmi významných skupin složených lipidů jsou fosfolipidy, které jsou strukturními a funkčními složkami všech buněčných membrán. Obsah fosfolipidů v membránách a rozložení zbytků mastných kyselin se odlišuje v rámci buňky i mezi jednotlivými typy buněk. Funkce fosfolipidů úzce souvisí s jejich amfipatickým charakterem, který je určen přítomností polární složky obsahující zbytek kyseliny fosforečné a lipidové složky, jež je nepolární. Díky amfipatické povaze jsou fosfolipidy používány v mnoha typech přípravků, jako jsou tukové emulze, smíšené micely, suspenze a lipozomální přípravky určené pro všechny způsoby podání (Van Hoogevest & Wendel 2014). Glykolipidy jsou taktéž důležitou součástí plazmatických membrán u většiny prokaryotických a eukaryotických buněk. Díky tomu, že ve své struktuře obsahují polární cukerné zbytky, jsou často lokalizovány na povrchu buňky, kde mohou interagovat s celou řadou malých molekul a proteinů, které se nacházejí buď v okolním vodním prostředí, nebo na povrchu sousedních buněk. Hrají také důležitou roli při laterálním třídění a shlukování proteinů, které jsou zabudované v buněčné membráně (López et al. 2013). Lipoproteiny jsou molekulární komplexy, které se skládají

z lipidového jádra obklopeného jednou vrstvou fosfolipidů a přidružených proteinů, které jsou označovány jako apoproteiny. Jsou zodpovědné za transport látek lipidové povahy, jako je cholesterol a triacylglyceroly, lymfou a krevním oběhem do různých buněk tkání a cílových orgánů. Lipoproteiny proto hrají klíčovou roli v metabolismu lipidů a jejich nerovnovážné zastoupení v organismu dokáže být významným faktorem podílejícím se na vzniku a rozvoji mnoha kardiovaskulárních onemocnění, včetně aterosklerózy (Rosenson et al. 2011).

Izoprenoidní lipidy, představují jednu z nejrozšířenějších tříd přírodních sloučenin, které zodpovídají za mnoho buněčných funkcí. Podílejí se například na procesu fotosyntézy, transkripce nebo posttranslačních modifikacích. Podle počtu základních izoprenových jednotek obsažených v jejich struktuře jsou tyto látky rozlišovány na monoterpeny (2 izoprenové jednotky), seskviterpeny (3 izoprenové jednotky), diterpeny (4 izoprenové jednotky), triterpeny (6 izoprenových jednotek). Do této skupiny látek jsou řazeny také steroidy, které vznikají modifikací triterpenoidních molekul (Frank & Groll 2017).

3.1.2.4 Minerální látky

Minerální látky bývají souhrnně označovány jako popel, což je anorganický zbytek po spálení organické hmoty. Na celkovém obsahu popela kotvičnicku se nejvíce podílejí draslík, a vápník, který je důležitou složkou kostí a zubů a zároveň se podílí na biochemickém procesu srážení krve a také je zodpovědný za správnou funkci nervů a svalů. Dále jsou v hojném množství zastoupeny hořčík, selen a zinek a v nižších koncentracích také mangan, měď, chrom, vanad, a nikl. Bylo zjištěno, že distribuce makroelementů a mikroelementů v rostlině se výrazně mění v závislosti na místě, čase a podmínkách pěstování. Minerální látky hrají velmi důležitou roli při tvorbě aktivních forem chemických složek léčivých rostlin, a proto může obsah minerálních látek významně ovlivnit biologickou účinnost různých fotochemikálií (Tkachenko et al. 2020).

Draslík je jedním z nejhojněji zastoupených prvků v rostlinných materiálech. Vysoká koncentrace v rostlinách je potřebná pro mnoho základních procesů, včetně aktivace enzymů, fotosyntézu, účinnost využití vody, tvorbu škrobu a syntézu bílkovin. Kromě toho je draslík zodpovědný za regulaci osmotického tlaku tělesných tekutin a za udržování srdečního rytmu a při zácpě. Doporučená denní dávka činí 550-5625 mg (Tkachenko et al. 2020). Hořčík je čtvrtým nejrozšířenějším kationtem v těle. Hořčík je nezbytným kofaktorem pro správnou funkci rozmanitých metabolických reakcí, kterých se účastní více než 300 enzymů v lidském těle. Působí jako protiiont pro energeticky bohaté ATP a nukleové kyseliny, reguluje transmembránový transport a má různé role ve funkci a struktuře proteinů, nukleových kyselin a mitochondrií. Zároveň je důležitým minerálem pro mineralizaci kostí, svalovou relaxaci a řadu dalších buněčných funkcí. Doporučená denní dávka činí 320-420 mg (Alawi et al. 2018). Selen je nezbytnou složkou pro zdravou reprodukci a pomáhá normalizovat hladinu testosteronu a estrogeneru. Podílí se také na metabolismu glukózy, kolagenu, kyseliny listové a některých aminokyselin. V neposlední řadě bylo prokázáno, že selen je silným karcinogenním doplňkem, který inhibuje rakovinné buňky a snižuje riziko vzniku několika druhů rakoviny, včetně rakoviny prostaty, prsu a dělohy. Doporučení denní dávka činí 0,02-0,2 mg (Tkachenko et al. 2020).

Tabulka 1. Obsah minerálních látek v kotvičniku zemním (upraveno dle Tkachenko et al.2020).

	mg/g
Makroelementy	
Draslík	41,5
Vápník	36,7
Hořčík	6,1
Mikroelementy	
Selen	5,5
Zinek	2,49
Měď	0,52
Nikl	0,51
Chróm	0,48
Mangan	0,11
Vanad	0,01

3.1.2.5 Biologicky aktivní látky

Terapeutické účinky kotvičniku, které jsou v současné době hojně diskutovány a zkoumány, jsou dány přítomností řady biologicky významných stopových prvků, ale také jiných účinných látek, jako jsou saponiny, flavonoidy, alkaloidy nebo lignanamidy (Joshi & Uniyal 2008). Tyto látky jsou sekundárními metabolity rostlin, jejichž syntéza je stimulována biotickými nebo abiotickými stresy. Jedná se o tzv. strategii boje proti patogenům, čímž si rostlina produkuje ochranu před jejich škodlivým působením. Řada biologicky aktivních látek se v kotvičniku vyskytuje ve formě glykosidů (Faizal & Geelen. 2013).

3.1.2.5.1 Glykosidy

V rostlinách dochází k tvorbě glykosidů převážně postmodifikací sekundárních metabolitů, které jsou katalyzovány rostlinnými enzymy, jako jsou např. glykosyltransferázy. Glykosidy se skládají ze dvou chemicky funkčních nezávislých částí, a to je aglykon (genin) a glykon (sacharidová část) (Bartik & Facey 2017). Glykosidy jsou tvořeny zásadně cyklickými formami sacharidů, velmi často glukózou, galaktózou, ribózou, deoxyribózou nebo jinými monosacharidy, ale mohou zahrnovat i oligosacharidy, případně i část polysacharidovou (Kytidou et al. 2020).

V glykosidu je sacharidová část spojena s aglykonovou částí pomocí glykosidické vazby. Glykosidické vazby jsou většinou náchylné k hydrolýze, ke které může docházet například pomocí kyselin nebo enzymů, jako jsou glukosidázy. Podle atomu, přes který je aglykon připojen k sacharidové složce jsou rozlišovány jednotlivé typy glykosidických vazeb, a tedy i glykosidů. Nejrozšířenější formou vyskytující se v rostlinách jsou O-glykosidy, ve kterých

je aglykon vázán přes kyslík. Pokud je ve struktuře aglykonu obsažena thiolová skupina (-SH), tak dokáže docházet k jeho připojení přes atom síry za vzniku S-glykosidu. Analogicky při napojení aglykonu přes dusík vznikají N-glykosidy. Dalším typem jsou C-glykosidy, v jejichž struktuře je sacharidová složka k aglykonu vázána přes atom uhlíku, a které jsou oproti ostatním typům relativně odolné vůči hydrolýze (Bartik & Facey 2017). Podle typu anomerie sacharidové části, která je určena prostorovou orientací poloacetálové hydroxylové skupiny jsou potom rozlišovány α - nebo β -glykosidické vazby, respektive α - nebo β -glykosidy (Kytidou et al. 2020).

3.1.2.5.2 Saponiny

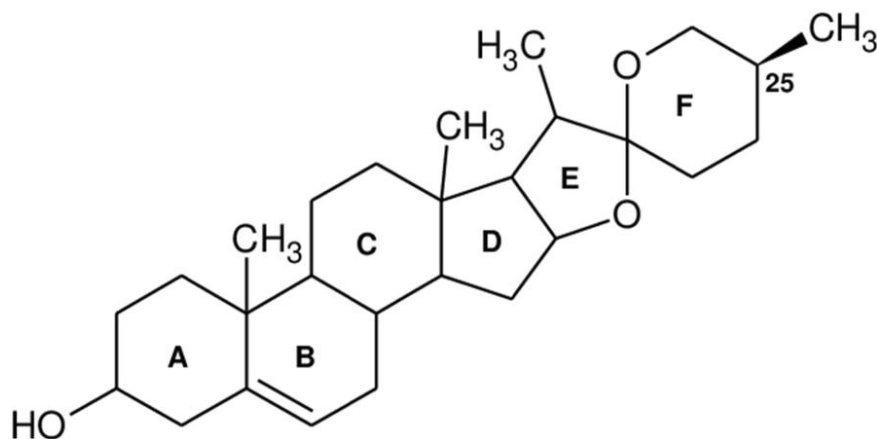
Saponiny jsou vysokomolekulární látky amfifilní povahy. Tyto sloučeniny obsahují triterpenoidní nebo steroidní aglykon, tzv. saponinogen, jakožto lipofilní část a hydrofilní část tvořenou sacharidovou složkou, která je k aglykonu připojena O-glykosidickou vazbou. Podle saponinogenu jsou rozlišovány saponiny triterpenoidní a steroidní (Nguyen et al. 2020).

Triterpenoidní saponiny se vyskytují velmi běžně v rostlinné říši. Termín triterpen označuje tři monoterpeny (10 atomů uhlíku), tudíž obsahují 30 atomů uhlíku, rozdělených na šest izoprenových molekul. Triterpenoidní saponiny obsahují 4 atomy kyslíku a obvykle mají jednu hydroxylovou skupinu (-OH) na C-3 a karboxylovou skupinu na C-28. Jeden atom kyslíku je přítomen v molekule jako etherově vázaný kyslík na C-3, dva atomy kyslíku jsou přítomny jako esterově vázaný kyslík na C-28, zatímco zbývající dva kyslíky jsou přítomny na C-24 a C-28 jako nenavázaná alkoholická skupina (-CH₂) a hydroxylová skupina (-OH). Zatímco steroidní glykosidy jsou látky, které vznikají modifikací triterpenoidů obsahujících 27 uhlíků s tetracyklickým šestičlenným řetězcem kruhů a bicyklickými pětičlennými kruhy. Tyto látky obsahují furanový a pyranový kruh, které jsou spojeny jedním spiro-uhlíkem. Na C-3 mají často cukerný řetězec připojený prostřednictvím éterové vazby. Steroidní saponiny slouží především jako prekurzory pohlavních hormonů (Aziz et al. 2019).

Rostliny produkující saponiny se vyskytují v různých zeměpisných oblastech a klimatických pásmech po celém světě. Například čeleď *Primulaceae* obsahuje shmaesaponiny, u kterých byly zaznamenány protirakovinné a protizánětlivé účinky (Faizal & Geelen. 2013). Saponiny vykazují spoustu příznivých účinků na lidský organismus jako jsou například, antibakteriální, antimykotické, antivirové, insekticidní, cytotoxické a moluskocidní účinky. Kromě toho mohou v lidském organismu napomáhat snižovat hladiny cholesterolu v krvi (Aziz et al. 2019).

V kotvičniku zemním se velice často vyskytují steroidní furostanolové a spirostanolové saponiny typu tigogeninu, neotigogeninu, gitogeninu, neogitogeninu, hekogeninu, neohekogeninu, diosgeninu (Obrázek 3), chlorogeninu, ruskogeninu a sarsasapogeninu. Furostanolové saponiny jsou ve srovnání se spirostanolovými přítomny ve větších množstvích a naprosto dominantním zástupcem je zpravidla protodioscin. Předpokládá se, že protodioscin působí tak, že zvyšuje přeměnu testosteronu na účinný dehydrotestosteron, který stimuluje nejen zvýšení sexuálního chťiče, ale také tvorbu červených krvinek z kostní dřeně spolu s rozvojem svalstva, což přispívá ke zlepšení krevního oběhu a systému přenosu kyslíku, který vede k optimálnímu zdraví (Chhatre et al. 2014). Moderní výzkumy ukázaly, že aglykon diosgeninu, který je nejhojněji zastoupen v kotvičniku, představuje mnoho biologických

účinků, mezi tyto účinky řadíme hypolipidemické, protizánětlivé, antiproliferativní, hypoglykemické a zároveň působí jako antioxidant. Na základě těchto farmakologických účinků může diosgenin vykazovat také příznivý účinek proti rozvoji cukrovky (Gan et al. 2020; Pari et al. 2012; Gong et al. 2010).



Obrázek 3. Strukturní vzorec diosgeninu (Shahrajabian et al. 2021)

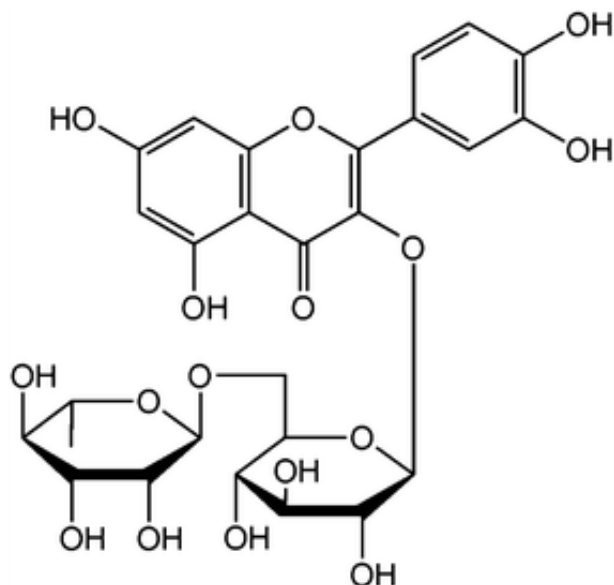
3.1.2.5.3 Flavonoidy

Flavonoidy patří mezi fenolické sloučeniny, které představují velkou podskupinu sekundárních metabolitů, rozšířených v rostlinných a některých prokaryotních organismech. Bylo identifikováno více než 6500 flavonoidů. V závislosti na poloze vazby aromatického kruhu na benzopyranové části, se tato skupina přírodních produktů rozděluje do tří tříd: flavonoidy, isoflavonoidy a neoflavonoidy. V závislosti na stupni oxidace a nasycení v heterocyklickém kruhu jsou flavonoidy řazeny do následujících podskupin: flavany, flavanony, dihydroflavonoly, flavonoly, flavony, flavon-3-oly a flavon -3,4-dioly (Samanta et al. 2011).

Flavonoidy chrání rostliny před působením různých biotických a abiotických stresových faktorů a vykazují rozmanité spektrum biologických funkcí. Hrají důležitou roli v interakci mezi rostlinou a prostředím. Flavonoidy nejsou pro přežití rostlin nezbytné, nicméně hrají velmi důležitou roli pro vývoj rostlinného organismu, protože ovlivňují transport rostlinného hormonu auxinu. Některé látky ze skupiny flavonoidů se podílejí na pigmentaci květů a chrání rostliny před mikroby a hmyzem (Janićijević 2007; Samanta et al. 2011). Flavonoidům je věnována značná pozornost kvůli příznivým účinkům na lidské zdraví, které úzce souvisí s jejich antioxidačními vlastnostmi. Tyto látky mohou působit v prevenci lidských onemocnění, jako je rakovina nebo kardiovaskulární choroby, ale také některé patologické poruchy trávicího systému, alergie a virových či bakteriálních infekce. Díky tomu je flavonoidům přisuzována řada biologických účinků, včetně antioxidačních, protialergických, protizánětlivých, antivirových, antiproliferačních, antidiabetických, antivirových a antikarcinogenních aktivit (Yao et al. 2004).

V kotvičnicku zemním jsou obsaženy některé základní flavonoidy: kaempferol, astragalín, kaempferol-3-rhamnoglykosid, tribulusid, rutin (Obrázek 4), kvercetin a isorhamnetin

(Semerdjieva & Zheljazkov 2019). Rutin, je flavonoidní glykosid, který je známým antioxidantem, u něhož byly prokázány protizánětlivé účinky tím, že snižuje produkci prozánětlivých cytokinů a zvyšuje hladiny protizánětlivých cytokinů v různých typech buněk (González-Gallego et al. 2010).



Obrázek 4. Strukturní vzorec rutinu (Mauludin & Müller 2013)

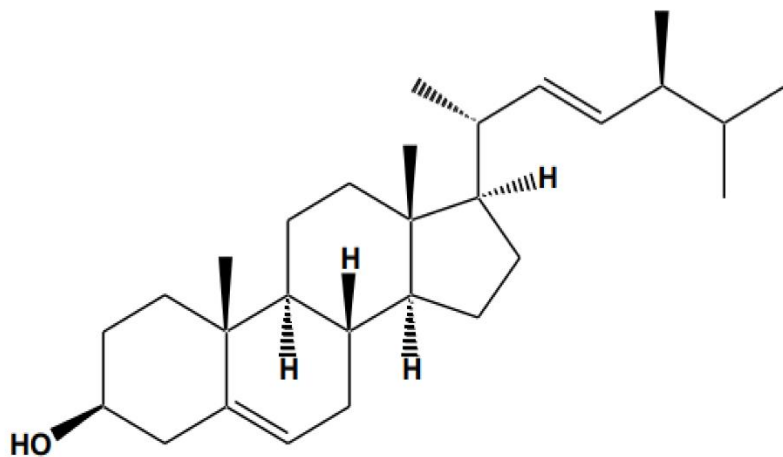
3.1.2.5.4 Fytosteroly

Fytosteroly patří mezi steroly, které jsou základními složkami eukaryotických buněčných membrán, které určují jejich fyzikálně-chemické vlastnosti a následně i biologickou funkci. Steroly například mohou interagovat se sfingolipidy v plazmatické membráně a podílet se tak na různých biologických procesech (Ferrer et al. 2017). Fytosteroly jsou bioaktivní složky všech rostlinných potravin. Jsou to alkoholy s 28 nebo 29 uhlíky a podobají se cholesterolu u obratlovců, jak funkcí, tak strukturou (Lagarda et al. 2006). Skládají se z hydrofobního skeletu steroidního jádra s připojenými alkeny nebo alkenylovými řetězci. Různé druhy fytosterolů se odlišují počtem a umístěním dvojných vazeb a typem a délkou alkylového řetězce (Piironen et al. 2000). Fytosteroly obsahují navíc metylovou nebo ethylovou skupinu nebo dvojnou vazbu. Většina postranních řetězců fytosterolů obsahuje 9-10 atomů uhlíku místo osmi, jak je tomu u cholesterolu (Lagarda et al. 2006).

Jednou z nejvýznamnějších a nejstudovanějších vlastností fytosterolů je jejich schopnost snižovat hladinu cholesterolu. To vysvětluje rostoucí zájem o obsah fytosterolů v potravinách, ať už jako jejich vlastní nebo přidané složky (Lagarda et al. 2006). Fytosteroly zároveň mají protizánětlivé a antidiabetické účinky a také se podílejí na prevenci vzniku a rozvoje nádorových onemocnění (Tolve et al. 2020).

V kotvičnicku zemním byla zjištěna přítomnost sterolů, jako je β -sitosterol a stigmasterol (Obrázek 5) (Chhatre et al. 2014). Stigmasterol může být užitečný při prevenci některých druhů rakoviny, včetně vaječníku, prostaty, prsu a tlustého střeva. Má také silné antioxidační

a hyperglykemizující účinky. Při dostatečném množství dokáže i redukovat cholesterol v krvi (Pierre & Moses 2015).



Obrázek 5. Strukturální vzorec stigmasterolu (Bakrim et al. 2022)

3.1.2.5.5 Alkaloidy

Rostlinné alkaloidy tvoří jednu z největších skupin přírodních produktů, které jsou charakteristické přítomností atomu dusíku v molekule (Bribi 2018).

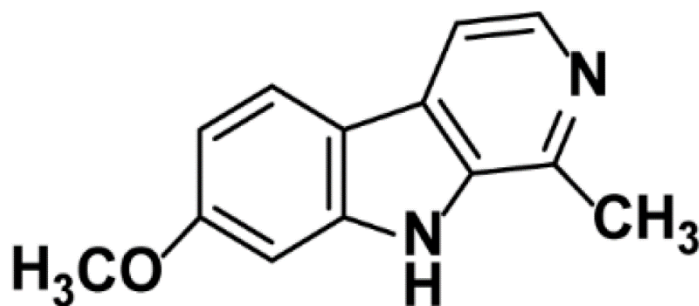
V současné době je známo více než 40 000 alkaloidních sloučenin. Mnohé z nich jsou pojmenovány podle svého původu, podle rostliny a botanické čeledi, ze které byly izolovány. Vzhledem k široké rozmanitosti alkaloidů se také rozdělují podle biochemického původu nebo chemické struktury. Podle chemické struktury se člení na alkaloidy pravé (heterocyklické), protoalkaloidy (neheterocyklické) a pseudoalkaloidy. Pravé neboli heterocyklické alkaloidy jsou fyziologicky aktivní sloučeniny a deriváty cyklických aminokyselin. Mají intracyklický dusík a v přírodě se vyskytují tak, že tvoří soli s některými organickými kyselinami, jako je například kyselina šťavelová, mléčná, jablečná, vinná, octová a citrónová. Protoalkaloidy obsahují atom dusíku mimo kruh, který zůstává jako součást postranního řetězce, nikoliv jako součást heterocyklického systému. Některé protoalkaloidy jsou odvozeny od aminokyselin nebo od biogenních aminů. Pseudoalkaloidy jsou heterocyklické sloučeniny obsahující dusík, ale nejsou odvozeny od aminokyselin. Obecně se jedná o deriváty acetátu, kyseliny pyrohroznové, adeninu, guaninu, nebo geraniolu (Gutiérrez-Grijalva et al. 2020).

Alkaloidy jsou produkovány mnoha různými organismy, mezi které jsou řazeny bakterie, houby, rostliny a živočichy. Čisté izolované rostlinné alkaloidy a jejich syntetické deriváty se používají jako základní léčivé látky po celém světě zejména pro jejich analgetické, protikřečové a baktericidní účinky (Roy 2017).

Mezi důležité rostlinné alkaloidy z terapeutického hlediska patří morfin, který slouží k léčbě závažných onemocnění, díky tomu, že tlumí akutní a chronickou bolest. Největším zdrojem morfinu je mák setý. Kofein se svými stimulačními vlastnostmi, který je obsažen

v kávovníku arabském a chinin, který se používá díky svým antimalarickým vlastnostem. Výborný protinádorový účinek mají látky vinkristin, vinblastin a vinkorin (Matsura & Fett-Neto 2015).

Kotvičnick zemní obsahuje β -karbolinový alkaloid harmin (Obrázek 6). Harmin je inhibitor monoaminoxidázy, který přispívá ke zvýšení dopaminu v mozku (Chhatre 2014). β -karbolinové alkaloidy jsou skupinou alkaloidů, které jsou přítomny v různých rostlinách. Jsou velkou skupinou přírodních a syntetických indolových alkaloidů s různým stupněm aromaticnosti. Tyto sloučeniny jsou velmi zajímavé díky svým rozmanitým biologickým aktivitám. Zejména bylo prokázáno, že tyto sloučeniny interkalují do DNA, inhibují cyklin-dependentní kinázy, topisomerázu a monoaminoxidázu. Kromě toho tyto chemické látky prokázaly také široké spektrum farmakologických vlastností, včetně sedativních, anxiolytických, antikarcinogenních, antivirových i antimikrobiálních aktivit (Cao et al. 2007).



Obrázek 6. Strukturní vzorec harminu (Zhang et al. 2019)

3.2 Doplnky stravy

Podle světové zdravotnické organizace (WHO) 80 % světové populace využívá tradiční léčiva získaná z léčivých rostlin. Celkový odhadovaný počet druhů rostlin je přibližně 374 000, z nichž 28 187 léčivých druhů je využíváno člověkem. Kromě těchto využívaných druhů WHO zaznamenala názvy více než 20 000 druhů léčivých rostlin a označila je jako potenciální zdroj nových léčiv. Existuje více než 1340 rostlin s definovanou antimikrobiální aktivitou, ze kterých bylo izolováno přes 30 000 antimikrobiálních sloučenin (Vaou et al. 2021).

Bylinné rostliny hrají důležitou roli v prevenci a léčbě lidských onemocnění. Lidé používají rostliny jako tradiční lék již tisíce let. Využití léčivých rostlin je spojováno s rozvojem lidské civilizace po celém světě. Jsou považovány za bohatý zdroj fytochemických látek, které mají příznivé účinky na lidské zdraví. Léčivé rostliny jsou potenciálním zdrojem pro vývoj nových rostlinných léčiv (Shakya 2016).

V Evropské unii jsou doplňky stravy definovány jako koncentrované zdroje živin nebo jiných látek s výživovým nebo fyziologickým účinkem, které jsou prodávány v potravinářských, lékařských a internetových obchodech. Tyto doplňky stravy jsou uváděny na trh ve formě „dávek“, jako jsou tablety, prášky, pilulky, kapsle a tekutiny v odměřených dávkách (Binns et al. 2018). Podobně v USA tento typ produktu je definován jako doplněk

stravy, který je užívaný ústy, a který obsahuje složku určenou k doplnění stravy. Tento výrobek musí být označován jako potravinu, nikoliv léčivo (Binns et al. 2018). Doplnky stravy představují koncentrovaný zdroj vitaminů, minerálních látek, polynenasycených mastných kyselin, antioxidantů nebo jiných sloučenin s výživovým nebo fyziologickým účinkem. Jsou využívány především pro lékařské účely, zlepšení biologické dostupnosti, ochrany účinných látek před degradací nebo snížení vedlejších účinků (Jampilek 2019).

Zásadním problémem pro jakoukoli diskusi o regulaci doplňků stravy je skutečnost, že neexistuje celosvětová shoda o tom, co do této kategorie spadá, a dokonce ani o tom, jak se tato kategorie nazývá. Například melatonin je v USA řazen mezi doplňky stravy, v Kanadě je považován za přírodní produkt, zatímco v Austrálii spadá do kategorie léků na předpis (Dwyer et al. 2018).

Mnoho sportovců, přibližně 85 % vrcholových sportovců, používá doplňky stravy jako součást svého pravidelného tréninku nebo závodní rutiny. Doplnky stravy jsou však často používány bez úplného pochopení nebo vyhodnocení potenciálních přínosů a rizik (Maughan et al. 2007). Nejvýznamnějším rizikem užívání doplňků stravy patří kontaminace cizí látkou, která do doplňku stravy nepatří a v důsledku toho doplněk stravy splňuje dvě ze tří nežádoucích kritérií, tedy má potenciál zvyšovat nebo zlepšovat sportovní výkonnost, představuje skutečné nebo potenciální zdravotní riziko pro sportovce nebo porušuje ducha sportu. Při porušení těchto pravidel hrozí atletovi pozitivní dopingový test a zákaz sportování. Každý sportovec má ale osobní povinnost zajistit, aby se žádná podobná látka nedostala do organismu, jelikož za to nese plnou zodpovědnost (Mathews 2018).

Výběr správných doplňků stravy by měl být založen na individuálních potřebách a cílech, s ohledem na zdravotní stav a předchozí historii užívání doplňků. Při nevhodném užívání nebo nevhodném dávkování mohou doplňky stravy způsobit negativní účinky a vést k problémům se zdravím. Je tedy důležité věnovat pozornost kvalitě a bezpečnosti doplňků stravy, a to i při používání doporučených a schválených produktů (Maughan et al. 2007).

3.2.1 Biologické účinky kotvičnicku zemního

Kotvičnick zemní je součástí několika doplňků stravy, které jsou volně prodejné a široce doporučované, obecně jako posilovače lidské vitality (Pokrywka et al. 2014).

Kotvičnick zemní se v ajurvédě po staletí používá k léčbě impotence, pohlavních chorob a sexuální slabosti. V tradiční čínské medicíně se plody kotvičnicku zemního používaly k léčbě očních potíží, otoků, nadýmání a sexuálních dysfunkcí. V unani medicíně se kotvičnick zemní používá jako diuretikum, mírné projímadlo a celkové tonikum. Obecně kotvičnick zemní zahrnuje spoustu biologických účinků, mezi které jsou řazeny antibiotické účinky, afrodiziakální účinky, účinky na reprodukci, kardiovaskulární účinky, karcinogenní účinky a na redukci cholesterolu (Chhatre et al. 2014).

3.2.1.1 Antibiotické účinky

Antibakteriální účinky extraktu z kotvičnicku, zkoumané v řadě studií, jsou připisovány zejména obsahovým látkám ze skupiny flavonoidů a alkaloidů (Jindal et al. 2013; Yilmaz et al. 2014; Tian et al. 2019).

Účinky extraktu z kotvičnicku zemního na odolnost vůči bakteriím typu *Streptococcus iniae* byly zkoumány u mozambických ryb tilapií trpících poruchou jater po infekci streptokokem. Rybám bylo podáváno krmivo obsahující extrakt z kotvičnicku v množství 200, 400 a 600 mg kg⁻¹ a sledována byla také kontrolní skupina krmená dawkami bez přidaného extraktu. Specifická krmná dieta, ve které bylo obsaženo minimálně 400 mg kg⁻¹ extraktu kotvičnicku zemního vedla k celkovému zlepšení histopatologie střev a jater. Na základě těchto pozorování byl učiněn závěr, že dieta obsahující určité množství extraktu z kotvičnicku zemního může zvýšit odolnost organismu vůči bakteriím typu streptokoka. Autory studie bylo navrženo, že výtažek z kotvičnicku zemního by mohl být využit jako alternativa antibiotik při streptokokových infekcích u ryb tilapií (Yilmaz et al. 2014).

Byla provedena studie, zdali flavonoidy a jejich účinné látky, které jsou obsaženy v kotvičnicku zemním, mají antibakteriální účinky proti *Escherichia coli*, *Salmonella*, *Staphylococcus aureus* a *Streptococcus*. Gentamicin byl použit jako pozitivní kontrola pro zjištění přesnosti a spolehlivosti metody stanovení. Antibakteriální aktivita flavonoidů extrahovaných z listů kotvičnicku byla porovnávána s inhibičním účinkem proti uvedeným bakteriím. Výsledky ukázaly, že flavonoidní směs z listů kotvičnicku zemního vykazovala o 50 % nižší, ale přesto významný inhibiční účinek proti zkoumaným bakteriím než gentamicin. Vyšší inhibiční účinek flavonoidů byl pozorován na grampozitivní bakterie než na bakterie gramnegativní. Díky zjištěným účinkům flavonoidů obsažených v kotvičnicku by extrakt z této rostliny mohl představovat vhodné léčivo pro nahrazení nebo snížení aplikace antibiotik u onemocnění způsobených grampozitivními bakteriemi (Tian et al. 2019).

Cílem studie autorů Jindal et al. (2013) bylo zhodnotit antibakteriální potenciál alkaloidů v kotvičnicku zemním. Alkaloidy byly extrahované z kořenu, stonku, listu a plodu. Extrakty kotvičnicku zemního byly testovány pomocí diskového difuzního testu proti třem bakteriálním kmenům, které zahrnovaly grampozitivní (*Staphylococcus aureus*) a gramnegativní bakterie (*Escherichia coli* a *Proteus mirabilis*) a také proti dvěma houbovým kmenům (*Aspergillus flavus* a *Aspergillus niger*). Výsledky vykazovaly významný antibakteriální potenciál všech testovaných extraktů proti grampozitivním i negativním bakteriím, ale nebyly shledány účinnými proti testovaným houbám. Závěr této studie ukazuje na širokospektrální antibakteriální potenciál alkaloidů, které jsou obsaženy v kotvičnicku zemním, a proto by mohly být v budoucnu využity pro výrobu antibakteriálních léčiv (Jindal et al. 2013).

3.2.1.2 Afrodiziakální účinky

Kotvičnick zemní prokázal afrodiziakální účinky, což bylo potvrzeno v několika studiích. Tyto účinky jsou způsobeny především přítomností flavonoidů, alkaloidů a saponinů, které jsou obsaženy v této rostlině (Kamenov et al. 2017; Sahin et al. 2016; Hashim et al. 2014).

Jako důkaz afrodiziakální funkce kotvičnicku zemního byla provedena náhodná, dvojitě zaslepená, placebem kontrolovaná klinická studie. Do dvou léčebných skupin (kotvičnick zemní nebo placebo) bylo rozděleno 180 mužů ve věku od 18 do 65 let s mírnou nebo středně těžkou erektilní dysfunkcí (ED) a poruchou snížené sexuální touhy (HSDD) nebo bez poruchy této touhy v poměru 1:1. První léčebná skupina dostávala dvě tablety (500mg) tribestanu, perorálně třikrát denně po jídle, po dobu 12 týdnů, přičemž každá tableta obsahovala nejméně 112,5 mg furostanolových saponinů. Placebo skupině byly podávány identické tablety, vzhledem, barvou

a chutí. Výsledky ukázaly, že mezi oběma skupinami byly po 3 měsících významné rozdíly ve výsledcích mezinárodního indexu erektilní funkce (IIEF) ($p < 0,0001$) a zároveň žádné rozdíly ve výskytu nežádoucích účinků. Lze tedy předpokládat, že kotvičnick zemní může zlepšit sexuální funkce (Kamenov et al. 2017).

V Analýze fytochemických a farmakologických studií u lidí a zvířat bylo úkolem zjistit, zdali kotvičnick zemní bude hrát roli při léčbě ED a HSDD. V experimentu byli použiti potkani, kteří dostávali běžnou stravu, jež obsahovala *mucuna pruriens* (sametovou fazoli), kotvičnick zemní a ashwagandhu (withanie snodárná). Výsledky ukázaly, že výtažek z kotvičnicku zemního byl relativně účinnější než oba ostatní. Tyto byliny zvyšují hladinu testosteronu a tím se stávají silnými posilovači sexuálních funkcí a chování (Sahin et al. 2016).

Bulharský přípravek s názvem Tribestan byl optimalizován a široce rozšířen v léčbě neplodnosti a poruch libida u mužů a žen. Furostanolové saponiny (protodioscin, protogracilin) z kotvičnicku zemního mají stimulační účinek na spermatogenezi prostřednictvím luteinizačního hormonu (LH) stimulačního sekreci mužského hormonu testosteronu. Testosteron zase významně zlepšil kvalitu a kvantitu spermií. Libilov je dalším přípravkem z kotvičnicku zemního, uvádí se u něho podobná aktivita. Hlavní složkou libilovu je protodioscin, který se ukázal být účinným při léčbě mužské i ženské neplodnosti díky jeho schopnosti zvyšovat hladinu dehydroepiandrosteronu (DHEA). Bylo zjištěno, že protodioscin je prekurzorem DHEA u pacientů s nízkou hladinou tohoto hormonu v krvi (Hashim et al. 2014). Z výsledků uvedených studií vyplývá, že kotvičnick zemní může zlepšit sexuální funkce (Kamenov et al. 2017) a to zejména díky schopnosti stimulovat sekreci testosteronu (Hashim et al. 2014; Sahin et al. 2016).

3.2.1.3 Účinky na reprodukci

Výzkumy zaměřené na reprodukční účinky extraktu kotvičnicku zemního identifikovaly jako klíčové složky odpovědné za tuto biologickou aktivitu zejména skupinu saponinů (Jashni et al. 2012; Bashir et al. 2009).

Byla provedena studie, která byla zaměřena na zkoumání účinku extraktu kotvičnicku zemního na primární spermatocyt u potkanů. Třicet pět dospělých samců potkanů o průměrné hmotnosti 180 g a stáří 2 až 3 měsíců bylo náhodně rozděleno do pěti skupin po sedmi. První skupina sloužila jako kontrolní a skupina druhá sloužila jako experimentální kdy dostávala fyziologický roztok 2,5 ml. Třetí, čtvrté a páté skupině byly podávány tři různé dávky perorálního roztoku extraktu kotvičnicku zemního (2,5; 5 a 10 mg/kg tělesné hmotnosti), jednou denně po dobu 8 týdnů. Po poslední léčbě byli potkani usmrceni a jejich varlata byla studována pomocí světelného mikroskopu. Výsledky ukázaly, že průměrný počet primárních spermatocytů v páté skupině se ve srovnání s kontrolní skupinou významně zvýšil. Extrakt z kotvičnicku zemního však neměl žádný vliv na průměrný počet primárních spermatocytů v ostatních experimentálních skupinách. Výše uvedené výsledky ukázaly, že kotvičnick zemní může pravděpodobně vyrovnávat funkce mužského reprodukčního systému a může být použit při léčbě mužské neplodnosti, tím, že ovlivňuje spermatocyty varlat (Jashni et al. 2012).

Další studie měla za úkol prozkoumat účinky extraktu kotvičnicku zemního na hmotnost a vývoj varlat u předpubertálních potkanů. Po 14 dnech od narození byly potkani rozděleni do následujících dvou skupin po 10 mládětech. První skupina byla kontrolní. Druhé skupině

bylo podáváno 70 mg na kilogram tělesné hmotnosti extraktu kotvičnicku zemního po dobu 20 dnů. Mláďata, kterým byl podáván extrakt, vykazovala výrazné zvýšení průměrné tělesné hmotnosti a hmotnosti varlat. Kromě toho byl také zpozorován nárůst semenných kanálků obsahujících časně spermatidy (Bashir et al. 2009).

3.2.1.4 Kardiovaskulární účinky

Kardiovaskulární účinky extraktu z kotvičnicku zemního jsou převážně přisuzovány jeho obsahovým látkám ze skupiny saponinů ale i flavonoidů (Zhang et al. 2010; Reshma et al. 2015).

Kotvičnick zemní vykazoval významný účinek při léčbě různých srdečních onemocnění včetně koronárního onemocnění, infarktu myokardu, mozkové arteriosklerózy a následků z mozkové trombózy. Autoři Zhang et al. (2010) hodnotili ochranný účinek tribulosinu z kotvičnicku zemního proti srdečnímu ischemicko-reperfučnímu poškození s cílem studovat základní mechanismus u potkanů. Surová saponinová část této vyextrahovaná z této rostliny prokázala významné účinky při léčbě různých srdečních onemocnění včetně hypertenze, srdeční ischemické choroby, infarktu myokardu, mozkové arteriosklerózy a trombózy (Zhang et al. 2010).

Další studie zkoumala kardioprotektivní účinek kotvičnicku zemního na modelu buněčné linie poškozené ischemií. Bylo zjištěno, že koncentrovaný extrakt kotvičnicku vykazuje silný antioxidační potenciál a schopnost chránit buněčné mitochondrie, což vedlo ke zvýšení množství kyslíku v buňkách a propustnosti membrán. Ukázalo se, že podávání extraktu z kotvičnicku zemního má významné účinky pro buňky po prodělání ischemie (Reshma et al. 2015).

3.2.1.5 Antikarcinogenní vlastnosti

Z různých skupin obsahových látek kotvičnicku zemního jsou antikarcinogenní účinky této rostliny připisovány především saponinům (Hanif et al. 2020; Pourali et al. 2017)

Saponiny v extraktech kotvičnicku zemního, které jsou strukturně příbuzné diosgeninu, mohou potlačovat šíření, blokovat buněčný cyklus a podporovat apoptózu u lidských nádorových buněčných linií. Bylo zjištěno, že kotvičnick zemní má ochrannou schopnost proti indukovanému UVB záření, jehož působení může být jedním z faktorů karcinogeneze (Hanif et al. 2020).

Kotvičnick zemní se již dlouho používá k léčbě různých druhů onemocnění včetně hepatocelulárního karcinomu. Cílem této studie bylo prozkoumat protinádorovou aktivitu hydroalkoholického extraktu z plodů kotvičnicku zemního na buněčných liniích rakoviny prostaty a tlustého střeva. Aktivita extraktu byla studována v sedmi různých koncentracích na třech buněčných liniích, lidském adenokarcinomu tlustého střeva, karcinomu prostaty a buňkách podobných fibroblastům. Pro měření cytotoxicity, buněčné proliferace a apoptotické buněčné smrti byly použity speciální testy. Kotvičnick zemní působil výrazně méně toxicky vůči normálním lidským buňkám podobným fibroblastům ve srovnání s nádorovými buněčnými liniemi (karcinomu prostaty a tlustého střeva), u kterých vyvolal 74 % a 46 % apoptózu. Tyto údaje naznačují, že extrakt z kotvičnicku má cytotoxické, antiproliferační a proapoptotické

účinky. Další výzkum *in vivo* by pomohl prozkoumat a interpretovat potenciální vlastnosti extraktu kotvičnicku zemního a jeho složek jako protinádorového doplňku (Pourali et al. 2017).

3.2.1.6 Redukce cholesterolu

V několika výzkumech byly identifikovány fenolické sloučeniny jako hlavní aktivní látky, kterými kotvičnick zemní prokazuje redukční účinky hladiny cholesterolu. Na redukčních účincích se podílejí zároveň i ostatní biologicky aktivní látky, kterými jsou saponiny, alkaloidy, flavonoidy a steroly (Khan et al. 2011; Tuncer et al. 2009).

Ve studii provedené na albínských potkanech bylo zjištěno, že jednorázovým podáním extraktu z kotvičnicku v množství 580 mg/kg živé hmotnosti došlo ke snížení hyperlipidemie vyvolané podáváním stravy bohaté na cholesterol (obsažený v oleji z mletých ořechů). Podáním extraktu z kotvičnicku došlo ke snížení hladiny cholesterolu, triglyceridů, lipoproteinů s nízkou hustotou (LDL), lipoproteinů s velmi nízkou hodnotou (VLDL), aterogenního indexu a ke zvýšení hladiny lipoproteinů s vysokou hustotou (HDL) v krvi. Pozorovaná hypolipidemická aktivita mohla být pravděpodobně způsobena přítomností fenolových sloučenin, které vedou ke zvýšení aktivity lipoproteinových lipáz ve svalech a snížení jejich aktivity v tukové tkáni, což naznačuje, že triglyceridy v plazmě jsou využívány k produkci energie ve svalech a nikoli k jejímu ukládání v tukové tkáni (Khan et al. 2011).

Účinky extraktu kotvičnicku zemního na lipidový profil a cévní endotel břišní aorty byly pozorovány také u novozélandských králíků krmených dietou bohatou na cholesterol. Osmnáct králíků bylo náhodně rozděleno do tří skupin po šesti jedincích. První skupina dostávala dietu bohatou na cholesterol. Druhá skupina byla krmena taktéž dietou bohatou na cholesterol, ale navíc jí byl dodáván extrakt z kotvičnicku zemního. Třetí skupina byla kontrolní a byla krmena standartní dietou. Vzorky krve byly odebrány v prvním týdnu, poté ve čtvrtém a dvanáctém týdnu. Z břišní aorty byly odebrány tkáně pro imunohistochemii a transmisní a skenovací elektronovou mikroskopii. Ultrastrukturální analýza ukázala, že poškození endotelu bylo výraznější u první testované skupiny než u druhé skupiny. Výsledky ukázaly, že příjem extraktu kotvičnicku zemního dokázal snížit profil sérových lipidů, snížil poškození povrchu endotelových buněk i jejich ruptury a částečně napravil endotelovou dysfunkci vzniklou v důsledku hyperlipidemie (Tuncer et al. 2009).

3.2.1.7 Ochranné účinky

V několika studiích byly zkoumány ochranné účinky kotvičnicku zemního, přičemž většina z těchto účinků byla přisuzována synergickému působení různých bioaktivních látek v této rostlině (Najafi et al. 2014; Amin et al. 2006).

Mezi jedny z farmakologických účinků kotvičnicku zemního lze zařadit jeho ochranné účinky při poškození ledvin. Test byl prováděn u samců krys, kterým bylo podáváno 11 mg na kilogram tělesné hmotnosti extraktu kotvičnicku po dobu 13 dnů. Ve 14. dnu byla vyvolána ischemie po dobu 30 minut a následně reperfuze po dobu 24 hodin. Po uplynutí 6 hodin od reperfuze byly odebrány vzorky krve, moči a tkáně ledvin. Výsledky ukázaly, že perorálním podáváním extraktu kotvičnicku zemního po dobu 2 týdnů snižuje funkční poruchy ledvin, oxidační stres a reperfuční poškození u samců krys (Najafi et al. 2014).

Ochranná funkce kotvičnicku byla zkoumána u potkanů při indukovaném poškození vyvolaném použitím streptozotocinem, v jehož důsledku může docházet k nadměrné produkci škodlivých reaktivních forem kyslíku a dusíku. Potkani byli rozděleni do šesti skupin. Prvním třem skupinám byl podáván extrakt z kotvičnicku po dobu 30 dnů. Dávka činila 2 g extraktu na kilogram tělesné hmotnosti. Zbytku skupin byl podáván glibenklamid, taktéž po dobu 30 dnů a dávka činila 10 mg na kilogram hmotnosti. Po uplynutí 30 dnů byly odebrány vzorky séra a jater na biochemické a morfologické analýzy. Zároveň byly stanoveny hladiny alaninaminotransferázy, kreatininu, malondialdehydu a redukovaného glutathionu. Výsledky ukázaly, že konzumace kotvičnicku vedla ke snížení hladiny alaninaminotransferázy, kreatininu a zároveň ke snížení hladiny malondialdehydu v játrech. Histopatologické vyšetření odhalilo významné zotavení jater poškozených působením streptozotocinu u potkanů, kterým byl podáván extrakt z kotvičnicku, což naznačuje, že ochranný účinek kotvičnicku zemního může být způsoben inhibicí oxidačního stresu (Amin et al. 2006).

Oxidační stres je nevyhnutelným vedlejším produktem metabolismu kyslíku v organismu. Při tomto procesu dochází k tvorbě volných radikálů, které jsou nebezpečné pro organismus, neboť mohou poškozovat různé buňky a tkáně. Volné radikály jsou molekuly, které obsahují jeden nebo více nepárových elektronů. Nepárové elektrony činí volné radikály velmi reaktivními chemickými sloučeninami, které mohou reagovat s buněčnými komponenty, jako jsou proteiny, lipidy a DNA. Tato reaktivita dokáže způsobit poškození buněk a tkání, což může vést například k rozvoji rakoviny, kardiovaskulárních nebo neurodegenerativních onemocnění. Antioxidanty jsou látky, které dokážou snižovat úroveň volných radikálů v buňkách a tkáních a tím chránit před jejich škodlivými vlivy (Halliwell 2006; Halliwell 2007).

3.2.1.8 CNS stimulant

Cílem studie autorů Deole et al. (2011) bylo zhodnotit antidepresivní a anxiolytickou aktivitu tablet obsahujících výtažek z kotvičnicku zemního, chebule srdčité a indického angreštu. Experiment byl proveden na myších, které byly rozděleny do čtyř skupinách po šesti a byly chovány ve standartních laboratorních podmínkách. Testy byly prováděny až po aklimatizaci zvířat na laboratorní podmínky po dobu nejméně 7 dní a pokusy byly prováděny v ranních hodinách. První skupina dostávala pouze vodu. Druhé skupině byl podáván ghí a med. Třetí skupina dostávala testované tablety v množství 260 mg na kilogram tělesné hmotnosti a čtvrté skupině byl podáván diazepam a imipramin. Bylo zjištěno, že tablety s výtažky z bylin mají antidepresivní a anxiolytickou aktivitu u pokusných zvířat, přičemž bylo předpokládáno, že harmin, β -karbolinový alkaloid přítomný v kotvičnicku, je jednou z hlavních účinných složek, která přispívá k výše uvedeným aktivitám, protože přispívá ke zvýšení hladiny dopaminu v mozku (Deole et al. 2011).

3.2.2 Užívání kotvičnicku zemního ve sportu

Spousta sportovců využívá doplňků stravy s extraktem z kotvičnicku za účelem zlepšení výkonnosti a síly (Pokrywka et al. 2014).

Byla provedena studie, která měla za cíl zjistit, zda účinky kotvičnicku zemního mají vliv na tělesné složení a výkonnost při cvičení u mužů. Patnáct subjektů bylo zařazeno do dvou

skupin. První skupině nebyl podáván žádný doplněk stravy. Druhá skupina konzumovala 3,21mg kotvičnicku zemního na kg tělesné hmotnosti denně. Tělesná hmotnost, tělesné složení, maximální síla, příjem potravy a stavy nálad byly zjišťovány před a po 8týdenním cvičení. V žádné ze skupin nedošlo ke změnám tělesné hmotnosti, procenta tuku, celkového množství vody v těle, příjmu stravy ani stavu nálady. U svalové vytrvalosti (stanovená podle maximálního počtu opakování při 100-200 % tělesné hmotnosti) se u placebové skupiny zvýšila u cviků bench-press a leg-pressu. U bench-pressu o zhruba 28,4 % a leg-pressu 28,6 %. Zatímco u druhé skupiny, došlo ke zvýšení síly pouze u leg-pressu, taktéž 28,6 %. Tudíž suplementace kotvičnicku zemního markantně nezlepšuje tělesné složení ani výkonnost při cvičení (Antonio et al. 2000).

3.2.2.1 Anabolické účinky

Ačkoli někteří výrobci tvrdí, že kotvičnick zemní nepovede k pozitivnímu testu na doping, jiní naznačují, že může zvýšit poměr testosteronu a epitestosteronu v moči, čímž může sportovce vystavit riziku pozitivního testu při dopingové kontrole (Rogerson et al. 2017). Světová antidopingová agentura (WADA) nezařadila kotvičnick zemní na seznam zakázaných látek. Kotvičnick zemní však může zvýšit poměr testosteronu a epitestosteronu v moči nad povolené limity WADA (4:1) a může způsobit, že sportovci budou neúmyslně pozitivně testováni na testosteron. Existují některé sportovní agentury, jako je Australský institut sportu, Národní centrum sportovní medicíny v Polsku, lékařská komise Polského olympijského výboru a Kanadská cyklistická asociace, které mohou vydat pozitivní výsledek testu při dopingové kontrole suplementací kotvičnicku zemního (Fernández-Lázaro et al. 2022).

Ve studii autorů Rogerson et al. (2017) byl zkoumán vliv kotvičnicku zemního u elitních hráčů ragbyové ligy. Dvacet dva australských elitních hráčů ragbyové ligy ve věku okolo 20 let a hmotnosti okolo 88 kilogramů bylo náhodně rozděleno do dvou skupin. První skupině byl podáván kotvičnick zemní v přípravcích doplňků stravy a druhá skupina byla řízena tzv. placebem. Všechny subjekty prováděly strukturovaný těžký silový trénink v rámci předsezonní přípravy. Denně konzumovala první skupina 450 mg extraktu kotvičnicku zemního po dobu 5 týdnů, druhá skupina konzumovala tzv. placebo kapsle. Svalová síla, tělesné složení a poměr testosteronu a epitestosteronu byl sledován před a po suplementaci. Po 5 týdnech se síla a beztuková hmota významně zvýšila bez rozdílů mezi skupinami. V poměru testosteronu a epitestosteronu v moči nebyly zaznamenány žádné rozdíly. Výsledky ukázaly, že kotvičnick zemní nepřináší velké přírůstky síly nebo svalové hmoty, které lze podle mnoha výrobců zaznamenat během 5-28 dnů suplementace. Kromě toho kotvičnick zemní nezměnil poměr testosteronu ani epitestosteronu v moči a neohrozil tímto sportovce pozitivním testem na základě limitu poměru 4:1, který stanovila Světová antidopingová agentura (Rogerson et al. 2007).

Cílem studie autorů Fernández-Lázaro et al. (2021) bylo zjistit, zda doplňky z kotvičnicku zemního mají pozitivní vliv na tělesné složení, hormonální odezvu a výkonnost sportovců, trénujících CrossFit. V rámci této randomizované, jednoslepe a placebem kontrolované studie bylo celkem 30 zdravých mužů náhodně rozděleno na dvě skupiny. Jedna skupina dostávala denně po dobu 6 týdnů 770 mg doplňku kotvičnicku zemního a druhá skupina dostávala placebo. Před intervencí a po ní byla u obou skupin hodnocena tělesná hmotnost, hmotnost tuku, složení

těla, hladiny testosteronu a kortizolu a výsledky výkonů v různých cvičích, konkrétně v dřepu, bench-pressu a mrtvého tahu. Výsledky ukázaly, že nebyly zjištěny žádné významné interakce mezi skupinami a časem, kromě výkonu v bench-pressu a hladiny testosteronu. Nicméně, doplňky z kotvičnicku zemního neměly tak markantní vliv na zvýšení výkonu ani tělesného složení u těchto sportovců. Na druhou stranu, doplňky s extraktem kotvičnicku zemního mohou mít vliv na testosteronovou hladinu a mohou pomoci s regenerací po fyzické zátěži a zmírnění únavy (Fernández-Lázaro et al. 2021).

Yazdi et al. (2014) použili extrakty z kotvičnicku zemního jako antibiotikum v chovu drůbeže a došli k závěru, že kotvičnick zemní má potenciál stimulovat růstovou výkonnost a imunitní reakce brojlerových kuřat, a proto by mohl být považován za přírodní stimulant růstu (Yazdi et al. 2014).

3.2.2.2 *Vedlejší účinky/doping*

Několik klinických studií u lidí uvedlo, že suplementace kotvičnicku zemního vyvolala gastrointestinální problémy, například bolesti žaludku nebo žaludeční reflux, gynekomastii, priapismus, nefrotoxicitu, hyperbilirubinémii, hepatotoxicitu a neurotoxicitu (Kamenov et al. 2017; Akhtari et al. 2014). Po podávání ≥ 1000 mg denně byly hlášeny poruchy spánku, vyčerpání a únava, hypertenze a zvýšená srdeční frekvence. U potkanů byly pozorovány toxické účinky na játra a ledviny a studie *in vitro* ukázala cytotoxickou a nefrotoxickou aktivitu (Fernández-Lázaro et al. 2022).

Výzkumní pracovníci farmaceutické skupiny v Bulharsku uvedli, že užíváním výtažků z kotvičnicku zemního došlo ke zvýšení hladiny testosteronu v krvi. Předpokládalo se, že zlepšení fyzické výkonnosti u bulharských sportovců, zejména vzpěračů, bylo dosaženo díky užívání tohoto přípravku. Během olympijských her bylo diskvalifikováno 11 bulharských vzpěračů a následně byli vyloučeni z olympijských her v Pekingu v roce 2008. V reakci na agresivní marketing doplňků stravy, které mají zlepšit zdraví a fyzickou výkonnost, je třeba poznamenat, že doplňky stravy, které jsou doporučeny závodním sportovcům ke zlepšení jejich výkonnosti, mohou být kontaminovány androgenně-anabolickými steroidy a tzv. pro-hormony, které jsou slabými androgeny a prekurzory silnějších endogenních androgenů, jako je například testosteron a dihydrotestosteron. Je zřejmé, že kontaminace doplňků stravy může vést k neúmyslnému doping u profesionálních sportovců (Pokrywka et al. 2014).

4 Závěr

Kotvičnick zenní je bylina, která obsahuje spoustu biologicky aktivních látek, jako jsou saponiny, flavonoidy, alkaloidy a fytoosteroly, které jsou v doplňcích stravy využívány pro své léčebné účinky. Afrodiziakální, kardiovaskulární a antikarcinogenní účinky jsou přičítány zejména saponinům, ale i ostatní skupiny obsahových látek kotvičnicku vykazují příznivé účinky na lidské zdraví. Flavonoidům je připisován především vliv na snížení hladiny cholesterolu a ochrana organismu před oxidačním stresem a s tím souvisejícími nežádoucími změnami biologických struktur. Mezi další prokázané účinky extraktu z kotvičnicku patří účinky na centrální nervovou soustavu a antibiotické, které jsou přičítány zejména alkaloidům.

Doplňky stravy s kotvičnickem zenním jsou populární zejména mezi sportovci za účelem zlepšení výkonnosti a síly, nicméně tyto účinky nebyly při jejich užívání jednoznačně prokázány. Doplnky stravy, které jsou doporučeny závodním sportovcům ke zlepšení jejich výkonnosti, mohou být kontaminovány androgeně-anabolickými steroidy a tato kontaminace může vést k neúmyslnému doping u profesionálních sportovců. Je důležité dodržovat doporučené dávkování a konzultovat užívání s odborníkem v oboru, aby bylo dosaženo maximálního účinku a minimalizována rizika vedlejších účinků.

Po zhodnocení všech faktů lze usuzovat, že kotvičnick zenní je bylina s mnoha biologickými účinky, které mohou napomoci předcházet různým onemocněním. Přestože konzumace doplňků stravy s extraktem z kotvičnicku může mít pozitivní účinky na lidské zdraví a vitalitu, současně s nimi mohou přicházet i negativní účinky, včetně anabolických, které představují pro sportovce riziko pozitivního testu při dopingové kontrole. Pro maximalizaci příznivých účinků, a naopak minimalizaci účinků nežádoucích je naprosto zásadní dodržovat doporučené dávkování a konzultovat užívání s odborníky. Vhodné by také bylo provést další studie a rozšířit tak znalosti o účincích této rostliny.

5 Literatura

- Ahmad T, Haque N. 2016. Diuretic and lithotriptic potential of *Tribulus terrestris* (Khar Khasak) Linn. A comprehensive review. *World Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences* **5**: 375-383.
- Akbar S, Akbar S. 2020. *Tribulus terrestris* L.(Zygophyllaceae) (Syns.: *T. lanuginosus* L.; *T. saharae* A. Chev.). *Handbook of 200 Medicinal Plants: A Comprehensive Review of Their Traditional Medical Uses and Scientific Justifications 1835-1850*.
- Akhtari E, Raisi F, Keshavarz M, Hosseini H, Sohrabvand F, Bioos S, Ghobadi A. 2014. *Tribulus terrestris* for treatment of sexual dysfunction in women: randomized double-blind placebo-controlled study. *DARU Journal of Pharmaceutical Sciences* **22**: 1-7.
- Al Alawi A. M, Majoni S. W, Falhammar H. 2018. Magnesium and human health: perspectives and research directions. *International journal of endocrinology* 2018.
- Amanullah K.Z, Zeenat F, Ahmad W, Firoz S, Naeela A. 2021. A comprehensive review on a Unani medicinal plant: *Tribulus terrestris* Linn. *Int J Herb Med* **9**: 23-8.
- Amin A. M. R, Lotfy M, Shafiullah M, Adeghate E. 2006. The protective effect of *Tribulus terrestris* in diabetes. *Annals of the New York Academy of Sciences* **1084**: 391-401.
- Antonio J, Uelmen J, Rodriguez R, Earnest C. 2000. The effects of *Tribulus terrestris* on body composition and exercise performance in resistance-trained males. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism* **10**: 208-215.
- Akram M, Asif H. M, Akhtar N, Shah P. A, Uzair M. U. H. A. M. M. A. D, Shaheen G, Ahmad K. 2011. *Tribulus terrestris* Linn.: a review article. *J Med Plants Res* **5**: 3601-3605.
- Bakrim S, Benkhaira N, Bourais I, Benali T, Lee L. H, El Omari N, Bouyahya A. 2022. Health Benefits and Pharmacological Properties of Stigmasterol. *Antioxidants* **11**: 1912.
- Bartnik M, Facey P. C. 2017. Glycosides. In *Pharmacognosy* 101-161. Academic Press.
- Bashir A, Tahir M, Samee W, Munir B. 2009. Effects of *Tribulus terrestris* on testicular development of immature albino rats. *Biomedica* **25**: 63-68.
- Bayati Zadeh J. 2013. Physiological and pharmaceutical effects of *Tribulus terrestris* as a multipurpose and valuable medicinal plant. *International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research* **1**: 556-562.
- Binns C. W, Lee M. K, Lee A. H. 2018. Problems and prospects: public health regulation of dietary supplements. *Annual review of public health* **39**: 403-420.
- Branden C. I, Tooze J. 2012. *Introduction to protein structure*. Garland Science.
- Bribi N, 2018. Pharmacological activity of alkaloids: a review. *Asian Journal of Botany* **1**: 1-6.
- Buttriss J. L, Stokes C. S. 2008. Dietary fibre and health: an overview. *Nutrition Bulletin* **33**: 186-200.

- Bychek-Guschina I. A. 2002. Analysis of lipids in lichens. *Protocols in lichenology: culturing, biochemistry, ecophysiology and use in biomonitoring* 332-347.
- Cao R, Peng W, Wang Z, Xu A. 2007. β -Carboline alkaloids: biochemical and pharmacological functions. *Current medicinal chemistry* **14**: 479-500.
- Deole Y. S, Chavan S. S, Ashok B. K, Ravishankar B, Thakar A. B, Chandola H. M. 2011. Evaluation of anti-depressant and anxiolytic activity of Rasayana Ghana Tablet (A compound Ayurvedic formulation) in albino mice. *Ayu* **32**: 375.
- Dwyer J. T, Coates P. M, Smith M. J. 2018. Dietary supplements: regulatory challenges and research resources. *Nutrients* **10**: 41.
- El Aziz M. M. A, Ashour A. S, Melad A. G. 2019. A review on saponins from medicinal plants: chemistry, isolation, and determination. *J. Nanomed. Res* **8**: 282-288.
- Ernst W. H. O, Tolsma D. J. 1988. Dormancy and germination of semi-arid annual plant species, *Tragus berteronianus* and *Tribulus terrestris*. *Flora* **181**: 243-251.
- Faizal A, Geelen D. 2013. Saponins and their role in biological processes in plants. *Phytochemistry reviews* **12**: 877-893.
- Yazdi F. F, Ghalamkari G, Toghyani M, Modaresi M, Landy N. 2014. Efficiency of *Tribulus terrestris* L. as an antibiotic growth promoter substitute on performance and immune responses in broiler chicks. *Asian Pacific Journal of Tropical Disease* **4**: 1014-1018.
- Fernández-Lázaro D, Fernandez-Lazaro C. I, Seco-Calvo J, Garrosa E, Adams D. P, Mielgo-Ayuso, J. 2022. Effects of *Tribulus terrestris* L. on Sport and Health Biomarkers in Physically Active Adult Males: A Systematic Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health* **19**: 9533.
- Fernández-Lázaro D, Mielgo-Ayuso J, del Valle Soto M, Adams D. P, González-Bernal J. J, Seco-Calvo J. 2021. The Effects of 6 Weeks of *Tribulus terrestris* L. Supplementation on Body Composition, Hormonal Response, Perceived Exertion, and CrossFit® Performance: A Randomized, Single-Blind, Placebo-Controlled Study. *Nutrients* **13**: 3969.
- Ferrer A, Altabella T, Arró M, Boronat A. 2017. Emerging roles for conjugated sterols in plants. *Progress in lipid research* **67**: 27-37.
- Frank A, Groll M. 2017. The methylerythritol phosphate pathway to isoprenoids. *Chemical Reviews* **117**: 5675-5703.
- Friedman M. 1999. Chemistry, nutrition, and microbiology of D-amino acids. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **47**: 3457-3479.
- Gan Q, Wang J, Hu J, Lou G, Xiong H, Peng C, Huang Q. 2020. The role of diosgenin in diabetes and diabetic complications. *The Journal of steroid biochemistry and molecular biology* **198**: 105575.
- Gauthaman K, Adaikan P. G, Prasad R. N. V. 2002. Aphrodisiac properties of *Tribulus Terrestris* extract (Protodioscin) in normal and castrated rats. *Life sciences* **71**: 1385-1396.

- Gong G, Qin Y, Huang W, Zhou S, Wu X, Yang X, Li D. 2010. Protective effects of diosgenin in the hyperlipidemic rat model and in human vascular endothelial cells against hydrogen peroxide-induced apoptosis. *Chemico-biological interactions* **184**: 366-375.
- González-Gallego J, García-Mediavilla M. V, Sánchez-Campos S, Tuñón M. J. 2010. Fruit polyphenols, immunity and inflammation. *British journal of nutrition* **104**: S15-S27.
- Gutiérrez-Grijalva E. P, López-Martínez L. X, Contreras-Angulo L. A, Elizalde-Romero C. A, Heredia J. B. 2020. Plant alkaloids: structures and bioactive properties. Plant-Derived Bioactives: *Chemistry and Mode of Action* **85**-117.
- Halliwell B. 2006. Reactive species and antioxidants. Redox biology is a fundamental theme of aerobic life. *Plant physiology* **141**: 312-322.
- Halliwell B. 2007. Biochemistry of oxidative stress. *Biochemical society transactions* **35**: 1147-1150.
- Hanif M. A, Yousaf S, Rehman R, Hanif A, Nadeem R. 2020. Puncture Vine. In *Medicinal Plants of South Asia* 571-585. Elsevier.
- Hashim S, Bakht T, Marwat K. B, Jan A. 2014. Medicinal properties, phytochemistry and pharmacology of *Tribulus terrestris* L. (Zygophyllaceae). *Pakistan Journal of Botany* **46**: 399-404.
- Chhatre S, Nesari T, Somani G, Kanchan D, Sathaye S. 2014. Phytopharmacological overview of *Tribulus terrestris*. *Pharmacognosy reviews* **8**: 45.
- Jampilek J, Kos J, Kralova K. 2019. Potential of nanomaterial applications in dietary supplements and foods for special medical purposes. *Nanomaterials* **9**: 296.
- Janićijević J, Tošić S, Mitrović T. 2007. Flavonoids in plants. In *Proceeding of the 9th Symposium on Flora of Southeastern Serbia and Neighbouring Regions*. Niš, Serbia 153-156.
- Jashni H. K, Shiravani S. M, Hoshmand F. 2012. The effect of the *Tribulus terrestris* extract on spermatogenesis in the rat. *Journal of Jahrom University of Medical Sciences* **9**.
- Jindal A, Kumar P, Gautam K. 2013. Evaluation of antibiotic potential of alkaloids of *Tribulus terrestris* L. against some pathogenic microorganisms. *Int. J. Green Pharm* **7**: 102–105.
- Joshi D. D, Uniyal R. C. 2008. Different chemo types of Gokhru (*Tribulus terrestris*): A herb used for improving physique and physical performance. *International Journal of Green Pharmacy (IJGP)* **2**.
- Kamenov Z, Fileva S, Kalinov K, Jannini E. A. 2017. Evaluation of the efficacy and safety of *Tribulus terrestris* in male sexual dysfunction—a prospective, randomized, double-blind, placebo-controlled clinical trial. *Maturitas* **99**: 20-26.
- Khan S, Kabir H, Jalees F, Asif M, Naquvi K. J. 2011. Antihyperlipidemic potential of fruits of *Tribulus terrestris* linn. *IJBR* **1**: 98-101.
- Kostova I, Dinchev D. 2005. Saponins in *Tribulus terrestris*—chemistry and bioactivity. *Phytochemistry reviews* **4**: 111-137.

- Kurzyna-Szklarek M, Cybulska J, Zdunek A. 2022. Analysis of the chemical composition of natural carbohydrates—an overview of methods. *Food Chemistry* 133466.
- Kytidou K, Artola M, Overkleeft H. S, Aerts J. M. 2020. Plant glycosides and glycosidases: a treasure-trove for therapeutics. *Frontiers in Plant Science* **11**: 357.
- Lagarda M J, García-Llatas G, Farré R. 2006. Analysis of phytosterols in foods. *Journal of pharmaceutical and biomedical analysis* **41**: 1486-1496.
- López C. A, Sovova Z, van Eerden F. J, de Vries A. H, Marrink S. J. 2013. Martini force field parameters for glycolipids. *Journal of chemical theory and computation* **9**: 1694-1708.
- Mantovani V, Galeotti F, Maccari F, Volpi N. 2018. Recent advances in capillary electrophoresis separation of monosaccharides, oligosaccharides, and polysaccharides. *Electrophoresis* **39**: 179-189.
- Mathews N. M. 2018. Prohibited contaminants in dietary supplements. *Sports health* **10**: 19-30.
- Matsuura H. N, Fett-Neto A. G. 2015. Plant alkaloids: main features, toxicity, and mechanisms of action. *Plant toxins* **2**: 1-5.
- Maughan R. J, Depiesse F, Geyer H. 2007. The use of dietary supplements by athletes. *Journal of sports sciences* **25**: S103-S113
- Mauludin R, Müller R. H. 2013. Preparation and storage stability of rutin nanosuspensions. *Journal of pharmaceutical Investigation* **43**: 395-404.
- Mensink R. P, Katan M. B. 1992. Effect of dietary fatty acids on serum lipids and lipoproteins. A meta-analysis of 27 trials. *Arteriosclerosis and thrombosis: a journal of vascular biology* **12**: 911-919.
- Najafi H, Firouzifar M. R, Shafaat O, Ashtiyani S. C, Hosseini N. 2014. Protective effects of *Tribulus terrestris* L extract against acute kidney injury induced by reperfusion injury in rats. *Iranian journal of kidney diseases* **8**: 292.
- Nguyen L. T, Farcas A. C, Socaci S. A, Tofana M, Diaconeasa Z. M, Pop O. L, Salanta L. C. 2020. An overview of Saponins—a bioactive group. *Bulletin UASVM Food Science and Technology* **77**: 25-36.
- Pari L, Monisha P, Jalaludeen A. M. 2012. Beneficial role of diosgenin on oxidative stress in aorta of streptozotocin induced diabetic rats. *European journal of pharmacology* **691**:143-150.
- Pierre L. L, Moses M. N. 2015. Isolation and characterisation of stigmasterol and β -sitosterol from *Odontonema strictum* (acanthaceae). *Journal of Innovations in Pharmaceuticals and Biological Sciences* **2**: 88-95.
- Piironen V, Lindsay D. G, Miettinen T. A, Toivo J, Lampi A. M. 2000. Plant sterols: biosynthesis, biological function and their importance to human nutrition. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **80**: 939-966.
- Pokrywka A, Obmiński Z, Malczewska-Lenczowska J, Fijatek Z, Turek-Lepa E, Grucza R. 2014. Insights into supplements with *Tribulus Terrestris* used by athletes. *Journal of human kinetics* **41**: 99-105.

- Pourali M, Yaghoobi M. M, Sormaghi M. H. S. 2017. Cytotoxic, anti-proliferative and apoptotic effects of *Tribulus terrestris* L. fruit extract on human prostate cancer Lncap and colon cancer HT-29 Cell Lines. *Jundishapur Journal of Natural Pharmaceutical Products* **12**.
- Raigond P, Ezekiel R, Raigond B. 2015. Resistant starch in food: a review. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **95**: 1968-1978.
- Reshma P. L, Lekshmi V. S, Sankar V, Raghu K. G. 2015. *Tribulus terrestris* (Linn.) attenuates cellular alterations induced by ischemia in H9c2 cells via antioxidant potential. *Phytotherapy Research* **29**: 933-943.
- Rogerson S, Riches C. J, Jennings C, Weatherby R. P, Meir R. A, Marshall-Gradisnik S. M. 2007. The effect of five weeks of *Tribulus terrestris* supplementation on muscle strength and body composition during preseason training in elite rugby league players. *The Journal of Strength & Conditioning Research* **21**: 348-353.
- Rosenson R. S, Brewer Jr H. B, Chapman M. J, Fazio S, Hussain M. M, Kontush A, Schaefer, E. J. 2011. *HDL measures, particle heterogeneity, proposed nomenclature, and relation to atherosclerotic cardiovascular events*. *Clinical chemistry* **57**: 392-410.
- Roy A, 2017. A review on the alkaloids an important therapeutic compound from plants. *IJPB* **3**: 1-9.
- Sahin K, Orhan C, Akdemir F, Tuzcu M, Gencoglu H, Sahin N, Juturu V. 2016. Comparative evaluation of the sexual functions and NF- κ B and Nrf2 pathways of some aphrodisiac herbal extracts in male rats. *BMC Complementary and Alternative Medicine* **16**: 1-11.
- Samanta A, Das G, Das S. K. 2011. Roles of flavonoids in plants. *Carbon* **100**: 12-35.
- Semerdjieva I. B, Zheljazkov V. D. 2019. Chemical constituents, biological properties, and uses of *Tribulus terrestris*: A Review. *Natural Product Communications* **14** (1934578X19868394) DOI: 10.1177/1934578X19868394.
- Shahrajabian M. H, Sun W, Marmitt D. J, Cheng Q. 2021. Diosgenin and galactomannans, natural products in the pharmaceutical sciences. *Clinical Phytoscience* **7**: 50.
- Shakya A. K. 2016. Medicinal plants: Future source of new drugs. *International journal of herbal medicine* **4**: 59-64.
- Tian C, Chang Y, Zhang Z, Wang H, Xiao S, Cui C, Liu, M. 2019. Extraction technology, component analysis, antioxidant, antibacterial, analgesic and anti-inflammatory activities of flavonoids fraction from *Tribulus terrestris* L. leaves. *Heliyon* **5** (e02234) DOI: 10.1016/j.heliyon.2019.e02234.
- Tkachenko K, Frontasyeva M, Vasilev A, Avramov L, Shi L. 2020. Major and trace element content of *Tribulus terrestris* l. wildlife plants. *Plants* **9**: 1764.
- Tolve R, Cela N, Condelli N, Di Cairano M, Caruso M. C, Galgano F. 2020. Microencapsulation as a tool for the formulation of functional foods: The phytosterols' case study. *Foods* **9**: 470.

- Tuncer M. A, Yaymaci B, Sati L, Cayli S, Acar G, Altug T, Demir R. 2009. Influence of Tribulus terrestris extract on lipid profile and endothelial structure in developing atherosclerotic lesions in the aorta of rabbits on a high-cholesterol diet. *Acta Histochemica* **111**: 488-500.
- Van Hoogevest P, Wendel A. 2014. The use of natural and synthetic phospholipids as pharmaceutical excipients. *European journal of lipid science and technology* **116**: 1088-1107.
- Vaou N, Stavropoulou E, Voidarou C, Tsigalou C, Bezirtzoglou E. 2021. Towards advances in medicinal plant antimicrobial activity: A review study on challenges and future perspectives. *Microorganisms* **9**: 2041.
- Voet D, Voet J. G, Pratt C. W. 2016. *Fundamentals of biochemistry: life at the molecular level*. John Wiley & Sons.
- Wu G, Bazer F. W, Dai Z, Li D, Wang J, Wu Z. 2014. Amino acid nutrition in animals: protein synthesis and beyond. *Annu. Rev. Anim. Biosci.* **2**: 387-417.
- Yao L. H, Jiang Y. M, Shi J, Tomas-Barberan F. A, Datta N, Singanusong R, Chen S. S. 2004. Flavonoids in food and their health benefits. *Plant foods for human nutrition* **59**: 113-122.
- Yilmaz BS, Ergün S, Kaya H, Gürkan M 2014. Influence of Tribulus terrestris extract on the survival and histopathology of Oreochromis mossambicus (Peters, 1852) fry before and after Streptococcus iniae infection. *J Appl Ichthyol* **30**: 994-1000
- Zhang S, Li H, Yang SJ 2010. Tribulosin protects rat hearts from ischemia/reperfusion injury. *Acta Pharmacol Sin* **31**: 671–8.
- Zhang Y, Li S, Wang Y, Deng G, Cao N, Wu C, Wang C. 2019. Potential Pharmacokinetic Drug–Drug Interaction Between Harmine, a Cholinesterase Inhibitor, and Memantine, a Non-Competitive N-Methyl-d-Aspartate Receptor Antagonist. *Molecules*, **24**: 1430.

6 Seznam použitých zkratek a symbolů

ATP – adenosintrifosfát

CNS – centrální nervová soustava

DHEA – dehydroepiandrosteron

DNA – deoxyribonukleová kyselina

ED – erektilní dysfunkce

HDL – lipoprotein o vysoké hustotě

HSDD – hypoaktivní porucha sexuální touhy

IIEF – mezinárodní index erektilní funkce

LDL – lipoprotein o nízké hustotě

LH – luteinizační hormon

USA – Spojené státy americké

UVB – ultrafialové sluneční záření typu B

VLDL – lipoprotein o velmi nízké hustotě

WADA – Světová antidopingová agentur

WHO – Světová zdravotnická organizace

